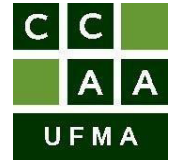




UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO – UFMA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS – CCAA
CAMPUS IV – CHAPADINHA – MA
CURSO CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



JAILANE SANTOS OLIVEIRA

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E COMPORTAMENTAIS DO TAMBQUI E
TILÁPIA-DO-NILO SOB CONDIÇÕES DE HIPÓXIA E NORMÓXIA**

CHAPADINHA - MA

2018

JAILANE SANTOS OLIVEIRA

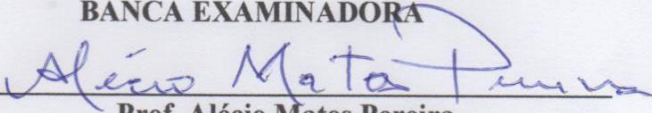
**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E COMPORTAMENTAIS DO TAMBAQUI E
TILÁPIA-DO-NILO SOB CONDIÇÕES DE HIPÓXIA E NORMÓXIA**

Trabalho monográfico apresentado ao Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, como pré-requisito para a obtenção do título de Licenciada em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Alécio Matos Pereira

Aprovado em: 07/07/2018

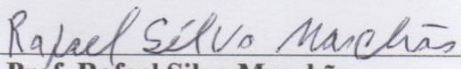
BANCA EXAMINADORA



Prof. Alécio Matos Pereira

Doutor em Fisiologia

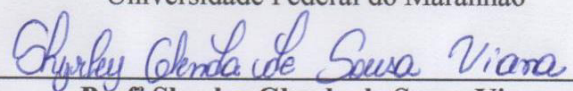
Universidade Federal do Piauí



Prof. Rafael Silva Marchão

Mestre em Ciência Animal

Universidade Federal do Maranhão



Prof. Shyrley Glenda de Sousa Viana

Graduada em Ciências Biológicas

Universidade Federal do Maranhão

CHAPADINHA – MA

2018

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Oliveira, Jailane Santos.

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E COMPORTAMENTAIS DO TAMBAQUI E
TILÁPIA-DO-NILO SOB CONDIÇÕES DE HIPÓXIA E NORMÓXIA / Jailane Santos
Oliveira. - 2018.

33 p.

Orientador(a): Alécio Matos Pereira.

Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Maranhão,
Universidade Federal do Maranhão, Campus-IV, 2018.

1. Estresse. 2. Glicose. 3. Piscicultura. I.
Pereira, Alécio Matos. II. Título.

Dedico a DEUS minha fortaleza e amor maior, a minha mãe Silvana, ao meu pai Janilson, aos meus irmãos e aos amigos, em especial aos companheiros de jornada pelo apoio dado em todos os momentos.

Dedicatória

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por sempre me dar sabedoria para vencer os momentos de fraqueza e ter colocado em meu caminho pessoas maravilhosas que me deram apoio nos momentos difíceis pelos quais passei durante minha vida acadêmica.

À minha família que sempre esteve comigo em todos os momentos me auxiliando na superação dos obstáculos que a vida impõe em especial, a minha mãe Silvana Santos Oliveira pelo amor incondicional, e compreensão. Ao Meu pai Janilson da Costa Oliveira pelo apoio e proteção, ao meus irmãos Luan Victon Santos Oliveira, Luana Santos Oliveira, Sirlane Santos Oliveira, e Janderson Santos Oliveira pelo apoio, e carinho. Agradeço aos meus avós, tios, tias, primas e primos que mesmo estando longe sempre me incentivaram, torceram e vibraram com cada conquista minha. Sou grata a Deus pela família maravilhosa que ele me concedeu. Amo vocês!

Ao meu noivo, meu amor, meu amigo Silveiro Júnior, pessoa especial que Deus colocou em meu caminho, que me dar força e apoio e acima de tudo que torna meus dias mais leves, alegres e felizes.

Ao meus amigos queridos que amo, em especial aos companheiros de jornada turma mamíferos de luxo, Gustavo, Adna, Rosa, Laís, Karynna, Mirela, Auriane, Emilly, Tarcisio, Nadya, Raysse, Valdenice, Rayllander, wildison, Philippe, Jhon, Darlene, obrigada amigos pelos risos apoio e companheirismo nessa longa jornada,

As minhas amigas “do fundamental pra vida” que sempre estiveram comigo as quais onde pude encontrar amor e apoio, agradeço a Deus por ter vocês na minha vida, obrigada por cada conversa, cada conselho, por proporcionarem momentos felizes e de alegria e também por chorarem comigo nos dias difíceis provas, trabalhos, “mas é como a gente sempre fala dias de luta dias de glória”, obrigada minhas meninas: Laryssa Reis Silva, Nayane Silva Costa pelas, conversas, risadas, brigas e por cada diferença que temos, isso nos fortalece ainda mais.

Não posso jamais esquecer da amiga Eurilene de Lima Vasconcelos a qual agradeço imensamente a Deus por te a colocado em minha vida, pessoa que hoje considero irmã desde do dia que nos conhecemos nunca mais nos separamos, conquistou o carinho da minha família, você sempre me acolheu na sua casa e idem. Só nós sabemos o quanto difícil foi chegar até aqui, já passamos por tantas coisas juntas, obrigada pelas noites em claros, pelos lanches, caronas, pelas brigas, pelos melhores conselhos, pelo apoio, carinho, atenção e proteção a você amiga minha eterna gratidão seu coração é puro e verdadeiro. Amo você!

A todos os professores da Universidade Federal do Maranhão que se empenharam em ensinar e ajudar e que também contribuíram para minha formação acadêmica, em especial ao

meu Orientador Prof. Dr. Alécio Matos Pereira. Agradeço também a Shyrley Glenda e Rafael Silva por ter aceitado fazer parte da banca.

Agradeço também aos meninos do projeto de Piscicultura pela contribuição durante a pesquisa. Ao professor Dr. Cláudio Gonçalves da Silva pelas orientações e auxílio durante o período que participei do projeto LEBA.

Àqueles que não foram mencionados, mas que de alguma forma contribuíram na minha vida acadêmica. Meu muito obrigado!

"A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original,"

(Albert Einstein)

RESUMO

A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie de grande interesse devido à alta qualidade de sua carne e seus baixos custos de produção. O tambaqui (*Colossoma macropomum*) é um peixe de grande importância na piscicultura, tratando-se de uma espécie nativa, quando cultivado apresenta alta produtividade. A hipóxia é uma condição em que a água apresenta baixos níveis de oxigênio dissolvido. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da hipóxia e/ou normóxia, as respostas fisiológicas e comportamentais nas espécies Tilápia-do-Nilo e Tambaqui. Foram desenvolvidos 2 experimentos, utilizando a mesma metodologia, em um período experimental de 24 horas. O primeiro experimento foi realizado com 32 juvenis de tilápia sendo 4 peixes por balde, e o segundo com 16 juvenis de tambaqui, com 2 peixes por balde, utilizando-se 2 tratamentos T1-Normóxia e T2-Hipóxia e 4 repetições (tempo), foram analisadas as alterações comportamentais das espécies, e nos tempos 0; 3h; 8h; 20h; 24h do experimento foi aferido o oxigênio de todos os baldes, e nos tempos T-0h e T-24h houve a coleta das amostras de sangue de 6 indivíduos por tratamento, a fim de aferir a glicose basal e final dos peixes utilizados. Houve diferença nos níveis de oxigênio dissolvido na água do tempo 0 h inicial até tempo 24 h final do tratamento hipóxia BSA: (hipóxia). No entanto não houve diferença em relação ao oxigênio dissolvido na água do tratamento normóxia BCA: (normóxia). Além disso foi constatado que a tilápia é mais resistente a baixa concentração de O₂, foi verificado que a tilápia apresentou um aumento da glicose tanto em normóxia quanto em hipóxia no período 24h. Em relação ao tambaqui foi constatado que as espécies tanto do tratamento normóxia como do tratamento hipóxia apresentaram uma redução na glicose no grupo de peixes de 24h. As respostas das espécies frente à hipóxia mostraram-se semelhante em relação ao O₂ dissolvido, no entanto variando em relação a glicose, e no comportamento.

Palavras-chave: Estresse; Glicose; Piscicultura.

ABSTRACT

Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) is a species of great interest due to the high quality of its meat and its low costs of production. Tambaqui (*Colossoma macropomum*) is a fish of great importance in fish farming, being a native species, when grown has high productivity. Hypoxia is a condition where water has low levels of dissolved oxygen. The objective of this work was to verify the influence of hypoxia and / or normoxia, the physiological and behavioral responses in the species Nile Tilapia and Tambaqui. Two experiments were carried out, using the same methodology, in a 24 hour experimental period. The first experiment was performed with 32 juveniles of tilapia, 4 fish per bucket, and the second with 16 tambaqui juveniles, with 2 fish per bucket, using 2 treatments T1-Normoxia and T2-Hypoxia and 4 repetitions (time), the behavioral changes of the species were analyzed, and at time 0; 3h; 8h; 20h; 24h of the experiment, oxygen was measured from all buckets, and at time T-0h and T-24h blood samples were collected from 6 individuals per treatment in order to measure the basal and final glucose of the fish used. There was difference in dissolved oxygen levels in the water from the initial 0 h to the 24 h end of the hypoxia treatment BSA: (hypoxia). However, there was no difference in relation to the oxygen dissolved in the water of the BCA treatment: (normoxia). In addition, it was verified that the tilapia is more resistant to low concentration of O₂, it was verified that the tilapia presented an increase of the glucose in both normoxia and hypoxia in the period 24h. In relation to tambaqui, it was observed that the species of both the normoxic treatment and the hypoxia treatment presented a reduction in glucose in the group of fish of 24h. The responses of the species to the hypoxia were similar in relation to the dissolved O₂, however varying in relation to glucose, and behavior.

Key words: Stress; Glucose; Pisciculture.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Piscicultura	13
2.2 Tilápia.....	13
2.3 Características da Espécie	14
2.4 Tambaqui	14
2.5 Características da Espécie	15
2.6 Hipóxia nos Peixes	16
2.7 Glicose	17
3 OBJETIVOS	18
3.1 Objetivo Geral	18
3.2 Objetivos específicos	18
4 METODOLOGIA	19
4.1 Local de Estudo	19
4.2 Animais e Procedimentos.....	19
4.3 Experimento.....	19
4.4 Análises Estatísticas	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5.1 Oxigênio dissolvido na água	21
5.2 Alterações comportamentais das espécies.....	22
5.3 Glicose	22
5.4 Comparação entre as duas espécies.....	24
COSIDERAÇÕES FINAIS	25
REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma grande área territorial e conseqüentemente uma extensa bacia hidrográfica favorecendo a aquicultura, no entanto a prática de existência da produção de peixes é abaixo do esperado (VICENTE; FONSECA-ALVES, 2013). Devido a esses fatores a piscicultura brasileira sofreu diversas transformações, tornando-se uma importante atividade no agronegócio brasileiro substituindo assim os peixes oriundos do extrativismo (FIRETTI et al., 2007). No Brasil a aquicultura tem crescido de maneira intensa e conseqüentemente a piscicultura também, um dos ramos dessa atividade (SCORVO FILHO et al., 2006).

A piscicultura é considerada uma prática econômica e acessível em termos de produção de alimento de alto valor nutritivo (SEBRAE, 2001). Os últimos dados do Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA, 2014) diagnostica que o País produz 1,25 milhões de toneladas de peixe sendo 38% peixes cultivados.

Dentre os destaques da piscicultura continental Brasileira a Tilápia atingiu uma produção de 155 mil toneladas no ano de 2010, representando assim 39,4% do total de pescado cultivado, seguida por outras espécies nativas como por exemplo o Tambaqui, Tambacu e Pacu que juntos representam 24,6% da produção (MPA, 2012).

A hipóxia refere-se a uma condição, em que a água apresenta baixos níveis de oxigênio dissolvido (HEATH, 1995). Níveis de oxigênio abaixo de 2 mg/L é estressante para a maioria dos peixes podendo ser considerado uma hipóxia (BALDISSEROTTO, 2002). Uma das principais exigências para um melhor desenvolvimento da atividade de aquicultura é o conhecimento apropriado da biologia das espécies usadas para o cultivo, como por exemplo a compreensão da fisiologia, suas interações e respostas obtidas, as diferentes alterações ambientais, métodos de criação e funcionamento dos sistemas orgânicos (SILVEIRA, et al., 2009).

Os peixes são indivíduos pecilotérmicos não regulam sua temperatura corpórea, por isso apresentam uma termorregulação comportamental, selecionando termicamente seu habitat (BRIO, 1998; FICKE et al., 2007). No ambiente aquático a quantidade de oxigênio dissolvido pode ser medida como nível de saturação de oxigênio, um meio aquático considerado em normóxia seria aquele que possui saturação de oxigênio próxima de 80%, Já ambientes com 30% de saturação de oxigênio ou menos que 30% são considerados ambientes em hipóxia, e requer adaptações comportamentais ou metabólicas dos peixes quando este encontra-se neste tipo de ambiente (SCHURMANN; STEFEENSEN, 1992).

De acordo Tavares-Dias e Mariano (2015) A glicose consiste de uma fonte excelente de energia, desta forma permitindo o animal superar problemas causados pelo agente estressor, alguns peixes utilizam estratégias para superar a hipóxia utilizando a via anaeróbica, onde o glicogênio muscular, que é usado como fonte de energia na contração e o glicogênio hepático que mantém a glicose no sangue é convertido em glicose. Nos peixes teleósteos o aumento da glicose é reconhecida como a principal resposta ao estresse.

A tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), é uma espécie tropical inclusa na Ordem Perciformes, família Cichlidae, proveniente do continente Africano, com maior ocorrência nas bacias dos rios Nilo, Níger, Tchade e nos lagos do centro-oeste brasileiro (VERANI, 1980). Foi introduzida no Brasil em 1971 por intermédio do Departamento Nacional de Obras Contra a Secas (DNOCS) nos açudes do Nordeste, difundindo-se para todo País (PROENÇA; BITTENCOURT, 1994; CASTAGNOLLI, 1992).

A tilápia é um peixe de grande importância sendo bastante cultivado devido as suas qualidades, tais como rápido crescimento, tolerância a baixos níveis de oxigênio dissolvido na água, rusticidade, ótima conversão alimentar e por consumir ração artificial desde a fase larval (ALCESTE; JORRY, 1998; MEURER; et al., 2000). Apresenta forma fusiforme, com compressão lateral uniforme, (CONTRERAS, 1994). Dentre as espécies cultivadas a tilápia do Nilo possui grande aptidão por seu rápido ciclo de reprodução, contendo carne branca de alta qualidade, baixos custos de produção e pode ser cultivada em ambientes com baixa temperatura e alta salinidade (VICENTE; FONCESA-ALVES, 2013).

O tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1816), é uma espécie pertencente a Ordem Characiformes, Família Serrasalminidae a mesma é nativa da Amazônia, sendo muito apreciada e com alto valor comercial (BUCKUP et al., 2007). De acordo com Silva et al. (1984) o tambaqui foi introduzido no Nordeste Brasileiro pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). O tambaqui é conhecido como o maior Caracídeo da Amazônia, possuindo uma carne saborosa com baixo acúmulo de gordura sendo muito importante na pesca comercial (MENEZES et al., 2008). Este apresenta corpo bastante alto, na fase adulta tornando-se mais alongado e relativamente reduzido lateralmente, seu tamanho corporal pode alcançar 100 Cm de comprimento e pesar 30 kg, podendo ser considerado um peixe de grande porte (ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998; ARAÚJO-LIMA; GOMES, 2005; PENNA et al., 2005). *Colossoma macropomum* apresenta ótimo crescimento, e resiste a baixos níveis de oxigênio dissolvido na água (SAINT-PAUL, 1986; VAL et al., 1998).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Piscicultura

A piscicultura é um cultivo de grande relevância e vem desempenhando um papel importante no cenário da criação de peixes, principalmente no que se refere a alimentação, onde a taxa demográfica não é abastecida pela oferta de alimentos, especialmente os que requerem um esforço maior para serem produzidos, como os de origem animal (CORREIA et al., 2006). Dentre as principais dificuldades detectadas para o prosseguimento da piscicultura pode se mencionar as questões ambientais, falta de organização de uma cadeia produtiva e de linhas de crédito, dificuldades para regularização dos empreendimentos e elevada carga tributária (OSTRENSKY et al., 2008).

A piscicultura estabelece um novo modelo de produção agropecuário, no entanto para obtenção significativa dos lucros é necessário um manejo adequado e moderno, sendo indispensável princípios científicos, ecológicos, econômicos e tecnológicos como base, portanto projetos realizados sem as análises econômicas podem resultar em projetos mal sucedidos (CASACA; TOMAZELLI JÚNIOR, 2001). Por exemplo análise de execução dos projetos de criação de peixes (SAINT-PAUL, 1986).

2.2 Tilápia

A tilápia conhecida popularmente como Tilápia do Nilo foi introduzida no Nordeste em 1971 devido ao seu potencial para aquicultura dulcícola, onde nas ultimas 5 décadas houve uma expansão de sua distribuição (ZIMMERMANN; FITZSIMMONS, 2004). Pode ser cultivada tanto em águas estuarina ou salobra, quanto em água doce (MEURER et al., 2012). Sobrevive em temperaturas que variam entre 25 e 30 °C, e abaixo de 15 °C tem seu crescimento prejudicado e quando exposta à temperatura de 9 °C acaba não resistindo (CASTAGNOLLI, 1992; KUBITZA, 2000; GONZÁLEZ; QUEVEDO, 2001; ONO; KUBITZA, 2003; CYRINO; CONTE, 2006).

A Tilapia-do-Nilo apresenta características reprodutivas como desova frequente, fecundidade relativa elevada, maturidade sexual precoce e alta capacidade de reprodução, essas características tem contribuído para superpopulação dentro dos viveiros de cultivo prejudicando a taxa de crescimento dos animais (POPMA; GREEN, 1990; MACINTOSH; LITTLE, 1995; BORGES, 2002). Segundo Lima et al. (2015) a classificação para os sistemas de produção na criação de tilápias são considerados como extensivo, semi-intensivo, intensivo e super-intensivo. Para não tornar a atividade aquícola uma fonte de impacto ambiental, faz-se

necessário a busca por práticas de manejo adequadas, dessa forma é indispensável a implantação de sistemas de produção sustentável, que reduzam os danos ao meio ambiente, especialmente os sistemas de cultivos fechados (COLT et al., 2006).

2.3 Características da Espécie

Nativa dos países africanos a tilápia apresenta crescimento rápido, é de grande rusticidade (GALLI; TORLONI, 1999). Esta espécie possui hábito alimentar onívoro e/ ou herbívoro e devido a seu grande cultivo, seus aspectos nutricionais vem despertando interesse a serem estudados (PEZZATO et al., 2002). Não possui espinhas intramusculares em formato de “Y” (RIGHETTI et al., 2011). Possui uma longa nadadeira dorsal, com a parte anterior provida de raios duros, apresentando dentes geralmente bifurcados (POPMA; MASSER, 1999). Segundo Proença e Bittencourt (1994) a tilápia do Nilo possui grande habilidade na filtragem de plâncton podendo também se alimentar de detritos orgânicos.

Esta é uma espécie que possui capacidade fisiológica de adaptar-se em diferentes ambientes e sistemas de produção, além disso é resistente a baixos teores de oxigênio dissolvido (CASTAGNOLLI, 1992; SCHMITTOU, 1995; ONO; KUBITZA, 2003; ZIMMERMANN; FITZSIMMONS, 2004; CYRINO; CONTE, 2006). As tilápia são espécies que melhor se adaptam a diferentes condições, são altamente tolerantes ao baixo oxigênio dissolvido, sobrevivem com uma faixa bastante ampla de acidez e alcalinidade na água, estas se reproduzem e crescem em águas salobras e salgadas, toleram altas concentrações de amônia tóxica (GRAEFF; PRUNER, 2006).

2.4 Tambaqui

O tambaqui é uma espécie teleósteo de água doce nativo da Amazônia, Orinoco e afluentes, este atinge a maturidade sexual entre o quarto e terceiro ano de vida, apresentando desova total, alta fecundidade e ovos semipelágicos (ARAÚJO-LIMA; GOUDING, 1998). Em cativeiro apresenta crescimento acelerado, produtividade elevada e ótima adaptação aos sistemas de cultivo (ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998; VAL et al., 2000). Esta espécie é produzida em diferentes sistemas e ambientes como remanso de rios e barragem, tanques-rede em várzeas inundáveis, viveiros escavados e canais de irrigação (GOMES et al., 2010; SILVA et al., 2013).

A pigmentação nos adultos depende da cor da água, indivíduos que vivem em água preta têm pigmentação mais escura enquanto os indivíduos de água barrenta apresentam pigmentação

mais clara (ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998; SANTOS et al., 2006; SOARES et al., 2007). Esta é uma das principais espécies nativas do Brasil, possui grande interesse também para piscicultores de outros países da América do Sul, devido sua rusticidade, qualidade de sua carne, e ao seu tamanho que pode chegar a 100 cm de comprimento total e pesar 30 kg no ambiente natural (GOULDING; CARVALHO, 1982).

2.5 Características da Espécie

No ambiente natural, o tambaqui é onívoro alimentando-se tanto de matéria vegetal como animal, porém na fase jovem com tendência zooplanctofágo, já na fase adulta, frugívoro (SAINT-PAUL, 1984).

O tambaqui apresenta várias adaptações o que o possibilita sobreviver nos ambientes amazônicos, conforme o oxigênio dissolvido diminui, o tambaqui aumenta a taxa de ventilação branquial com o intuito de melhorar a captação de oxigênio (ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998). Quando o nível de oxigênio na água diminui, o lábio inferior expande-se com a formação de um edema, que possibilita a captação da camada superficial da água, onde se encontra uma concentração maior de oxigênio, regredindo o lábio quando o ambiente volta a normóxia (VAL et al., 1998). Estudos com esta espécie mostram que temperaturas altas proporcionam um aumento na taxa de crescimento (ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998) e provocam uma diminuição na excreção de amônia (ISMIÑO-ORBE et al., 2003).

O *Colossoma macropomum* se caracteriza por ser um caracídeo redondo de corpo alto alongado lateralmente na fase adulta possuindo nadadeira adiposa raiada (FERREIRA et al., 1998). Não possui espinho pré-dorsal, possui linha lateral com 67 a 76 escamas (VAL; HONCZARK, 1995; ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998). O tambaqui possui dentes molariformes robustos, implantados fortemente na mandíbula o que lhe possibilita alimentar-se de sementes frutos, dentre outros (ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998; ABELHA et al., 2001; SANTOS et al., 2006). Seus rastros branquiais são compridos e numerosos, facilitando assim filtrar pequenos organismos que boiam na água (VAL; HONCZARK, 1995; ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998). Na natureza, preferem águas ricas em nutrientes, com condições físico-químicas estáveis em toda a coluna de água (WOYNAROVICH; HORVÁTH, 1983; ARAÚJO-LIMA; GOMES, 2005). Apresenta boa resistência e tolera níveis de 3,0 mg/L de oxigênio dissolvido, apresenta adaptações à condição de hipóxia, onde, os lábios ficam espessos e hiperemiados, permitindo a sobrevivência durante certos períodos a baixos níveis de oxigênio dissolvido na água (KOHILA et al., 1992; VAL, 1995; Val et al., 1998).

2.6 Hipóxia nos Peixes

Segundo Munday et al. (2009) dentre as variáveis ambientais a temperatura e as concentrações de oxigênio são processos que atingem diretamente os sistemas fisiológicos dos organismos aquáticos. O ambiente aquático é bastante dinâmico e os organismos que nele habitam enfrentam mudanças rápidas ou extremas de temperaturas, concentração de oxigênio dissolvido, PH, e nos tipos de íons, estas variáveis podem provocar estresse e reduzir a habilidade dos organismos em manter sua homeostase (MARIANO et al., 2006).

De todos os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos (ESTEVES, 1998). Conforme a temperatura da água se eleva a disponibilidade de oxigênio abaixa pois a solubilidade (lei de Henry) e o percentual de saturação do O₂ caem, além disso a alta atividade biológica em temperaturas elevadas reduz a concentração de oxigênio principalmente em corpos d'água de pequenas proporções (POWES et al., 1978).

O peixe exposto a situação de hipóxia, tende primeiramente ao processo de mudança de ambiente em busca de águas com maior concentração de oxigênio dissolvido (BALDISSEROTTO, 2009). No entanto dependendo do grau de hipóxia e sua duração, os animais podem desenvolver mecanismos que impliquem em mudanças fisiológicas, teciduais e comportamentais para enfrentar essa condição ambiental (HEATH, 1995). Várias condições fisiológicas tal como a hipóxia pode influenciar na modulação autonômica cardíaca, esta situação consiste em uma baixa disponibilidade de oxigênio nos tecidos podendo ser causada durante a ascensão à altitude, em altos níveis a hipóxia ocorre devido a uma menor pressão parcial de O₂ no ambiente (PO₂) quando relacionada ao nível do mar (OLIVEIRA et al., 2017).

Denomina-se estresse a reação biológica apresentada pelos peixes diante de estímulos ameaçadores, podendo alterar-se de acordo com a gravidade e duração do estímulo, assim como a genética e a domesticação dos animais, portanto, componentes das práticas laboratoriais e de campo na aquicultura como captura, manuseio, confinamento, transporte e anestesia podem estressar os peixes (TAKAHASHI, et al., 2006). O tempo de rigor mortis é reduzido devido aos fatores como o aumento da atividade muscular, o estresse sofrido durante o transporte, a captura e o manejo dos peixes dessa forma, o peixe estressado está propício a desenvolver um rigor mais drástico, podendo afetar até a textura da carne (NAKAYAMA et al., 1992). Os estresses podem ter durações e intensidades distintas, a exposição limitada a estes agentes é capaz de produzir uma resposta adaptativa nos peixes, retornando a homeostase ao organismo,

porém, se expostos aos agentes de estresse intensos ou prolongados, terão uma resposta mal adaptativa, com resultados negativos para o seu estado de saúde (GALHARDO; OLIVEIRA, 2006).

2.7 Glicose

Na maioria dos teleósteos a hipóxia gera um aumento no hematócrito e possivelmente ocorre um aumento nos níveis de glicose circulante no sangue (ROUTLEY et al., 2002). Segundo Morgan e Iwama (1997), a glicose é de extrema importância para os peixes sendo utilizada como a principal fonte de energia para suportar situações adversas, além de indicador de situações adversas.

A hiperglicemia associada ao estresse é citada em vários teleósteos (BARTON; IWAMA, 1991). É mediada principalmente pelos efeitos do composto orgânico catecolaminas e da liberação do principal carboidrato reserva do peixe, a glicose hepática, porém não é o principal componente de reserva (lipídeos) (LIMA et al., 2006). Quando exposto a hipóxia, os peixes possuem mudanças consideráveis nas concentrações de glicogênio nos tecidos e de metabólitos plasmáticos como a glicose ácidos graxos e o lactato (VAN DEN THILLART; VAN WAARDE, 1985).

O glicogênio é considerado a principal reserva energética dos peixes, pois em períodos de baixa exigência energética, é produzido e estocado através da gliconeogênese, e em condições de hipóxia é ligeiramente degradado (glicogenólise) para a mobilização da glicose que abastecerá o metabolismo anaeróbico (reduzindo a concentração de glicogênio nos tecidos) (CHIPPARI et al., 2005)

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

O objetivo desse trabalho foi verificar a influência da hipóxia e/ou normóxia, as respostas fisiológicas e comportamentais nas espécies Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) e Tambaqui (*Colossoma macropomum*).

3.2 Objetivos específicos

- Analisar o comportamento das espécies quando expostas a diferentes concentrações de oxigênio dissolvido na água (hipóxia/normóxia);
- Verificar a glicemia através do Glicosímetro para associar ao estresse animal;
- Comparar a influência da hipóxia nas duas espécies de peixes utilizadas no experimento.

4 METODOLOGIA

4.1 Local de Estudo

O estudo foi realizado no laboratório de Anatomia e Fisiologia Animal da Universidade Federal do Maranhão, campus Universitário de Chapadinha - MA, localizado na MA-222, KM 04, s/nº-Boa Vista.

4.2 Animais e Procedimentos

Espécimes de tilápia-do-Nilo e tambaqui provenientes da piscicultura da UFMA-CCAA, foram inicialmente coletados por meio de captura com rede de arrastão, em seguida levados para o laboratório e distribuídos em baldes com capacidades de 6 litros. Posteriormente as espécies foram pesadas em balança digital, medidas (comprimento t: total e p: padrão), comprimento total das espécies de tilápia se deu em torno de 15,5 a 18,0 cm, padrão 10,5 a 12,5 cm, com peso médio de 116 ± 123 g, comprimento total do tambaqui 18,0 a 19,0, padrão 13,5 a 15,5 cm com peso médio de 172 ± 175 g, em seguida foi retirado sangue dos peixes, por punção da veia caudal, o sangue foi coletado utilizando seringas de 1 ml banhada com anticoagulante (heparina).

Para quantificar o oxigênio dissolvido na água foi utilizado Labcon Test[®] comercial. Para bombear oxigênio na água foi utilizado um sistema de aerador nos baldes de (normóxia) para iniciar a aeração (SANTOS et al., 2016).

4.3 Experimentos

Foram realizados 2 experimentos separados em baldes com capacidade de 6 litros cada, ambos os experimentos foram feitos com a mesma metodologia, em um período experimental de 24 horas, neste período os peixes ficaram em jejum, a temperatura manteve-se em torno de 27-29°C.

O primeiro experimento foi realizado com 32 juvenis de tilápia sendo 4 peixes por balde, e o segundo com 16 juvenis de tambaqui, com 2 peixes por balde, utilizando-se 2 tratamentos T1-Normóxia e T2-Hipóxia e 5 repetições (tempo). Os peixes de ambos experimentos foram divididos em dois tratamentos: com aerador (normóxia) o peixe estava sob condições ideais de oxigênio, já sem aerador (hipóxia) o peixe encontrava-se em baixas concentrações de oxigênio.

Nos tempos 0; 3h; 8h; 20h; 24h do experimento foi aferido o oxigênio de todos os baldes, e nos tempos T-0h e T-24h houve a coleta de amostras de sangue de 6 indivíduos por tratamento, a fim de aferir a glicose basal e final dos peixes utilizados. O sangue foi coletado por punção da veia caudal e a amostra do sangue lida em glicosímetro digital.

4.4 Análises Estatísticas

Os dados foram analisados em esquema fatorial 2x2 (2 espécies e 2 tratamentos), as médias dos tratamentos hipóxia e normóxia foram analisadas pelo Programa SAS-Statistical Analysis System, utilizando teste de Tukey considerado 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Oxigênio dissolvido na água

Houve diferença nos níveis de oxigênio dissolvidos na água do tempo 0 h inicial para tempo 24 h final do tratamento hipóxia BSA: (hipóxia). No entanto não houve diferença em relação ao oxigênio dissolvido na água do tratamento normóxia BCA: (normóxia). Através da utilização de um medidor de oxigênio dissolvido Labcon Test[®], comercial foi notável a redução do oxigênio, onde se iniciou com 8 mg/L e no decorrer de 3 horas caiu para 7 mg/L e foi diminuindo, e após 8 horas chegou a 5 mg/L, e em 20 horas os níveis de oxigênio dos animais chegaram a uma faixa de 2,0 mg/L de O₂ para tilápia e tambaqui. Segundo Almeida, (2010) níveis de oxigênio abaixo de 2,0 mg/L diminuem a taxa metabólica do tambaqui, consequentemente reduzindo o desempenho produtivo e reprodutivo da espécie. E no final após 24 os níveis de O₂ dissolvidos na água chegaram a uma faixa, de 1,5 mg/L nos baldes sem aeração (BSA: Hipóxia). Para Baldisserotto e Silva (2004) quando o oxigênio se encontra abaixo de 3,0 mg/L a situação é de estresse para a maioria dos peixes, e que níveis inferiores a 1 mg/L geralmente são letais.

Tabela 1. Valores médios do oxigênio dissolvido encontrados nos baldes ao longo do período de 24h.

Tempo	Oxigênio dissolvido				
	0h	3 h	8 h	20 h	24 h
Normóxia (BCA)	8 mg/L	8 mg/L	8 mg/L	8 mg/L	8 mg/L
Hipóxia (BSA)	8 mg/L	7 mg/L	5 mg/L	2 mg/L	1,5 mg/L

BCA: Baldes com aeração BSA: Baldes sem aeração.

Através dos resultados obtidos e que estão fornecidos na tabela 1 foi constatado que nas primeiras horas de experimento (3 - 8 horas), o oxigênio manteve-se constante e com níveis adequados para as espécies. Segundo Baldisserotto (2002), níveis de oxigênio na água em torno de 5-6 mg/L são requerido para a maioria dos peixes. Já após as 20 e 24 horas de experimento a concentração de O₂ diminuiu drasticamente, tendo seu menor pico às 24 horas, onde houve uma grande redução chegando 1,5 apresentado pouquíssimas concentrações de O₂ dissolvido na água, desta forma podendo prejudicar o desenvolvimento e metabolismo das espécies.

Segundo Esteves (1998); Kubitiza, (2003) o oxigênio é essencial a vida dos organismos aquáticos e quando encontrado em baixas concentrações pode reduzir a eficiência alimentar, retardar o crescimento, e aumentar a incidência de doenças e de morte.

Para os baldes com aeração (BCA: normóxia) os resultados estão de acordo com Silveira et al., (2009) que relata que ambientes com concentração de oxigênio 7 mg/L estão dentro do padrão de recomendação para peixes, e em nossos resultados as espécies que estavam em baldes com aeração (Normóxia), o oxigênio permaneceu 8,0 mg/L, desta forma estando em condições adequadas.

5.2 Alterações comportamentais das espécies

Em ambos os experimentos tanto da tilápia quanto do tambaqui submetidos a hipóxia houve alterações comportamentais, onde observou-se respiração na superfície, e protuberância labial. Na espécie tambaqui a protuberância labial foi perceptível a partir de 1 h sob condição de hipóxia, desenvolvendo-se e apresentado se maior no final do experimento com 24 h. Conforme Alves et al. (1999) o tambaqui exposto a condições de águas com baixos níveis de O₂ dissolvido desenvolve a protuberância labial como um meio de sobrevivência que permite a captação de oxigênio, desta forma funcionando como órgão respiratório.

Já na espécie tilápia a protuberância foi perceptível somente após 3 horas encontrando-se maior no final com 24 h. De acordo com Silva et al. (2012) uma das principais características fisiológicas da tilápia é tolerar baixos teores de oxigênio dissolvidos na água, desta forma foi constatado que a tilápia é mais resistente a baixa concentração de O₂ dissolvido, pois esta demora mais tempo para ir em busca de oxigênio na superfície. Os peixes em normóxia não obtiveram protuberância labial perceptível, por estarem sob o aerador.

5.3 Glicose

A tabela 2 mostra os resultados obtidos da glicose das espécies tambaqui e tilápia submetidas a hipóxia e normóxia. Em comparação com os valores de glicose sanguínea nas duas espécies estudadas foi observando uma variação em relação ao nível de glicose inicial 0 horas e final 24 horas, onde os níveis de glicose sanguínea foram diferentes em relação aos tratamentos, onde T1-normoxia o tambaqui obteve glicose inicial de 131,6 mg/dl e final 56,2 mg/dl e T2 hipóxia obteve glicose inicial 137,2 mg/dl e final 48,6 mg/dl. Peixes em normóxia

tilápia obteve níveis de glicose inicial 128,0 mg/dl e final 153,0 mg/dl e hipóxia obteve glicose inicial 92,0 mg/dl e final 117,6 mg/dl.

Tabela 2. Valores médios da glicose das espécies Tilápia (*Oreochromis niloticus*) e tambaqui (*Colossoma Macropomum*) submetidos a hipóxia/normóxia.

Glicose	Espécies	Tratamento	
		T 1 Normóxia	T 2 Hipóxia
Inicial/Final			
0 horas	Tilápia	128,0 ± 31,83	92,0 ± 31,83
24 horas	Tilápia	153,0 ± 22, 35a	117,6 ± 22,35a
0 horas	Tambaqui	131,6 ± 31, 83	137,2 ± 31,83
24 horas	Tambaqui	56,2 ± 22,35b	48,6 ± 22, 35b

Letras diferentes diferem significativamente entre espécies. a: tilápia b: tambaqui T1: Tratamento-Hipóxia, T2: Tratamento-Normóxia.

De acordo com os resultados obtidos e que estão fornecidos na tabela 2 foi constatado que a tilápia apresentou um aumento da glicose tanto em normóxia quanto hipóxia no período de 24h. Ferreira et al. (2011) destaca que o aumento da glicose pode representar uma resposta fisiológica de ajuste para o restabelecimento da homeostase. Esse aumento da glicose deve ter ocorrido devido ao grande estresse observado nesta espécie, onde desde do início do experimento esta espécie foi a que mais saltou do balde, em ambos os experimentos e em normóxia o estresse pode ter sido ocasionado ao grande borbulhamento do aerador. Além disso o estresse e aumento da glicose diagnosticado pode ter sido ocasionado devido quantidade de peixes ser maior em um pequeno espaço sendo 4 peixes por baldes. Tavares-Dias e Mariano (2015) relata que o aumento da glicemia e do cortisol é uma resposta ao estresse. Segundo Silveira et al. (2009), no cultivo intensivo a situação de estresse constante pode afetar a saúde do animal a produtividade e aumentar os riscos a doenças. Desta forma o grupo de peixes de 24h liberou cortisol resultado do grande estresse observado nessa espécie. Uma vez que parâmetros como cortisol e glicose plasmática são sérios indicadores fisiológicos de estresse em peixes (WENDELAAR BONGA, 1997). Vale ressaltar que assim como o cortisol a glicemia pode ser afetada por outros fatores como a refeição e o jejum (TAVARES-DIAS; MARIANO 2015). Desta forma a tilápia recorreu ao processo de gliconeogênese para manter a glicose. A gliconeogênese é a síntese de glicose a partir de compostos que não são carboidratos (TAVARES-DIAS; MARIANO 2015). Segundo Sheridan e Mommmsen (1991) vários estudos

mostram que peixes submetidos ao jejum sofrem alterações metabólicas e fisiológicas a fim de promover um equilíbrio biológico. Blasco et al. (1992) relatam que em longos períodos de jejum a gliconeogênese e lipólise passam a ser a principal fonte que fornece energia para os peixes. Para Melo et al. (2009) o estresse reduz a taxa de crescimento, dos peixes, além de mudanças morfológicas, comportamentais, e uma variedade de ajustes metabólicos e fisiológicos.

Em relação ao tambaqui foi constatado que as espécies tanto do tratamento normóxia quanto do tratamento hipóxia apresentaram uma redução na glicose no grupo de peixes de 24h, onde a glicose final de ambos os tratamentos obtiveram níveis relativamente baixos. Santos et al. (2016) relatam que valores de glicose indicado para espécie está na faixa de 102, 9 mg/dl. Zuim et al. (1988) no seu trabalho com Pacu encontrou valores médios de 156,6 mg/dl de glicose sanguínea, sendo as espécies estando em cativeiro. Desta forma foi constatado que as espécies de ambos os tratamentos do grupo 24h (hipóxia/normóxia) apresentou glicose abaixo do ideal considerado para espécie, desta forma esta não recorreu a gliconeogênese para manter a glicose, deste modo não liberando cortisol, e não reagindo aos agentes estressores, não sendo diagnosticado estresse. Segundo Froese e Pauly (2011) relata que vários fatores podem afetar o metabolismo dos peixes, como, peso corpóreo, concentração de oxigênio, nível de atividade e velocidade de natação.

5.4 Comparação entre as duas espécies

Relacionando a glicose das espécies tambaqui e tilápia pode-se constatar uma grande diferença da glicose final 24h da tilápia comparada a glicose final 24h do tambaqui, onde na tilápia houve um aumento da glicose, estresse e ação da gliconeogênese, enquanto que no tambaqui houve diminuição da glicose, desta forma não reagindo ao estresse e não recorrendo ao processo de gliconeogênese.

As análises estatísticas mostraram que não houve diferenças significativas para os tratamentos analisados ($P > 0,05$).

COSIDERAÇÕES FINAIS

A presença do aerador foi eficaz para os peixes do tratamento normóxia (BCA), enquanto que para os peixes em hipóxia (BSA) a quantidade de O₂ apresentaram-se baixas, fazendo com que o ambiente fosse menos propício para o cultivo em relação ao ambiente aerado. Desta forma foi constatado que as respostas das espécies frente à hipóxia mostraram-se semelhante em relação ao O₂, dissolvido, no entanto variando em relação a glicose, em que a tilápia obteve maior sucesso em relação ao equilíbrio da homeostase, e no comportamento onde o Tambaqui, desenvolve uma protuberância labial a partir da primeira hora em condição de hipóxia, e a tilápia desenvolve a protuberância labial partir de 3 horas, deste modo sendo mais resistente ao baixo O₂, dissolvido.

REFERÊNCIAS

ABELHA, M. C. F.; AGOSTINHO, A. A.; GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta. Scie. Biol. Scie.** v.23, p.425- 434, 2001.

ALMEIDA, L. C. **Desempenho produtivo, eficiência digestiva e perfil metabólico de juvenis de tambaqui, *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818), alimentados com diferentes taxas de carboidrato/lipídio.** 2010. 118. Dissertação de doutorado em genética e evolução- Universidade Federal de São Carlos, SP. 2010.

ALCESTE, C.; JORRY, D. E. Análise de las tendencias actuales en la comercialización de tilápia em Estados Unidos de Norteamérica y la Unión Europea. In: **Cong. Sul-ameríc. de Aquicul.** n.1, Recife. Anais Recife: SIMBRAq, 1998. p. 349-364.

ALVES, M. I. M.; SOUZA, P. C. G.; SILVA, P. R. R.; MESQUITA, P. E. C. Estratégias Respiratórias do Tambaqui *colossoma macropomum* (Cuvier, 1818), em Condições de Hipóxia. **Rev. Cient. Prod. Anim.**, v.1, n.2, p.95-103, 1999.

ARAÚJO-LIMA, C.; GOULDING, M. **Os frutos do tambaqui: ecologia, conservação e cultivo na Amazônia.** Brasília: 1 ed. Brasília: Editora Sociedade Civil Mamirauá/CNPq, 1998. p.186.

ARAÚJO-LIMA, C.; GOMES, L. Tambaqui *Colossoma macropomum*. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil.** Santa Maria: Editora UFSM, 1 ed., p. 175-202. 2005.

BALDISSEROTTO, B. **Fiologia de peixes: aplicada à piscicultura.** 3 ed. Santa Maria: UFSM, 2002. p.20-40.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura.** São Paulo, 2009. p. 350.

BALDISSEROTTO, B.; SILVA, L. V.; F. **Qualidade de água.** In: BALDISSEROTTO B. e RADÜNZ NETO, J. Criação de Jundiá. Santa Maria: Ed. UFSM. 2004. Cap.4, p.73-92.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura.** Santa Maria: Ed. UFSM, 2002. p.212.

BARTON, B. A.; IWAMA, G. K. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the responses and effects of corticosteroids. **Rev. Fish. Dis.** v.1, p.3-26, 1991.

BLASCO, J.; FERNÁNDEZ, J.; GUTIÉRREZ, J. Fasting and refeeding in carp *cyprinus carpio* L.: The mobilization of reserves and plasma metabolite and hormones variations. **Jour. Of. Compar. Physio.** v.162, p.539-546, 1992.b

BORGES, A. M. **Piscicultura.** Brasília: EMATER. p.36, 2002.

CASTAGNOLLI, N. Criação de peixes de água doce: **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. Jaboticabal: FUNEP. 1992. p. 60.

BRIO, P.A. Staying cool: behavioral thermoregulation during summer by Youngof year brook trout in a lake. **Trans. Am. Fisher. Soc**, n.127, p.212-222. 1998.

CASACA, J. D. M.; TOMAZELLI JÚNIOR, O. **Planilhas para cálculos de custo de produção de peixes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**.MAPA/Brasil/Biblioteca Nacional de Agricultura-BINAGRI, Florianópolis, v.38, p.206, 2001. Disponível em:<<http://www.acaq.org.br/arquivos/docplani.pdf>>. Acesso em: 08 de Jan. 2018.

CHIPPARI-GOMES, A. R.; GOMES, L. C.; LOPES, N. P.; VAL, A. L.; ALMEIDA-VAL, V. M.F. Metabolic adjustments in two Amazonian cichlids exposed to hypoxia and anoxia. **Comp. Biochem. Physiol. B: Biochem. Mol. Biol.** 141, p.347–355, 2005.

CYRINO, J. E.; CONTE, L. Tilapicultura em Gaiolas: produção e economia. In: JOSÉ EURICO POSSEBON CYRINO E ELISABETH CRISCUOLO URBINATI. 2006 (Eds.). **AquaCiência 2004: Tóp. Espec. em Biol Aquác. e Aquic.** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, cap.12, p.151-171, 2006.

COLT, J.; LAMOUREUX, J.; PARRERSON, R.; ROGERS, G. Reporting standards for biofilter performance studies. **Aquacu. Engin**, v.34, n.3, p.377-388, 2006.

CORREIA, A. P.; MORAES ALVES, A. R.; LOPES, J. P.; SANTOS. F. L. Reversão Sexual em larvas de Tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus* (LINNAEUS, 1758) em Diferentes Condições Ambientais. **Rev. Bras. Eng. Pesca**. v.1, n.1, p.120-196, 2006.

CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e derivados**. 1 ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 409. Disponível em:<<https://www.passeidireto.com/arquivo/11025727/bioquimica-sw-pescado-e-dericadoscontreras-guzman>>. Acesso em 13 Dez. 2017.

ESTEVES< FABBRI, E.; VALBONESI, P.; FRANZELLITTI, S. 2008. HSP expression in bivalves. **Inform. Syste. Journ.**. v.5, p.135-161, 1998.

ESTEVES, F. A.; **Fundamentos de Limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência. 1998. p. KUBITZA, F. Larvicultura de peixes nativos. **Panorama da Aquicultura**, v.13, n.77, p. 46-56, 2003.

FICKE. A.D.; MYRICK, C. A.; HANSEN, L. J. Potential impacts of global climate change on freshwater fisheries. **Rev. Fish. Biol. Fish.** v.17 p.581-613, 2007.

FIRETTI, R.; GARCIA, S. M. E SALES, D. S. **Planejamento estratégico e verificação de riscos na piscicultura**. **Pesquisa e tecnologia**, v.4, n.2, p.1-10, 2007. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2007_4/Planejamento/Index.htm>. Data de Acesso: 22 Dez. 2017.

FERREIRA, E. J. G.; ZUANON, J. A. S.; SANTOS, G. M. **Peixes Comerciais do Médio Amazonas**. V.1, Editora IBAMA, Brasília, 1998. p. 211.

FERREIRA, M. W.; ARAÚJO, F. G.; COSTA, D. V.; LOGATO, P. R. V.; FIGUEIREDO, H. C. P.; MURGAS, L. D. S. Influence of dietary oil sources on muscle composition and plasma lipoprotein concentrations in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Jour. of the World. Aquac. Soci.** v.42, p.24- 33, 2011.

FROESE, R.; PAULY, D. EDITORS. **Fish Base World Wide Web electronic publication**. 2011.

Disponível em: <http://www.fishbase.org/manual/Portuguese/Morphology_and_Physiology.htm>. Acesso em: 03 jan. 2018.

GALHARDO, L.; OLIVEIRA, R. Bem-estar Animal: um Conceito Legítimo para Peixes. **Rev. de Eto.** v.8, n.1, p.51-61, 2006.

GRAEFF, G.; PRUNER, N. E. **Variáveis que podem interferir na sobrevivência e desenvolvimento da Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*) na região fria do Estado de Santa Catarina**. p.70-79, 2006.

GALLI, L. F.; TORLONI, C. E. C. **Criação de Peixes**. São Paulo: Livraria Nobel. S. A. 1999.

GOMES L. C.; SIMOES, L. N.; ARAUJO-LIMA, C. A. R. M. Tambaqui *Colossoma macropomum*) In: BALDICEROTO, B.; GOMES, L. C. (Ed.) **Espécies nativas para a piscicultura no Brasil**. Ed. UFSM, Santa Maria, Rio Grande do Sul, p.175-204, 2010.

GOMES, R. N.; FILHO J. J.; MENDES G. O. **Análise Técnica da Produção de Tilápias no município de Bananeiras– Pb**. Educação e extensão para a agropecuária e a agroindústria, Bananeiras p.4, 2012.

GONZÁLEZ, C. E.; QUEVEDO, E. T. Cultivo de las tilápias roja (*Oreochromis spp.*) y plateada (*Oreochromis niloticus*), cap. XIII. p. 283-2999. In: GOMEZ, H.R.; DAZA, P.V.; AVILA, M.C.C. **Funda. de Acuic. Conti.** Bogotá: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, 2001. p.423.

GOULDING, M.; CARVALHO, M. L. Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): An important Amazonian food fish. **Rev. Bras. Zool.** Curitiba. v.1 n.0 p.107-133. 1982. Disponível em < www.scielo.br/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S0101-81751982000200001>. Acesso em: 01 Dez. 2017.

HEATH, A. G. 1995. **Water pollution and fish physiology**. 2 ed. p.359.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. 2007. **Estatística da Pesca 2005**. Grandes Regiões e Unidades da Federação. Brasília (DF).

ISMÍÑO-ORBE, R. A.; ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; GOMES, L. C. Excreção de amônia por tambaqui (*Colossoma macropomum*) de acordo com variações na temperatura da água e massa do peixe. **Pesq. Agrop. Bras.** v. 10, n. 38. P. 1243-1247, 2003.

KOHLA, U.; SAINT-PAUL, U.; FRIEBE, J. et al. Growth, digestive enzyme activities and hepatic glycogen levels in juvenile *Colossoma macropomum* Curvier from South America during feeding, starvation and refeeding. **Aquac. Fisher. Manag.** v.23, n.1, p.189-208, 1992.

KUBITZA, F. Tilápia: **Tecnologia e planejamento na produção comercial**. 1ed. Jnndaí: Fernando Kubitza. 2000. p.289. Disponível em<
<https://www.comeditoraufv.com.br/produto/1849834/tilápia-tecnologia-e-planejamento-na-produção-comercial>> Acesso em: 10 Fev. 2018.

LIMA, L. C.; RIBEIRO, L. P.; LEITE, R. C.; MELO, D. C. Estresse em peixes. **Rev. Bras. Reprod. Anim.** Belo Horizonte, v.30, n.3/4, p.113-117, 2006.

LIMA, E. C. R.; SOUZA, R. L.; WAMBACH, X. F.; SILVA, U. L.; CORREIA, E. S. Cultivo da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em sistemas de bioflocos com diferentes densidades de estocagem. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.** Salvador, v.16 n.4, p. 948-957, 2015.

LOBO, F. P.; CINTRA, L. C.; VARELA, E. S.; ALVES, A. L.; VILLELA, L. C. V.; SILVA, N. M. A. da; PAIVA, S. R.; CAETANO, A. R. **Novo genome assembly of the South American freshwater fish Tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. In: PLANT e ANIMAL GENOME CONFERENCE 23. 2015.

MACINTOSH, D. J.; LITTLE, D. C. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: BROMAGE, N. R.; ROBERTS, R.J. (Ed.). Broodstock management and larval quality Oxford: **Black. Scien.** 1995. p.277-320.

MARIANO, W. S.; OBA, E. T.; SANTOS, L. R. B. Respostas fisiológicas de jeju, *Hoplerythrinus unitaeniatus* (Characiformes, Erythrinidae) expostos ao ar atmosférico. **Rev. Bras. de saúd. e Prod. Anim.** v.10, p. 210-223, 2006.

MELO, D. C.; OLIVEIRA, D. A. A.; MELO, M. M.; JUNIOR, D. V.; TEIXEIRA, E. A.; GUIMARÃES, S. R. **Perfil proteico de tilápia nilótica chitralada (*Oreochromis niloticus*), submetida ao estresse crônico por hipóxia**. **Arquivo Brasileiro de Medicina veterinária e Zootecnia**, v.61 n.5 p.1183-1190.

MENEZES, J. T. B.; QUEIROZ, L. J.; DORIA, C. R. C.; MENEZES JR, J. B. "Avaliação espermática pós descongelamento em tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818)." **Acta. Amaz**, v.38, n.2, p.365-368, 2008.

MEURER, F.; FRANZEN, A.; PIOVESAN, P.; ROSSATO, K. A.; & SANTOS, L. D. dos. Apparent energy digestibility of glycerol from biodiesel production for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758. **Aquacu. Resear**, n.43, p.1734-1737, 2012.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; SOARES, C. M. Utilização de levedura spray dried na alimentação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Acta. Scient**, Maringá, v. 22 n. 4, p. 479-484, 2000.

MORGAN, J. D.; IWAMA, G. K. Measurements of stressed states in the field. In: Iwama, G.K., Pickering, A.D., Sumpter, J.P. & Schreck, C.B. Eds. Fish stress and health in **aquaculture. Society for Experimental Biology Seminar Series 62**. Cambridge University Press, New York, 1997, p.247-270.

MPA-**Ministério da Pesca e Aquicultura**. In: Boletim estatístico da pesca e aquicultura: 2010, Brasil. Estatística da pesca e aquicultura. Brasília, 2014.

MUNDAY, P. L.; LEIS, E. J. M.; LOUGH, E. J. M. Climate change and coral reef connectivity. **Coral. Reefs**, v.28, p.379–395, 2009.

NAKAYAMA, T.; DA-JIA, L.; OOI, A. Tension changes of stresses and unstressed carp muscle isometric rigor contraction and resolution. **Nippon. Suisan. Gakkaishi**. v.58, p.1517-22, 1992.

OLIVEIRA, A. M. B.; ROHAN, P. A.; GONÇALVES, T. R.; SOARES, P. P. S. Efeitos da Hipóxia na Variabilidade da Frequência Cardíaca em Indivíduos Saudáveis: Uma Revisão Sistemática. Rio de Janeiro, Int. **J. Cardiovasc. Sci.** v.30, n.3, p.222-300, 2017.

OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J. R. E.; SOTO, D. - Aqua cultura no Brasil. O desafio é crescer. Brasília, 276 p. Rotta, M.A. e Queiroz. J.F. (2003) - Boas práticas de manejo (BPMs) para produção de peixes em tanques-redes. Corumbá: **Embra. Pantan.** v.47, n.12, p. 27, 2008.

ONO, E. A.; KUBITZA, F. **Cultivo de peixes em tanques-rede**. 3 ed. Jundiaí: Eduardo A. Ono, 2003. p.112.

PENNA, M. A. H.; VILLACORTA-CORRÊA, M. A.; WALTER, T.; PETRERE JUNIOR, M. Growth of the tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier) (Characiformes: Characidae): which is the best model? **Braz. Journ. Of. Biolo.** v. 65, n. 1, p. 129-139, 2005.

PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C., BARROS M. M.; PINTO, L. G. Q.; FURUJA, W. M.; PEZZATO, A. C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Rev. Bras. de Zoot.** v.4, n.31, p.1595-1604, 2002.

POPMA, T.; MASSER, M. **Tilápia: life history and biology**. Southern Regional Aquaculture Center, Publication n. 283, p. 1-4, 1999.

POPMA, T. J.; GREEN, B. W. Sex reversal of tilapia in earthen ponds: aquaculture production manual. **Aubu. Univer**, Alabama: p.15, 1990.

PROENÇA, C. E. M.; BITTENCOURT, P. R. L. **Manual de piscicultura Tropical**. Ed 1. Brasília: IBAMA, 1994. p. 115-196.

POWES, D. A.; MARTIN, J. O.; GARLICK, R. L. O efeito da temperatura sobre o equilíbrio de oxigênio das hemoglobinas de peixe em relação à variabilidade térmica ambiental. Supl. **Acta. Amaz.** v.8, n.4, p.167-172, 1978.

RIGHETTI, J. S.; FURUYA, W. M.; CORNEJERO, C. I.; GRACIANO, T. S.; VIDAL, L. V. O.; MICHELLATO, M. Redução da proteína em dietas para tilápias-do-nilo por meio da suplementação de aminoácidos com base no conceito de proteína ideal. **Rev. Bras. de Zootec.** Brasília, v.40, n.3, p. 469-476, 2011.

ROUTLEY, M. H.; NILSSON G. E., RENSHAW G. M. C. Exposure to hypoxia primes the respiratory and metabolic responses of the epaulette shark to progressive hypoxia. **Compar. Biochem. and Physi.** Part A. 131 p.313-321, 2002.

SAINT-PAUL, U. Ecological and Physiological investigations of *Colossoma macropomum*, a new species for fish culture in Amazonia. **Memorias de La Asociation Lalinoamericana de Acuicultura**, v. 5, p. 501-518, 1984.

SAINT-PAUL, U. Potencial for aquaculture of South american fresh water fish: a rev. **Aquac.** v.54, p.205-240, 1986.

SANTOS, L. R. B.; OBA, E. T. **Dieta: ferramenta importante para manejo dos peixes no cultivo.** In: Tavares-Dias, M. (Org). Manejo e sanidade de peixes em cultivo, p. 89-105. 2009.

SANTOS, G. M.; FERREIRA, E. J. G.; ZUANON, J. A. S. **Peixes comerciais de Manaus.** In: Geraldo (Ed.). – Manaus: Ibama/AM, ProVárzea, 2006. p.144.

SEBRAE. **Criação Comercial de Peixes em Viveiros ou Açudes.** In: Série: Oportunidades de Negócios, Roraima. AFER Associações das Micro Empresas de Roraima, 2001. p.36.

SCORVO FILHO, J. D.; PINTO, C. S. R. M.; VERANI, J. R. & SILVA, A. L. **Custo operacional de produção da criação de tilápias vermelha da Flórida e tailandesa em tanques rede de pequeno volume.** Informações econômicas, São Paulo, v.36, n.10, p.71-79, 2006. Disponível em: <ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/publicacoes/tec5-1006.pdf>. Acesso em: 10 Dez. 2017.

SCHMITTOU, H. R. Produção de peixes em alta densidade em tanques-rede de pequeno volume. Tradução de Eduardo Ono. ASA – **Assoc. Americ. de Soja.** Editado por Silvio Romero Coelho, Mogiana Alimentos S.A., p.78, 1995.

SCHURMANN, H.; STEFEENSEN, J.F. Lethal oxygen levels at different temperatures and the preferred temperature during hypoxia of the atlantic cod, *Gadus-morhua*. I. **J.Fish. Biol.** v. 41, p. 927-934, 1992.

SHERIDAN, M. A.; MOMMSEN, T. P. Effets of nutritional state on vivo lipid and carbohydrate metabolismo of Coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. **General. and Compar. Endoc.,** Belo Horizonte v.81 p.473-483, 1991.

SILVA, A. D. R.; SANTOS, R. B.; BRUNO, A. M. S. S.; SOARES, E. C. Cultivo de tambaqui em canais de abastecimento sob diferentes densidades de peixes. **Acta Amaz**, n.43, p. 517-524, 2013.

SILVA, A. S. E.; LIMA, J. T. A. X.; BLANCO, B. S. Hematologia Em Peixes (Revisão Bibliográfica). **Rev. Centa**. v.3, n.1, p.24-32, 2012.

SILVA, J. W. B.; NOBRE, M. I. S.; PINHEIRO, F. A.; CARNEIRO SOBRINHO. Resultado de um experimento de policultivo de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier 1818), híbrido de tilápias (*Oreochromis hornorun x G. niloticus*) e carpa espelho, (*Cyprinus carpio*). **Specularis B. Téc.** Fortaleza, DENOCS, v.42, n.1, p.63-89, 1984.

SILVEIRA, U. S.; LOGATO, P. V. R.; PONTES, E. C. Fatores estressantes em peixes. **Rev. Eletrô. Nutrit.** v.6 n.4 p.1001-1017, 2009.

SOARES, M. G. M.; COSTA, E. L.; SIQUEIRA-SOUZA, F. K.; ANJOS, H. D.; YAMAMOTO, K.C.; FREITAS, C. E. C. (organizadores). Peixes de lagos do Médio Rio Solimões. 2. Ed. **Rev Manaus: Instituto I - Piatam**, p. 160, 2007.

SOUSA, R. M.; SIVA, R. R. DOS SANTOS.; ROCHA, G. M.; SANTOS, M. D. M. C DOS SANTOS.; SANTOS, A. S.; DIAS E SILVA, T. P.; LOPES, J. M.; PEREIRA, A. M. Características Anatómicas e Fisiológicas So Tambaqui (*COLOSSOMA MACROPOMUM*) .Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. **Reunião da Associação Latino-Americana de Produção Animal** Recife, Brasil V. 24 p 21, 2016.

TAVARES-DIAS. M.; MARIANO. W. S. Aquicultura no Brasil: **Novas Perspectivas**. 1 ed. São Carlos, editores Pedro & João, 2015. p.429. Disponível em: <https://vet.ufmg.br/ARQUIVOS/FCK/file/LIVRO%20PRONTO_VOLUME%201%20-%20aquicultura%20no%20Brasil.pdf>. Acesso em: 18 Jan. 2018.

TAKAHASHI, L. S.; ABREU, J. S.; BILLER, J. D.; URBINATI, E. C. Efeito do ambiente pós-transporte na recuperação dos indicadores de estresse de pacus juvenis, *Piaractus mesopotamicus*. **Acta Scientiarum. AnimScien**. Universidade Estadual de Maringá.png, Brasil. v.28, n.4, p.469-475, 2006.

VAL, A. L.; SILVA, M. N. P.; ALMEIDA-VAL, E. V. M. F. "Hypoxia adaptation in fish of the Amazon: a never-ending task." **Sout. Afric Journ. of Zool.** v.2 n.33, p.107-114, 1998.

VAL, A. L. Oxygen transfer in fish: morphological and molecular adjustments. **Brazilian Jour.nl of Medic. and Biolog. Resear.** n.28, p.1119-1127, 1995.

VAL, A.; HONCZARK, A. **Criando peixes na Amazônia**. 19ed. Manaus: INPA, 1995. p.160.

VAL, A. L.; ROLIM, P. R.; RABELO, H. **Situação atual da aquicultura na Região Norte**. In: VALENTE, W. C.; POLI, C.R.; PEREIRA, J. A.; BORGHETTI, J. R. (Ed.). Aquicultura

no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável. Brasília, DF: CNPq; MCT, p. 247-266, 2000.

VAN DEN THILLART, G.; VAN WAARDE, A. Teleosts in hypoxia: aspects of anaerobic metabolism. **Mol. Physi** v.8 p.393–407, 1985.

VERANI, J.; R. **Controle populacional em cultivo intensivo consorciado entre Tilápia-do-nylo *Oreochromis niloticus* (LINNAEUS, 1758) e o tucunaré comum, *Cichla ocellaris* (SCHNEIDER, 1801) – aspectos quantitativos**. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais. Departamento de Ciências Biológicas da Universidade Federal de São Carlos. p. 116. 1980.

VICENTE, I. S. T.; FONSECA-ALVES, C.E. Impact of Introduced Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) on Non-native Aquatic Ecosystems. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Botucatu, SP, Brasil. v.16, n.3, p.121-126, 2013. Disponível em: <docsdrive.com/pdfs/ansinet/pjbs/2013/121-126.pdf>. Acesso em: 23 Dez. 2017.

WENDELAAR BONGA, S. E. The stress response in fish. **Physio. Rev.**, v.77 n.3 p.591-625, 1997.

WOYNAROVICH, E.; HORVÁTH, S. L. **A propagação artificial de peixes das águas tropicais**: manual de extensão. Trad. Vera Lúcia de Mixtro Chama. Brasília: FAO/Codevasf/CNPq. 1983.

ZIMMERMANN, S. E.; FITZSIMMONS, K. - **Tilapicultura intensiva**. In; Cyrino, J. E. P., Urbinati E. C., Fracalossi D.M. e Castagnolli C. (Eds.) – Tópicos Especiais em Psicultura de Água Doce Tropical Intensiva. São Paulo, TecArt, Cap.9. p. 239-266, 2004.

ZUIM, S. M. F.; ROSA, A. A. M.; CASTAGNOLLI, N. Influence of sex and environment on metabolic parameters of n pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) during final maturation stage. **Bulletin of the Aquaculture Association** of Canada, v.88, p.55-56, 1988.