

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA**

**Influência da personalidade sobre o desempenho zootécnico e reprodutivo de tilápias do Nilo, *Oreochromis niloticus***

ISABELA FERNANDA ARAUJO TORRES

BELO HORIZONTE – MG  
2021

ISABELA FERNANDA ARAUJO TORRES

**Influência da personalidade sobre o desempenho zootécnico e reprodutivo de tilápias do nilo, *Oreochromis niloticus***

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Doutora em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

Prof. Orientador: Dr. Ronald Kennedy Luz

Belo Horizonte  
2021

T693i Torres, Isabela Fernanda Araújo, 1990 -  
Influência da personalidade sobre o desempenho zootécnico e reprodutivo de tilápias do Nilo,  
*Oreochromis niloticus*/ Isabela Fernanda de Araújo Torres. - 2021.

110f.:il

Orientador: Ronald Kennedy Luz  
Tese (Doutorado) apresentado à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.  
Área de concentração: Produção Animal.

1. Tilápia – Peixe - Teses – 2. Reprodução – Teses - 3. Alimentação e rações - Teses  
4. Zootecnia – Teses - I. Luz, Ronald Kennedy - II. Universidade Federal de Minas Gerais,  
Escola de Veterinária – III. Título.

CDD – 636.08

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes – CRB2569  
Biblioteca da Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE VETERINÁRIA  
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**"Influência da personalidade sobre o desempenho zootécnico e reprodutivo de tilápias do Nilo, Oreochromis niloticus"**

**ISABELA FERNANDA ARAUJO TORRES**

Tese de Doutorado defendida e aprovada, no dia **31 de maio de 2021**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

**Hamilton Hisano**

Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

**Rilke Tadeu Fonseca de Freitas**

Universidade Federal de Lavras

**Robie Allan Bombardelli**

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

**Rodrigo Fortes da Silva**

Universidade Federal de Viçosa

**Ronald Kennedy Luz - Orientador**

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 21 de outubro de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Angela Maria Quintão Lana**, Coordenador(a) de curso de pós-graduação, em 21/10/2021, às 11:53, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1033925** e o código CRC **79860004**.

---

*“Quebaremos as barreiras que  
nós mesmos erguemos, quando  
sinceramente apreciarmos os  
demais e a nós mesmos ”*  
*(Ponto de equilíbrio)*

### *Dedicatoria*

Dedico mais essa etapa à meus pais  
Anderson Braga e Marilane Araújo.

À meu marido Victor Rodrigues.

À minhas irmãs de sangue e alma  
Thainá e Tálita.

À Deusa e Universo por toda energia  
que me sustentou nessa caminhada.

## *Agradecimentos*

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ronald Kennedy Luz por todo incentivo, ensinamento e por ser um orientador exemplar.

Também agradeço a minha co-orientadora Profa. Dra. Gisele Favero por toda ajuda e carinho.

Ao Prof. Dr. Marc Roger Henry (*in memoriam*) por todo carinho, parceria, paciência e ensinamentos.

Aos meus companheiros do Laqua e Laboratório de Larvicultura e Alevinagem, André, Camila G., Caroline, Lívia, Luanna, Nathália, Walisson e em especial a minha querida amiga Camila Paranhos, obrigada à todos pela amizade, bons momentos, resenhas e claro ao suporte dado aos experimentos.

Aos meus pais Anderson e Marilane e minha irmã Thainá, minha segunda mãe Marília, meu marido Victor, minha irmã Tálita, que sempre acreditaram em mim e deram forças para continuar.

A minha pequena grande Nalu (*in memoriam*) pela incrível oportunidade e experiência que tive ao seu lado por 10 anos, me ensinando o que é amor incondicional.

Aos meus sogros Tânia e Hamilton pelo carinho que sempre tiveram comigo.

Obrigada à todos que estiveram e estão comigo!



## Resumo

A habilidade em lidar com o estresse é denominada *coping style*. Esse termo diz respeito a personalidade ou ao grau de ousadia que um animal apresenta frente uma situação de risco, podendo admitir duas classificações: Proativa ou reativa. Os objetivos desta Tese foram avaliar a fisiologia, desempenho zootécnico e reprodutivo de machos e fêmeas de tilápias do Nilo *Oreochromis niloticus*, classificados por personalidade através do teste de novo ambiente. Para o artigo 1 foram realizados 2 experimentos. No experimento 1 foram utilizados machos com  $128.33 \pm 34.17$ g mantidos em sistema de recirculação de água (RAS), a 28°C. Imediatamente após o teste de classificação 20 animais de cada personalidade (proativos e reativos) foram selecionados para avaliação hematológica e bioquímica do sangue. No experimento 2 foram selecionados 60 machos proativos (TP) e 60 reativos (TR) ( $88,23 \pm 21,59$ g), divididos nos tratamentos: TP (40 animais proativos), TR (40 reativos) e um tratamento misto TM (20 proativos + 20 reativos), mantidos à 28°C em RAS, alimentados 2x ao dia. Ao final de 90 dias foi realizada biometria e coleta de tecidos e sangue. Para o artigo 2 foram classificados 16 machos (proativo – MP e reativo – MR;  $110,5 \pm 23,8$ g) e 32 fêmeas (proativa – FP e reativa – FR;  $87,5 \pm 19,3$ g) de cada personalidade. Os animais foram microchipados e mantidos separados de acordo com a personalidade e sexo, sendo realocados para reprodução a cada 7 dias, na proporção de 2 fêmeas:1macho. Os tratamentos foram FPMP, FPMR, FRMP, FRMR. O manejo de reprodução durou 8 semanas. Após esse período foi realizada a coleta de sêmen e análise das amostras no software CASA (Computer Assisted Semen Analysis). Logo após a absorção completa do saco vitelínico da prole foi realizado o teste de exposição ao ar, por 5 e 7 minutos,

objetivando avaliar a resistência ao estresse. No artigo 1, experimento 1, a hemoglobina e cortisol foram maiores para animais reativos e os leucócitos apresentaram maior taxa para animais proativos. No experimento 2, o ganho de peso foi maior para TP e TR. No entanto, a conversão alimentar e o colesterol foram menores para TR. TM apresentou menor sobrevivência. No artigo 2, reprodutores de mesma personalidade desovaram com mais frequência, com maior quantidade de desova para FPMP e menor para FPMR. Tanto a fecundidade total quanto a relativa se mostrou maior para FR. No entanto, a porcentagem de ovos viáveis, tamanho dos ovos e volume de saco vitelínico foi maior para prole de FP, independente da personalidade dos machos. Foi observado que o tempo de 5 minutos de exposição ao ar é suficiente para avaliar a qualidade da progênie, sendo a prole de FP aquelas que apresentaram maior resistência ao teste de estresse. Das dez variáveis espermáticas avaliadas, apenas velocidade curvilínea e a velocidade em linha reta sofreram influência da personalidade, apresentando menor velocidade na personalidade proativa. Pode-se concluir que a personalidade tem influência sobre o desempenho zootécnico e reprodutivo de *O. niloticus*, sendo recomendado cultivar as personalidades em separado e que esta tem maior influência sobre parâmetros reprodutivos ligados à fêmeas com melhores resultados para fêmeas proativas.

**Palavras-chave:** Comportamento, Tilápia, *coping style*, desempenho, reprodução

## Abstract

The ability to cope with stress is demonstrated by coping style. This term refers to the personality or the degree of daring that an animal presents in a risk situation, and it can admit two classifications: Proactive or reactive. The objectives of this Thesis were to evaluate the physiology, zootechnical and reproductive performance of males and females of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, classified by personality through the new environment test. For article 1, 2 experiments were carried out. In experiment 1, males with  $128.33 \pm 34.17\text{g}$  were kept in a recirculating aquaculture system (RAS), at  $28^{\circ}\text{C}$ . Immediately after the classification test, 20 animals of each personality were selected for hematological and biochemical evaluation of the blood. In experiment 2, 60 proactive (TP) and 60 reactive (TR) ( $88.23 \pm 21.59\text{g}$ ) males were selected, divided into treatments: TP (40 proactive animals), TR (40 reactive) and a mixed TM treatment (20 proactive + 20 reactive), kept at  $28^{\circ}\text{C}$  in RAS, fed twice a day. At the end of 90 days, biometrics and tissue and blood collection were performed. For article 2, 16 males (proactive – MP and reactive - MR;  $110.5 \pm 23.8\text{g}$ ) and 32 females (proactive – FP and reactive - FR;  $87.5 \pm 19.3\text{g}$ ) of each personality were classified. The animals were microchipped and kept separate according to personality and sex, being relocated for reproduction every 7 days, in the proportion of 2 females: 1 male. The treatments were FPMP, FPMR, FRMP, FRMR. Breeding management lasted 8 weeks. After this period, semen collection and analysis of samples were performed using CASA software (Computer Assisted Semen Analysis). Immediately after the complete absorption of the offspring yolk sac, the air exposure test was carried out for 5 and 7 minutes, aiming to assess the stress resistance. In article 1, experiment 1, hemoglobin and

cortisol were higher for reactive animals and leukocytes showed a higher rate for proactive animals. In experiment 2, the weight gain was greater for TP and TR. However, feed conversion and cholesterol were lower for RT. TM showed less survival. In article 2, breeders of the same personality spawned more frequently, with a greater amount of spawning for FPMP and less for FPMR. Total and relative fertility is higher for FR. However, the percentage of viable eggs, egg size and yolk sac volume is higher for PF offspring, regardless of the males' personality. It was observed that the time of 5 minutes of exposure to air is sufficient to assess the quality of the progeny, with the offspring of PF being those that showed greater resistance to the stress test. Of the ten sperm variables evaluated, only curvilinear speed and straight-line speed were influenced by the personality, with a lower speed in the proactive personality. It can be concluded that the personality has an influence on the zootechnical and reproductive performance of *O. niloticus*. It is recommended to cultivate the personalities separately and that this has greater influence on reproductive parameters linked to females with better results for proactive females.

**Keyword:** Behavior, Tilapia, coping style, performance, reproduction

---

## LISTA DE TABELAS

---

### **Artigo 1. Crescimento e fisiologia de *Oreochromis niloticus* proativas e reativas em sistema de recirculação de água**

**Tabela 1.** Variáveis hematológicas e bioquímicas e (média  $\pm$  desvio padrão) em *Oreochromis niloticus* após teste de classificação por personalidade (n=20);

**Tabela 2.** Desempenho zootécnico de *Oreochromis niloticus*, após teste de classificação por personalidade, e cultivadas em ambiente misto ou separado;

**Tabela 3.** Índices de gordura mesentérica (VSFI), hepatossomático (HSI), viscerossomático (VSI) e gonadossomático (GSI) de *Oreochromis niloticus*, após teste de classificação por personalidade e cultivadas em ambiente misto ou separado;

**Tabela 4.** Variáveis hematológicas e bioquímicas em *Oreochromis niloticus* produzidas em ambiente misto ou separadas por personalidade.

### **Artigo 2. Influência da personalidade na reprodução e qualidade espermática de *Oreochromis niloticus***

**Tabela 1.** Variáveis reprodutivas do cruzamento de *O. niloticus* classificadas por personalidade;

**Tabela 2.** Variáveis reprodutivas de machos de *O. niloticus* classificados por personalidade.

---

## LISTA DE FIGURAS

---

***Artigo 1. Crescimento e fisiologia de *Oreochromis niloticus* proativas e reativas em sistema de recirculação de água***

**Figura 1.** Desenho esquemático do tanque teste para classificação de personalidade (Mesquita et al., 2016);

***Artigo 2. Influência da personalidade na reprodução e qualidade espermática de *Oreochromis niloticus****

**Figura 1.** Desenho esquemático do tanque teste para classificação de personalidade (Mesquita et al., 2016);

**Figura 2.** Esquema dos tanques utilizados para reprodução de tilápias, classificadas por personalidade;

**Figura 3.** Teste de resistência de larvas ao estresse por exposição ao ar por 5 e 7 minutos, dado em porcentagem.

## Sumário

<b>1. Introdução Geral</b> .....	17
<b>2. Revisão de literatura</b> .....	19
2.1. A espécie <i>Oreochromis niloticus</i> .....	19
2.2. O coping style .....	20
2.3. Ação da personalidade sobre o desempenho zootécnico.....	22
2.4. Parâmetros reprodutivos.....	24
2.5. Parâmetros sanguíneos .....	26
<b>3. Objetivos</b> .....	28
3.1. Objetivo geral .....	28
3.2. Objetivos específicos .....	28
<b>4. Referências bibliográficas</b> .....	29
<b>5. ARTIGO 1: Crescimento e fisiologia de <i>Oreochromis niloticus</i> proativas e reativas em sistema de recirculação de água</b> .....	40
<b>Resumo</b> .....	41
5.1 Introdução .....	43
5.2 Material e métodos .....	45
5.2.1 Teste para classificação em proativos e reativos .....	46
5.2.2 Experimento 1 – hematologia e bioquímica de <i>O. niloticus</i> após teste de classificação em proativas e reativas.....	47
5.2.3 Experimento 2 – Desempenho de <i>O. niloticus</i> classificadas em proativas e reativas .....	49
5.2.4 Índices .....	52
5.2.5 Estatística .....	52
5.3 Resultados .....	52
5.3.1 Experimento 1 – Hematologia e bioquímica de <i>O. niloticus</i> após teste de classificação em proativas e reativas .....	53
5.3.2 Experimento 2 – Desempenho de <i>O. niloticus</i> classificadas em proativas e reativas.....	54
5.4 Discussão .....	59
5.5 Conclusão .....	67
5.7 Referências .....	68

<b>6. ARTIGO 2: Influência da personalidade na reprodução e qualidade espermática de <i>Oreochromis niloticus</i>.....</b>	<b>80</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>81</b>
6.1 Introdução .....	83
6.2 Material e métodos .....	86
6.2.1 Teste para classificação em proativos e reativos.....	86
6.2.2 Reprodução dos animais .....	89
6.2.3 Teste de resistência por exposição ao ar .....	91
6.2.4 Coleta de sêmen .....	91
6.2.5 Estatísticas .....	93
6.3 Resultados .....	93
6.4 Discussão .....	98
6.5 Conclusões .....	103
6.6 Referências .....	104
<b>7. Considerações Finais .....</b>	<b>110</b>



## 1. Introdução Geral

Indivíduos da mesma espécie, quando confrontados com mudanças ambientais, tendem a demonstrar respostas consistentes diante de situações de estresse e perigo (Overli et al., 2007; Coppens et al., 2010). Esse fenômeno se refere ao “*coping style*” (Koolhaas et al., 1999) podendo classificar os animais em proativos e reativos. Essa classificação pode ser realizada por meio de testes como teste de novo objeto (Basic et al., 2012), teste de exploração (Chapman et al., 2010; Killen et al., 2011), teste de residente-intruso (Brelvi et al., 2005) ou teste de novo ambiente (Mesquita et al., 2016; Torres et al., 2017). Todos esses testes visam medir o “*boldness*” de uma população de indivíduos. O termo “*boldness*” se refere ao nível de audácia ou ousadia que um indivíduo apresenta frente a uma situação de risco (Wilson et al., 1994).

Nesse sentido, o “*coping style*” pode ser utilizado como uma ferramenta para otimizar a produção e bem estar animal em vários aspectos. Assim, através da classificação por personalidade é possível aumentar a sobrevivência e qualidade da prole (McPhee e Quinn, 1998; Aryomo et al., 2013; Torres et al., 2017), garantir maior eficiência e motivação alimentar (Overli et al., 2007; van de Nieuwegiessen et al., 2008; Mas-Muñoz et al., 2011), influenciar parâmetros reprodutivos, como escolha do parceiro sexual (Aryomo et al., 2013) e qualidade de ovos (Schreck et al., 2001), nível de agressão (Johnson e Sih, 2005) e bem estar (Hoglund et al., 2008), além de otimizar o desempenho zootécnico (Basic et al., 2012).

Em relação ao bem estar e a fisiologia de cada personalidade, avaliações hematológicas e bioquímicas podem ser ferramentas importantes para explicar

diferenças comportamentais entre animais proativos e reativos (Pickering, 1981; Wendelaar Bonga, 1997; Andersson et al., 2011). Entre as variáveis bioquímicas, o cortisol (Wendelaar Bonga, 1997) e a glicose (Silva et al., 2009) estão relacionados à maneira como o animal lida com o estresse (Andersson et al., 2011), sendo os animais reativos aqueles que apresentam maior nível de cortisol basal (Andersson et al., 2011). Em relação às variáveis hematológicas, parâmetros como leucócitos (Rijnberk e Mol, 1997), eritrócitos e a taxa de hemoglobina (Montero et al., 1999; Wojtaszek et al., 2002; Morales et al. 2005) podem sofrer influência da personalidade.

Dentre as espécies de interesse comercial, destaca-se a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) que é a segunda espécie de peixe de água doce mais cultivada no mundo (FAO, 2018). É uma espécie que apresenta formação hierárquica social (presença de peixes dominantes e submissos) logo após as primeiras semanas de vida (Huntingford, 1986), o que ocasiona comportamento agonístico frente a co-específicos, impactando não somente no bem estar quanto na produção (Moyle e Cech-Junior, 1988).

Contudo, até o momento, não há informações relacionadas à influência das personalidades sobre a fisiologia, desempenho zootécnico e parâmetros reprodutivos de *O. niloticus*.

## **2. Revisão de Literatura**

### **2.1. A espécie *Oreochromis niloticus***

O Brasil, apesar de ser o portador do maior número de espécies de peixes de água doce do mundo, tem sua piscicultura constituída, principalmente, pela criação de espécies exóticas, como as carpas e os ciclídeos da sub-família Tilapiinae. A tilápia do Nilo *O. niloticus* é de origem africana (Galli e Torloni, 1992), pertencente a classe Osteichthyes, ordem Perciformes e família Cichlidae (Storer e Usinger, 1991).

A tilápia do Nilo é uma espécie de potencial econômico (FAO, 2018) devido a características como rápido crescimento, aceitação no mercado por ter a carne branca, leve e de sabor suave (Lund e Figueira, 1989) além de alta resistência a doenças e ao superpovoamento. Essa espécie possui características reprodutivas favoráveis aos programas de melhoramento genético, como alta prolificidade, maturidade sexual precoce, fecundidade relativa elevada e desova frequente (parcelada) (Hulata et al., 1993) e disponibilidade de alevinos durante todo o ano nas regiões mais quentes do país (Boscolo et al., 2002). A maturidade sexual da espécie ocorre quando o animal tem por volta de 30 g (De Graaf et al., 1999). É uma espécie que apresenta formação hierárquica social (presença de peixes dominantes e submissos) logo após as primeiras semanas de vida (Huntingford, 1986), o que ocasiona comportamento agonístico frente a co-específicos, impactando não somente no bem estar quanto na produção (Moyle e Cech-Junior, 1988). A espécie também pode ser classificada como proativa ou reativa (Mesquita et al., 2016). Contudo, até o momento, não há informações relacionadas à fisiologia e desempenho zootécnico desses animais quando classificados por personalidade.

## 2.2. O *coping style*

A habilidade de lidar com o estresse é denominada “*coping style*” e pode ser definida como um conjunto de respostas comportamentais e fisiológicas que são consistentes com o tempo e características de um determinado grupo de indivíduos, existindo dois padrões de respostas tanto comportamental quanto neuro-endócrina: o estilo proativo e o reativo (Frost et al., 2007).

Peixes têm sido utilizados como modelo em estudos de traços de personalidade, uma vez que são relativamente fáceis de criar e manter em laboratório, além de poderem ser coletados de diferentes habitats (Budaev e Brown, 2011). Quando confrontados com mudanças ambientais, indivíduos da mesma espécie mostram respostas consistentes diante de situações de estresse e perigo (Overli et al., 2007; Coppens et al., 2010). Esse fenômeno se refere ao “*coping style*” (Koolhaas et al., 1999), personalidade animal (Bell, 2007) ou temperamento (Reale et al., 2007).

Várias metodologias, utilizadas para classificação do “*coping style*” em peixes, foram adaptadas daquelas utilizadas em fazendas de produção de suínos como por exemplo o teste de retenção. Esse teste, em peixes, consiste em segurar os animais por um certo período de tempo em uma rede (tempo varia de acordo com a espécie) (Silva et al., 2010; Castanheira et al., 2013a, b), onde são medidos comportamentos como latência para escapar, número de tentativas de escape e tempo total de tentativas de escape. Indivíduos proativos tendem a exibir tentativas de escape mais longas comparados a coespecificos reativos (Silva et al., 2010; Martins et al., 2011). Outros testes usados em fazendas foram

adaptados e aplicados a peixes, como teste de novo objeto (Basic et al., 2012), teste de exploração (Chapman et al., 2010; Killen et al., 2011), teste de residente-intruso (Brelvi et al., 2005) e novo ambiente (Mesquita et al., 2016; Torres et al., 2017).

A resposta fisiológica em indivíduos proativos é dominada pela resposta do sistema nervoso simpático e a liberação de catecolaminas (Koolhaas, 2008). O animal proativo apresenta luta e fuga como estratégia comportamental, são animais agressivos, exploram o ambiente de forma rápida e superficial, sendo caracterizados por alto consumo de energia (Mesquita et al., 2016). Os indivíduos dessa classificação também apresentam alta eficiência alimentar (van de Nieuwegiessen et al., 2008) e alta motivação para se alimentar após manejo para um novo ambiente (Overli et al., 2007), além de serem menos sensíveis a estressores ambientais (Hoglund et al., 2008). A personalidade proativa pode permitir ao indivíduo ser mais disposto a explorar seu ambiente e ser mais propenso a concluir com êxito uma tarefa espacial (Wood et al., 2011). Alto nível de ameaça pode encorajar um animal proativo a forragear, enquanto que, a estratégia de animais reativos pode ser de redução da atividade natatória e exploração (Brydges et al., 2008; Archard e Braithwaite, 2011).

Em contrapartida, o animal reativo não é agressivo, além de apresentar o comportamento de ficar estático ou se esconder como estratégia comportamental (Mesquita et al., 2016). A exploração do ambiente se dá de forma cuidadosa e metódica, tendendo a conservar energia (Mesquita, 2011) e demonstram menor eficiência ao se alimentarem (van de Nieuwegiessen et al., 2008). Em indivíduos reativos a resposta fisiológica ao estresse é dominada pelo eixo hipotalâmico-pituitário-adrenal/hipotalâmico-pituitário-interrenal onde ocorre

lançamento de glucocorticóides e dessa forma indivíduos reativos apresentam maiores níveis de cortisol basal (Andersson et al., 2011).

### **2.3. Ação da personalidade sobre o desempenho zootécnico**

Segundo Wendeelar-Bonga (1997), o estado de estresse é aquele no qual a homeostase ou equilíbrio dinâmico do organismo é ameaçado devido a ação de estressores que, por sua vez, também provocam um conjunto de respostas comportamentais e fisiológicas como ação compensatória e/ou adaptativa, habilitando o animal para superar as ameaças.

O aspecto central da adaptação ao estresse é a realocação de energia, ou seja, o animal canaliza esta para atividades de restauração da homeostase como respiração, locomoção, balanço hidromineral e reparação de tecidos, deixando em segundo plano atividades de alta demanda energética como por exemplo o crescimento (Torres et al., 2017). Tal dinâmica pode reduzir consideravelmente, a capacidade de desempenho do peixe tanto durante a fase de re-estabelecimento frente a um estresse agudo quanto no estresse crônico (Schreck, 1981; Schreck, 1990; Mommsen et al., 1999).

Essa exposição ao estresse pode se dar até mesmo pela presença das duas personalidades (proativa e reativa) no mesmo ambiente. Nesse caso, ocorre o estresse social, uma vez que indivíduos proativos tem como característica maior grau de agressividade e maior ranking social sobre os reativos (Castanheira et al., 2013). Como consequência ao estresse social, os níveis de cortisol plasmático tendem a aumentar, elevando a glicose e aminoácidos no

sangue dos peixes fazendo com que o centro da fome não seja ativado (Andersen et al., 1991). Portanto, se há alguma fonte estressora, seja ela ambiental ou social, o nível de estresse será maior nos animais reativos devido ao modo como essa personalidade lida fisiologicamente com situações estressantes (Andersson et al., 2011), conseqüentemente podendo resultar em prejuízos no desempenho zootécnico (Basic et al., 2012).

Devido às suas características, animais reativos tendem a ganhar menos peso em relação à proativos quando criados em um mesmo ambiente (Heg et al., 2011, em *N. pulcher* ; Basic et al., 2012, em *O. mykiss*). Além disso, o estresse social pode contribuir para a diminuição da ingestão de alimento (Corrêa et al., 2003) suprimindo o crescimento dos peixes (Pickering, 1993). Porém, animais reativos quando criados em ambiente separado dos proativos podem apresentar mesmo potencial. Torres et al. (2017) ao trabalharem com larvas de *Lophiosilurus alexandri*, observaram que animais reativos e proativos tem o mesmo potencial de crescimento quando criados em ambientes seprados. No entanto, quando ambas personalidades são criadas em mesmo ambiente, ocorre variação no tamanho dos animais e maior incidência de canibalismo.

Ademais, o cultivo conjunto de animais de ambas personalidades pode gerar maior disputa pelo alimento, uma vez que indivíduos proativos são mais agressivos e competitivos do que os reativos (Brydges et al., 2008; Archard e Braithwaite, 2011). A disputa pelo alimento pode ocasionar maior gasto energético para ambas personalidades sendo que animais proativos têm maior taxa metabólica (Jolles et al., 2016). Sendo assim, a competição pode potencializar o gasto energetico e, conseqüentemente, isso irá se refletir no

ganho de peso. Já, indivíduos reativos sob mesmas condições podem suprimir a alimentação devido ao estresse social (Pickering, 1993).

#### **2.4. Parâmetros reprodutivos**

No âmbito da reprodução, no geral, tem-se a idéia de que o sucesso reprodutivo está relacionado apenas a idade dos reprodutores, tamanho do corpo (Bernardo, 1996 a, b) estado de saúde, qualidade de água, estresse, alimentação (Kowalski e Cejko, 2019), entre outros.

No entanto, estudos mostraram que existem outros fatores como a personalidade que é capaz de influenciar esse sucesso, como visto por Ariyomo e Watt (2012). Esses autores, concluíram que machos de *Danio rerio*, classificados como proativos são capazes de fertilizar maior quantidade de ovos do que os machos reativos. Ainda, o cruzamento de casais de *Poecilia reticulata* da mesma personalidade (proativo com proativo e reativo com reativo) garante maior número de fêmeas com prole, se comparado com casais de personalidade diferente (Ariyomo e Watt, 2013). Resultados semelhantes aos de Ariyomo e Watt (2013) foram relatados por Both et al. (2005) em *Parus major*, e Sinn et al. (2006) em *Euprymna tasmanica*, o que sugere que animais podem evitar o acasalamento com coespecíficos de personalidade diferente. Van Oers et al. (2005) também mostraram que a classificação por personalidade pode ser benéfica na reprodução, uma vez que o comportamento semelhante pode reduzir o número de conflitos entre os parceiros. Wilson et al. (2009) concluíram que existe uma correlação negativa do “*boldness*” e o tamanho do corpo das fêmeas de *Gambusia holbrooki*. Segundo os autores, animais classificados como



proativos apresentaram menor tamanho de corpo enquanto, aqueles classificados como reativos tem maior tamanho, com implicações direta na fecundidade relativa, sendo esta maior em fêmeas reativas. Os resultados demonstraram a importância da classificação de personalidade para melhorar a eficiência reprodutiva.

Quando se trata de estudos relacionados à influência da personalidade sobre a qualidade de sêmen, a literatura ainda é limitada. Schreck (2010) afirmou que situações que geram estresse estão diretamente relacionadas a diminuição da motilidade espermática. No entanto, Ibarra-Zatarain et al. (2016) não encontraram influência da personalidade sobre a qualidade de gametas em *Solea senegalensis*. Castanheira et al. (2016) também não observaram diferença entre a motilidade espermática de *Sparus aurata* classificados por personalidade. Na aquacultura, a relação entre estresse e reprodução é bem conhecida (Cosson et al., 2008; Schreck, 2010), sendo que um estilo de vida estressante pode gerar efeitos negativos na qualidade do sêmen e, conseqüentemente, no processo reprodutivo (Schreck, 2010). No entanto, pouca atenção é dada na possibilidade de correlação entre o “*coping style*” e o desempenho reprodutivo e/ou qualidade dos gametas.

## **2.5. Parâmetros sanguíneos**

O estudo da composição e da função dos componentes do sangue de peixes teleósteos é de fundamental importância na avaliação das condições fisiológicas, bioquímicas e patológicas dos peixes (Tavares-Dias, 2003) e podem ser uma importante ferramenta para se entender melhor os aspectos de desempenho e sucesso reprodutivo em peixes classificados em proativos e reativos.

Alguns comportamentos como supressão do crescimento (Pickering, 1993), redução da ingestão de alimento após estresse (Corrêa et al., 2003), resistência à doenças, crescimento heterogêneo de plantel (Heg et al., 2011; Basic et al., 2012; Mittelbach et al., 2014), sucesso reprodutivo (Ariyomo e Watt 2012), entre outros, podem ser explicados pela diferença do perfil hematológico de animais reativos e proativos. A maioria dos estudos de personalidade em peixes avalia apenas o perfil comportamental externo do animal, negligenciando características importantes como as variáveis bioquímicas sanguíneas e o perfil hematológico.

Dentre os indicadores de estresse animal, o cortisol plasmático é o mais utilizado em peixes (Wendelaar Bonga, 1997). O cortisol atua em duas vias, sendo mineralocorticóides e glicocorticóides. Na primeira, o cortisol atua na regulação iônica e osmótica enquanto que, na segunda, ele estimula a glicogenólise (quebra de glicogênio no fígado promovendo o aumento na concentração de glicose no plasma) e a gliconeogênese hepática atuando na conversão de precursores como glicerol, lactato e piruvato em glicose, o que também promove aumento na sua concentração no plasma (Pickering, 1981; Wendelaar Bonga, 1997). Devido a isso, a glicose também tem sido empregada

como indicador de estresse uma vez que os níveis basais em peixes podem ser facilmente detectados (Silva et al., 2009).

Dados hematológicos também têm sido usados para determinar o estado de saúde de peixes e perfil hematológico de várias espécies (Heg et al., 2011; Mittlebach et al., 2014), servindo assim, como importante ferramenta para um diagnóstico ou sinalização precoce de enfermidades (Aldrin et al., 1982). Porém, apesar da abundância de pesquisas, os valores hematológicos encontrados na literatura para tilápia, são muito variados como consequência da ação de fatores ambientais e manejo (Barton, 2002; Sweilum, 2006).

A liberação de hormônios glicocorticóides, seja endógeno ou exógeno, causa influência quantitativa sobre os leucócitos. Assim, a diminuição da atividade fagocitária e migração de leucócitos para região inflamada pode ocorrer devido a ação modeladora do cortisol (Rijnberk e Mol, 1997).

Os leucócitos representam importante papel na imunidade não específica e seus valores podem ser considerados como indicadores do estado de saúde dos peixes (Rijnberk e Mol, 1997), juntamente com hematócrito, contagem de eritrócitos e taxa de hemoglobina (Montero et al., 1999; Wojtaszek et al., 2002; Morales et al. 2005).

Sendo assim, com base nas características fisiológicas de cada personalidade (Basic et al., 2012; Mittelbach et al., 2014) é interessante que um perfil hematológico mais completo seja traçado.

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo geral**

Avaliar a influência da personalidade de *O. niloticus* no desempenho zootécnico e fisiologia de machos revertidos, bem como sucesso reprodutivo de reprodutores e qualidade da progênie.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Avaliar a influência da personalidade sobre os parâmetros hematológicos e bioquímicos de animais proativos e reativos de *O. niloticus*, logo após o teste de classificação de novo ambiente;
- Avaliar o desempenho zootécnico de machos de *O. niloticus* classificados por personalidade, criados juntos (proativos+reativos) e separados;
- Avaliar a influência da personalidade sobre os parâmetros hematológicos e bioquímicos de machos proativos e reativos de *O. niloticus*, após o experimento de desempenho zootécnico;
- Avaliar potencial reprodutivo (número de desovas, fecundidade total e relativa, ovos inviáveis, ovos viáveis, peso de ovo, volume de saco vitelínico) de cruzamento de animais de mesma personalidade e personalidades diferentes ;
- Avaliar a qualidade do sêmen de machos classificados por personalidade;
- Avaliar a resistência ao estresse da progênie de reprodutores classificados por personalidade.

#### 4. Referências bibliográficas

- Aldrin, J. F., Messenger, J. L., Baudin Laurencin, F., 1982. La biochimie clinique en aquaculture. Interet et perspective. CNEXO Actes Colloq. 14, 219-326.
- Amann, R., Katz, D. F., 2004. Reflections on CASA after 25 years. J. Androl. 25, 317-325.
- Andersen, D. E., Reid, S. D., Moon, T. W., Perry, S. F., 1991. Metabolic effects associated with chronically elevated cortisol in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48, 1811-1817.
- Andersson, M.A., Silva, P.I.M., Steffensen, J.F., Hoglund, E., 2011. Effects of maternal stress style on offspring characteristics in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Horm. Behav. 60, 699-705.
- Archard, G. A., Braithwaite, V. A., 2011. Variation in aggressive behavior in the poeciliid fish *Brachyrhaphis episcopi*: population and sex differences. Behav. Process. 86, 52-57.
- Ariyomo, T. O., Watt, P. J., 2012. The effect of variation in boldness and aggressiveness on the reproductive success of zebrafish. Anim. Behav. 83, 41-46.
- Ariyomo, T. O., Carter, M., Watt, P. J., 2013. Heritability of boldness and aggressiveness in the zebrafish. Behav. Genet. 43, 161-167.

- Barton, B. A., 2002. Stress in Fishes: A Diversity of Responses with Particular Reference to Changes in Circulating Corticosteroids. *Integr. Comp. Biol.* 42, 517–525.
- Basic, D., Winberg, S., Schjolden, J., Krogdahl, A., Höglund, E., 2012. Context-dependent responses to novelty in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), selected for high and low post-stress cortisol responsiveness. *Physiol. Behav.* 105, 1175-1181.
- Bell, A.M., 2007. Evolutionary biology: Animal personalities. *Nature.* 447, 539-540.
- Bernardo, J., 1996a. Maternal effects in animal ecology. *Am. Zool.* 36, 83-105.
- Bernardo, J. 1996b. The particular maternal effect of propagule size, especially egg size: patterns, models, quality of evidence and interpretations. *Am. Zool.* 36, 216-236.
- Boscolo, W. R., Hayashi, C., Meurer, F., 2002. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *R. Bras. Zootec.* 31, 539-545.
- Both, C., Dingemanse, N. J., Drent, P.J., Tinbergen, J. M., 2005. Pairs of extreme personalities have highest reproductive success. *J. Anim. Ecol.* 74, 667-674.
- Brelvi, D., Petersson, E., Winberg, S., 2005. Divergent stress coping styles in juvenile brown trout (*Salmo trutta*). *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 1040, 239-245.

- Brydges, N. M., Colegrave, N., Heathcole, R. J. P., Braithwaite, V. A., 2008. Habitat stability and predation pressure affect temperament behaviours in populations of three-spined sticklebacks. *J. Anim. Ecol.* 77, 229-235.
- Budaev, S., Brown, C., 2011. Fish cognition and behavior. Chapter: Personality and Behaviour. 35- 65.
- Castanheira, M. F., Herrera, M., Costas, B., Conceição, L. E. C., Martins, C. I. M., 2013a. Linking cortisol responsiveness and aggressive behaviour in gilthead seabream *Sparus aurata*: indication of divergent coping styles. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 143, 75-81.
- Castanheira, M. F., Herrera, M., Costas, B., Conceição, L. E. C., Martins, C. I. M., 2013b. Can we predict personality in fish – searching for consistency over time and across contexts. *PLoS ONE* 8:e62037.
- Castanheira, M. F., Martínez Páramo, S., Figueiredo, F.; Cerqueira, M., Millot, S., Oliveira, C. V., Martins, C. I. M., Conceição, L. E. C., 2016. Are coping styles consistent in the teleost fish *Sparus aurata* through sexual maturation and sex reversal? *Fish Physiol. Biochem.* 42, 1441-1452.
- Chapman, B. B., Morrel, L. J., Krause, J., 2010. Unpredictability in food supply during early life influences boldness in fish. *Behav. Ecol.* 21, 501–506.
- Coppens, C. M., Boer, S. F., Koolhaas, J. M., 2010. Coping styles and behavioural flexibility: Towards underlying mechanisms. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 365, 4021-4028.

- Corrêa, S. A., Fernandes, M. O., Iseki, K. K., Negrão, J. A., 2003. Effect of the establishment of dominance relationships on cortisol and other metabolic parameters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Braz. J. Med. Biol. Res.* 36, 1725-1731.
- Cosson, J., Groison, A.-L., Suquet, M., Fauvel, C., Dreanno, C., Billard, R., 2008. Marine fish spermatozoa: racing ephemeral swimmers. 136, 277-294.
- de Graaf, G. j., Galemoni, F., Huisman, E. A., 1999. The reproductive biology of reared Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquac. Res.* 30, 25-33.
- FAO (Fisheries and aquaculture department). <http://www.fao.org/fishery/species/3217/en> (acessado em 24.02.2021).
- Frost, A.J., Winrow-Giffen, A., Ashley, P.J., Sneddon, L.U., 2007. Plasticity in animal personality traits: does prior experience alter the degree of boldness? *Proc Bio. Sci.* 274, 333-339.
- Galli, L. F., Torloni, C. E. C., 1992. Criação de peixes. 3. ed. São Paulo: Nobel.
- Heg, D., Schurch, R., Rothenberger, S., 2011. Behavioral type and growth rate in a cichlid fish. *Behav. Ecol.* 22, 1227-1233.
- Hoglund, E., Gjøen, H.M., Pottinger, T.G., Overli, O., 2008. Parental stress-coping styles affect the behaviour of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* at early developmental stages. *J. Fish Biol.* 73, 1764-1769.



- Hulata, G., Wohlfarth, G.W., Karplus, I., Schroeder, G.L., Harpaz, S., Halevy, A., Rothbard, S., Cohen, S., Israel, I., Kavessa, M., 1993. Evaluation of *Oreochromis niloticus* × *O. aureus* hybrid progeny of different geographical isolates, reared under varying management regimes. *Aquaculture*, v.115, p.253-271, 1993.
- Huntingford, F. A., 1986. Development of behaviour in fishes. In: *The Behaviour of Teleost Fishes* (Ed. by T. J. Pitcher), 47-68.
- Ibarra-Zatarain, Z., Fatsini, E., Rey, S., Chereguini, O., Martin, I., Rasines, I., Alcaraz, C., Duncan, N., 2016. Characterization of stress coping style in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles and breeders for aquaculture. *R. Soc. Open Sci.* 3, 160495.
- Johnson, J., Sih, A., 2005. Pre-copulatory sexual cannibalism in fishing spiders (*Dolomedes triton*): A role for behavioral syndromes. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 58, 390–396.
- Jolles, J. W., Taylor, B. A., Manica, A., 2016. Recent social conditions affect boldness repeatability in individual sticklebacks. *Anim. Behav.* 112, 139-145.
- Killen, S. S., Marras, S., Mckenzie, D. J., 2011. Fuel, fasting, fear: routine metabolic rate and feed deprivation exert synergistic effects on risk-taking in individual juvenile European sea bass. *J. Anim. Ecol.* 80, 1024-1033.
- Koolhaas, J., Korte, S., De Boer, S., Van Der Vegt, B., Van Reenen, C., Hopster, H., Blokhuis, H., 1999. Coping styles in animals: current status in behavior and stress-physiology. *Neurosci. Biobehav. R.* 23, 925–935.

- Koolhaas, J.M., 2008. Coping style and immunity in animals: making sense of individual variation. *Brain Behav. Immun.* 22, 662-667.
- Kowalski, R. K., Cejko, B. I., 2019. Sperm quality in fish: Determinants and affecting factors. *Theriogenology.* 135, 94-108.
- Lund, V.X., Figueira, M. L. O., 1989. Criação de Tilápias. São Paulo, Nobel. 63.
- Martins, C.I.M., Silva, P.I.M., Conceição, L.E.C., Costas, B., Hoglund, E., Overli, O., Schrama, J. W., 2011. Linking fearfulness and coping styles in fish. *PLoS ONE* 6: e28084.
- Mas-Muñoz, J., Komen, H., Schneider, O., Visch, S. W., Schrama, J. W., 2011. Feeding Behaviour, Swimming Activity and Boldness Explain Variation in Feed Intake and Growth of Sole (*Solea solea*) Reared in Captivity. *PLoS ONE.* 6, 1-9, e21393.
- Mcphee, M.V., Quinn, T.P., 1998. Factors affecting the duration of nest defense and reproductive lifespan of female sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. *Environ. Biol. Fishes.* 51, 369-375.
- Mesquita, F.O., 2011. Coping styles and learning in fish: developing behavioural tools for welfare-friendly aquaculture. PhD thesis. College of medical, veterinary and life sciences, University of Glasgow.
- Mesquita, F. O., Torres, I. F. A., Luz, R. K., 2016. Behaviour of proactive and reactive tilapia *Oreochromis niloticus* in a T-maze. *Applied Anim. Behav.* 181, 200-204.

- Mittlebach, G.G., Ballew, N.G., Kjelvik, M.K., 2014. Fish behavioral types and their ecological consequences. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 71, 1-18.
- Mommsen, T. P., Vijayan, M. M., Moon, T. W., 1999. Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. *Rev. Fish Biol. Fisheries.* 9, 211-268.
- Montero, D., Iyquierdo M. S., Tort, L., Robaina, L., Vergara, J. M., 1999. High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles. *Fish Physiol. Biochem.* 20, 53 – 60.
- Morales, A.E., Cardenete, G., Abellán, E., García-Rejón, L., 2005. Stress-related physiological responses to handling in common dentex (*Dentex dentex* Linnaeus, 1758). *Aquac. Res.* 36, 33-40.
- Moyle, P.B., Cech-Junior, J.J., 1988. *Fishes: an introduction to ichthyology*. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Overli, O., Sorensen, C., Pulman, K.G., Pottinger, T. G., Korzan, W., Summers, C. H., Nilsson, G. E., 2007. Evolutionary background for stress-coping styles: Relationships between physiological, behavioral, and cognitive traits in non-mammalian vertebrates. *Neurosci. Behav. Rev.* 31, 396-412.
- Pickering, A. D., Christie, P., 1981. Changes in the concentrations of plasma cortisol and thyroxine during sexual maturation of the hatchery-reared brown trout, *Salmo trutta* L. *Gen. Comp. Endocrinol.* 44, 487–496.

- Pickering, A. D., 1993. Growth and stress in fish production. *Genetics in Aquaculture*, 51–63.
- Reale, D., Reader, S. M., Sol, D., McDougall, P. T., Dingemanse, N. J., 2007. Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biol. Rev.* 82, 291-318.
- Rijnberk, A., Mol, J. A., 1997. Adrenocortical function, 533-568. In: Kaneko J. J., Harvey J.W., Bruss M. L. (Eds), *Clinical Biochemistry of Domestic Animal*. 5<sup>th</sup> ed. Academic Press, New York.
- Schreck, C. B., 1981. Stress and compensation in teleostean fishes: response to social and physical factors. In: Pickering AD. (Ed.). *Stress and fish*. London: Academic. 295-321.
- Schreck, C. B., 1990. Physiological, behavioural, and performance indicators of stress. *Am. Fish Soc. Symp.* 8, 29-37.
- Schreck, C.B., Contreras-Sanchez, W., Fitzpatrick, M.S., 2001. Effects of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny. *Aquaculture*, 197, 3-24.
- Schreck, C.B., 2010. Stress and fish reproduction: the role of allostasis and hormesis. *Gen. Comp. Endocrinol.* 165, 549-556
- Sinn, D.L., Apiolaza, L., Moltschaniwskyj, N., 2006. Heritability and fitness-related consequences of squid personality traits. *J. Evol. Biol.* 19, 1437-1447.
- Silva, R. D., Rocha L. O., Fortes, B. D. A., Rodrigues, C. P. F., Lobo, J. R., Faleiro, M. B. R., De Paula, F. G., Vieira, D., 2009. Determinação de glicose plasmática em exemplares adultos de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) por

glicosímetro digital portátil e por método enzimático. Anais 6º Congresso de Ensino Pesquisa e Extensão. Goiânia, 5914-5919.

Silva, P. I. M., Martins, C. I. M., Engrola, S., Marino, G., Overli, O., Conceição, L. E. C., 2010. Individual differences in cortisol levels and behaviour of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles: evidence for coping styles. Appl. Anim. Behav. Sci. 124, 75-81.

Storer, T.I., Usinger, R.L., 1991. Zoologia Geral. São Paulo, Nacional. 816.

Sweilum, M. A., 2006. Effect of sublethal toxicity of some pesticides on growth parameters, hematological properties and total production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) and water quality of ponds. Aquac. Res. 37, 1079–1089.

Tavares-Dias, M., 2003. Variáveis hematológicas de teleósteos brasileiros de importância zootécnica. Tese (Doutorado em Aqüicultura) - Centro de Aqüicultura, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.

Taylor, T.H., Blasco, L., Orris, J.J., Pfeffer, W.H., Glassner, M.J., Winingar, J.D., 2008. Computer-aided sperm analysis (CASA) parameters and its relationship to conventional in-vitro fertilization rates. Fertil. Steril. 90, S453.

Torres, I. F. A., Júlio, G. S. C., Figueiredo, L.G., Lima, N. L. C., Soares, A. P. N., Luz, R. K., 2017. Larviculture of a carnivorous freshwater catfish, *Lophiosilurus alexandri*, screened by personality type. Behav. Process. 145, 44-47.

- van De Nieuwegiessen, P. G., Schrama, J. W., Verreth, J.A.J., 2008. A note on alarm cues in juvenile African catfish, *Clarias gariepinus* Burchell: indications for opposing behavioural strategies. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 113, 270–275.
- van Oers, K., Klunder, M., Drent, P.J., 2005. Context dependence of personalities: risk-taking behavior in a social and nonsocial situation. *Behav Ecol.* 16, 716-723.
- Wendelaar Bonga, S.E., 1997. The stress response in fish. *Physiol Rev.* 77, 591-625.
- Wilson, D. S., Clark, A. B., Coleman, K., Dearstyne, T., 1994. Shyness and boldness in humans and other animals. *Trends Ecol. Evol.* 9, 442-446.
- Wilson, A.D.M., Godin, J.G.J., Ward, A.J.W., 2009. Boldness and reproductive fitness correlates in the Eastern mosquitofish, *Gambusia holbrooki*. *Ethology.* 116, 96-104.
- Wojtaszek, J., Dziewulska-Szwajkowska, D., Lozinska-Gabska, M., Adamowicz, A., Dzugaj, A., 2002. Hematological Effects of High Dose of Cortisol on the Carp (*Cyprinus carpio* L.): Cortisol Effect on the Carp Blood. *Gen. Comp. Endocrinol.* 125, 176–183.
- Wood, L.S., Desjardins, J.K., Fernald, R.D., 2011. Effects of stress and motivation on performing a spatial task. *Neurobiol. Learn. Mem.* 95, 277-285.



## **5. Artigo 1**

**Crescimento e avaliações fisiológicas de *Oreochromis niloticus* proativas e reativas**



## Resumo

O termo "Coping style" é definido pela habilidade de lidar com o estresse, admitindo duas classificações tanto comportamental quanto fisiológica, são elas: proativa e reativa. O objetivo desse trabalho foi avaliar parâmetros hematológicos e bioquímicos após teste de novo ambiente e desempenho zootécnico de *Oreochromis niloticus* classificadas como proativas e reativas. Para classificação da personalidade foi adotado o método de Novo Ambiente. No Experimento 1 machos de tilápia do Nilo com peso médio de  $128.33 \pm 34.17g$ , foram mantidos em RAS, à 28°C. Imediatamente após a classificação, de 20 animais reativos e 20 proativos foram coletadas amostras de sangue dos animais. No Experimento 2 foram classificados 60 machos proativos e 60 reativos, com peso médio de  $88,23 \pm 21,59g$ , que foram divididos nos seguintes tratamentos TP (40 animais proativos), TR (40 reativos) TM (20 proativos+20 reativos). Os animais foram mantidos em RAS, à 28°C, alimentados 2x/dia, durante 90 dias. Ao final do experimento foi realizada biometria, coleta de tecidos e de sangue. No Experimento 1 verificou-se diferença entre os tratamentos apenas para as variáveis hemoglobina, cortisol e leucócitos, sendo que as duas primeiras apresentaram maior taxa e a última menor quantidade, para animais reativos. No Experimento 2 o ganho de peso foi maior para TR e TP, no entanto a conversão alimentar se mostrou menor para TR. A sobrevivência foi menor para TM. Não foi observada diferença para os índices viscereossomático, hepatossomático, gonadossomático e mesentérico entre os tratamentos. A hemoglobina, hematócrito, proteína plasmática total, glicose e AST foram semelhantes ao experimento 1. O colesterol foi maior para TP. Conclui-se que variáveis como hemoglobina, cortisol, leucócitos e colesterol são mais passíveis

de sofrem alteração entre as personalidades. Conclui-se, portanto, que tilápias reativas criadas em ambiente separado das proativas apresentam maior vantagem de cultivo.

**Key words: Comportamento; *Coping style*; Personalidade; Tilápia**

## 5.1. Introdução

A habilidade de lidar com o estresse é denominada “*coping style*” e pode ser definida como um conjunto de respostas comportamentais e fisiológicas que são consistentes com o tempo e características de um determinado grupo de indivíduos, existindo dois padrões de respostas comportamentais e neuroendócrinas: proativo e o reativo (Frost et al., 2007). Na aquicultura, vários estudos têm apresentado vantagens à produção ao caracterizar as personalidades dos indivíduos, incluindo a Carpa comum (*Cyprinus carpio*) (Huntingford et al. 2010); Salmão do Atlântico (*Salmo salar*) (Kittilsen et al. 2009a, 2012), Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (Mesquita et al., 2017), Pacamã (*Lophiosilurus alexandri*) (Torres et al., 2017), entre outras espécies.

O animal proativo apresenta luta e fuga como estratégia comportamental, são animais agressivos, exploram o ambiente de forma rápida e superficial (Mesquita et al., 2017), sendo caracterizados por alto consumo de energia, alta eficiência e motivação alimentar (Overli et al., 2007; van de Nieuwegiessen et al., 2008; Mas-Muñoz et al., 2011), maior taxa de crescimento (Heg et al., 2011; Basic et al., 2012; Mittelbach et al., 2014), além de serem menos sensíveis a estressores ambientais (Hoglund et al., 2008). Ao contrário, as estratégias de animais reativos geralmente são de redução da atividade natatória e exploração (Brydges et al., 2008; Archard e Braithwaite, 2011). O animal reativo tende a não ser agressivo, além de apresentar como estratégia comportamental o ato de ficar estático ou se esconder frente a uma situação de risco (Mesquita et al., 2017). A exploração do ambiente se dá de forma cuidadosa e meticulosa, e uma tendência a poupar energia (Mesquita, 2011), além de demonstrar menor eficiência ao se alimentar (van de Nieuwegiessen et al. 2008).

Em relação ao bem estar e a fisiologia de cada personalidade, avaliações hematológicas e bioquímicas podem ser ferramentas importantes para explicar diferenças entre animais proativos e reativos. Entre as variáveis bioquímicas, o cortisol é um dos principais hormônios (Wendelaar Bonga,1997) e está relacionado à maneira como o animal lida com o estresse (Andersson et al., 2011), apresentando duas funções: mineralocorticóide, atuando na regulação iônica e osmótica e glicocorticoide, por estimular a glicogenólise e a gliconeogênese hepática e atuar na conversão de precursores, como glicerol, lactato e piruvato em glicose e promover o aumento da concentração de glicose no plasma (Pickering, 1981; Wendelaar Bonga, 1997). Devido a isso, a glicose também tem sido empregada como indicador de estresse, uma vez que os níveis basais em peixes podem ser facilmente detectados (Silva et al., 2009). A atividade de enzimas hepáticas como a alanina-aminotransferase (ALT) e aspartato-aminotransferase (AST) também podem ser utilizadas como biomarcadores de lesão hepática (Kaneko,1997) e como indicativos de resistência ao estresse (Kumar et al., 2011). Em relação às variáveis hematológicas, os leucócitos também são utilizados como indicadores de estresse, já que a liberação de hormônios glicocorticóides, como o cortisol pode levar à diminuição no número de leucócitos circulantes (Rijnberk e Mol, 1997), sendo importantes na imunidade inata ou não específica (Misra et al., 2006), juntamente com outros parâmetros como o hematócrito, a contagem de eritrócitos e a taxa de hemoglobina (Montero et al., 1999; Wojtaszek et al., 2002; Morales et al. 2005).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma espécie de potencial econômico (FAO, 2018) devido a características como rápido crescimento,

aceitação no mercado por ter a carne branca, leve e de sabor suave (Lund e Figueira, 1989) além de alta resistência a doenças e ao superpovoamento (Boscolo et al., 2002). É uma espécie que apresenta formação hierárquica social (presença de peixes dominantes e submissos) logo após as primeiras semanas de vida (Huntingford, 1986), o que ocasiona comportamento agonístico frente a co-específicos, impactando não somente no bem estar quanto na produção (Moyle e Cech-Junior, 1988). A espécie também pode ser classificada como proativa ou reativa (Mesquita et al., 2016). Contudo, até o momento, não há informações relacionadas à fisiologia e desempenho zootécnico desses animais quando classificados por personalidade.

Sendo assim, os objetivos deste estudo foram avaliar os parâmetros hematológicos e bioquímicos após teste de novo ambiente, além de determinar o desempenho zootécnico e a fisiologia de tilápias do Nilo classificadas como proativas ou reativas, criadas em um mesmo ambiente e em ambiente separado.

## **5.2. Material e métodos**

Os estudos foram realizado no Laboratório de Aquacultura da Universidade Federal de Minas Gerais e aprovado pelo Comitê de ética e bem-estar animal (161/2018). Para todos os experimentos foi utilizada dieta comercial (36% de proteína bruta e 4-6 mm de diâmetro).

### 5.2.1. Teste para classificação em proativos e reativos

Para os dois experimentos, a triagem dos animais foi realizado o teste de novo ambiente (Mesquita et al. 2016).

Para a classificação de personalidade, utilizou-se um tanque-teste (80 x 50 x 46 cm), preenchido até a marca de 35 cm, totalizando 140 litros de água (Fig. 1) e dividido em uma zona escura e uma zona clara. Para isso, em uma das extremidades do tanque foi construída uma câmara escura, com medidas 26,5 x 50 x 46 cm, coberta com lona para impedir a entrada de luz. O ambiente iluminado foi separado da câmara escura por uma divisória, na qual foi feito um corte circular na altura de 9,5 cm do fundo do tanque. Um túnel transparente com 6 cm de comprimento e diâmetro de 8,5 cm foi acoplado ao corte circular. A entrada do túnel possuía um tipo de porta para bloquear o acesso dos animais da zona escura para a zona iluminada até o término da aclimatação. Na extremidade iluminada, foi colocada uma lâmpada fluorescente (670 lux) e um aquecedor com termostato, mantendo a temperatura da água em 28°C.

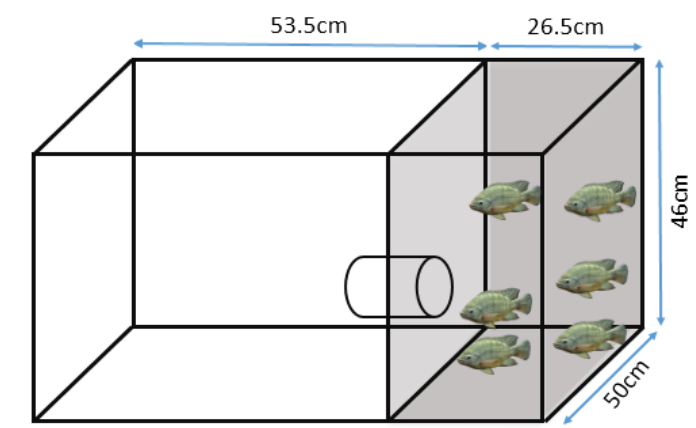


Fig.1. Desenho esquemático do tanque teste para classificação de personalidade (Mesquita et al., 2016)

Para realizar o teste de classificação da personalidade, os animais foram privados de alimento por um período de 72 h anteriormente à triagem, para o esvaziamento do trato gastrointestinal (Mesquita et al., 2016). Para início da triagem seis animais foram colocados na câmara escura (por teste), onde permaneceram sob aclimatação por 15 minutos antes de terem acesso ao ambiente iluminado. A câmara escura foi equipada com aerador de oxigênio e a zona clara (extremidade oposta à câmara escura) equipada com aquecedor para manter a temperatura estável ao longo do teste (28°C, como nas condições anteriores). Passado o tempo de aclimatação, péletes de ração foram colocados na extremidade oposta à câmara escura para promover o estímulo olfatório dos peixes e a porta de acesso entre os ambientes foi aberta, permitindo a passagem dos animais do ambiente escuro para o ambiente claro. Ao final de 30 minutos o acesso foi fechado. Desta forma, os animais que permaneceram na câmara escura foram classificados como reativos e aqueles encontrados em ambiente claro foram classificados como proativos.

#### **5.2.2. Experimento 1 - Hematologia e bioquímica após teste de classificação de personalidade**

Para este experimento, 120 machos de *O. niloticus* foram mantidos em 12 tanques de 175 L de volume útil (10 animais/tanque) providos de aeradores e temperatura mantida a 28°C, em RAS, sendo alimentados duas vezes ao dia com dieta comercial. Cerca de 50% da água de cada tanque era trocada duas vezes na semana. O oxigênio dissolvido foi mensurado usando uma sonda multiparâmetros (EcoSense® DO200A, Yellow Springs Instrument Co. Inc., Yellow Springs, OH, USA) e mantido acima de 5mg/L. Amônia total foi mantida

abaixo de 0,002 ppm, sendo monitorada através de kits colorimétricos (Labcon test) duas vezes na semana. Peixes com  $128.33 \pm 34.17$ g foram utilizados para o teste de classificação, que foi repetido com diferentes animais até que 20 indivíduos de cada personalidade fossem obtidos. Estes foram utilizados imediatamente após o teste de classificação para coleta de sangue. Assim, os animais foram capturados utilizando puçá, colocados sobre uma toalha úmida e macia e o sangue retirado através de punção cardíaca com acesso ventral.

De cada animal foram realizadas duas coletas sanguíneas, sendo que na primeira coletou-se cerca de 300  $\mu$ L de sangue com o anticoagulante heparina sódica (10% do volume coletado). Destas amostras, uma alíquota de 10  $\mu$ L foi utilizada para determinar as concentrações de hemoglobina (Kit Bioclin K023-1). A contagem de eritrócitos e leucócitos foi realizada pela adição de 20  $\mu$ L de sangue a 4 mL de solução salina a 0,9% e preenchendo um lado da câmara de Neubauer coberta com lamínula com a amostra diluída. Para a contagem de eritrócitos, cinco quadrados do retículo central foram contados sob uma lente objetiva de 40x e o resultado multiplicado por 10.000 para obter o número de eritrócitos/ $\mu$ L de sangue. Para a contagem de leucócitos, quatro quadrados laterais foram contados sob uma objetiva de 40x e o resultado multiplicado por 10.000 para obter o número de leucócitos/ $\mu$ L de sangue. Outra parcela da amostra foi utilizada para o hematócrito, realizado a partir de tubos capilares preenchidos com aproximadamente 2/3 de sangue previamente homogeneizados e centrifugados durante 10 minutos a 10.000 rpm. O valor de hematócrito foi então mensurado e, em seguida, foi determinado o valor de proteína plasmática de cada amostra, com auxílio de refratômetro portátil, pela quebra do capilar de microhematócrito logo acima da camada de leucócitos. O



sangue restante foi centrifugado por 5 min, sendo a 1000 rpm por 1 minuto e 3000 rpm por 4 minutos (Mattioli, 2014) para separação do plasma e posterior determinação das concentrações de glicose plasmática (Kit Bioclin K082-2).

O sangue da segunda coleta foi obtido sem anticoagulante, para separação do soro e posterior determinação das enzimas alanina aminotransferase (ALT), aspartato aminotransferase (AST) e do hormônio cortisol, conforme procedimentos validados para peixes (Yu et al., 2010; Barcellos et al., 2010). Para a separação do soro, foi utilizado o mesmo procedimento de centrifugação sanguínea descrito anteriormente. Parte do soro foi armazenado em microtubos e mantidos em geladeira (4°C) para análise das enzimas ALT e AST, realizadas no dia seguinte em aparelho automático (Cobas-Mira Plus) (AST Kit Bioclin K048-6; ALT Kit Bioclin K049-6). O soro restante foi armazenado em ultrafreezer (-80°C) para dosagem de cortisol, realizada por ELISA (Enzyme-linked immunosorbent assay) (Kit DRG Cortisol ELISA RUO EIA1887R).

### 5.2.3. Experimento 2 - Desempenho zootécnico de tilápias proativas e reativas

Para este experimento, machos de *O. niloticus* foram mantidos em tanques de 1000L (800 L de volume útil), em RAS e temperatura controlada à 28°C, sendo alimentados duas vezes ao dia com dieta comercial. Cerca de 75% da água de cada tanque era trocada semanalmente. O oxigênio dissolvido foi mensurado como descrito e mantido acima de 5mg/L. Amônia total foi mantida abaixo de 0,002 ppm, sendo monitorada duas vezes na semana.

Para o experimento de desempenho, machos com  $88,23 \pm 21,59\text{g}$  foram utilizados para o teste de classificação de personalidade que foi repetido até obter-se 60 animais proativos e 60 reativos. Após classificação, os mesmos foram microchipados (microchip Partners) para acompanhamento do desempenho individual. O microchip foi implantado intramuscularmente, na região dorsal do animal (próximo à nadadeira dorsal) com ajuda de uma seringa própria para aplicação. Para isso os animais foram sensibilizados com solução de 80 mg/L de eugenol como sugerido por Ribeiro et al. (2015).

Após serem microchipados, os animais foram divididos e alojados em 12 tanques de 175L de volume útil ligado a um RAS com filtros mecânicos e biológicos, onde durante o experimento, cerca de 25% da água de cada tanque foi sifonada a cada dois dias, para retirada do excesso de excretas e o volume completado posteriormente. O oxigênio foi mantido acima de 5mg/L, a temperatura foi aferida todos os dias pela manhã e mantida em  $28.1 \pm 0.67^\circ\text{C}$  e amônia total mantida abaixo de 0,002 ppm, sendo monitorada duas vezes na semana.

Foram testados três tratamentos, sendo eles: Tratamento Reativo (TR): apenas animais reativos; Tratamento Proativo (TP): apenas animais proativos; Tratamento Misto (TM): animais reativos+proativos. Cada tratamento foi composto por quatro repetições e cada tanque recebeu 10 animais de acordo com cada tratamento. Nos tanques de tratamento misto foram alocados 5 animais de cada personalidade (5 reativos + 5 proativos).

Os animais foram alimentados diariamente com 5% do peso vivo que foi dividido em duas refeições (9h00min – 15h00min) com dieta comercial. As

sobras eram coletadas 30 minutos após a oferta para posterior estimativa do consumo.

A cada 15 dias foi realizada biometria total de cada tanque e reajustada a alimentação mantendo a 5% do peso vivo. Para tal, os animais foram anestesiados com 80 mg/L de eugenol, realizada leitura do microchip e posteriormente mensurados o peso e comprimento total com auxílio de uma régua (30cm).

Ao final do experimento (90 dias), foi avaliada a sobrevivência ( $S\% = n^{\circ}$  de peixes biometria inicial/ $n^{\circ}$  de peixes biometria final x 100), ganho de peso (GP= peso final – peso inicial) e conversão alimentar (CA= consumo de ração aparente (g)/ ganho da biomassa(g)).

Após 90 dias, 24 animais de cada tratamento foram utilizados para coleta de sangue, realizada de acordo como descrito no experimento de hematologia e bioquímica. No tratamento misto foi possível a coleta de sangue de apenas 8 animais reativos e 12 proativos. Similar às variáveis determinadas no experimento 1, foram realizadas também análises das concentrações de triglicerídeos (n.º de referência: K117) e colesterol (n.º de referência: K083-3) ambos pelo método enzimático de Trinder, por meio de kits comerciais (Bioclin - [www.bioclin.com](http://www.bioclin.com) QUIBASA química básica Ltda) e leitura realizada por espectrofotômetro (Biocrom Libra S22 – [analiticaweb.com.br](http://analiticaweb.com.br)).

#### **5.2.4. Índices**

Após a coleta de sangue, os animais foram eutanasiados, utilizando solução de eugenol 286mg/L (Vidal et al., 2008). Foi realizada coleta de gordura visceral, fígado, vísceras e gônadas. Os tecidos foram pesados para cálculo do índice de gordura mesentérica -VSFI (%) = (tecido adiposo/ peso do corpo) x 100, índice hepatossomático - HSI (%) = (peso do fígado/ peso do corpo) x 100, índice viscerossomático - VSI (%) = (peso das vísceras/peso do corpo) e índice gonadossomático - GSI (%) = (peso das gonadas/peso do corpo).

#### **5.2.5. Estatística**

Todos os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk ( $p > 0.05$ ) e ao teste de homogeneidade das variâncias de Levene ( $p > 0.05$ ). Para os experimentos os dados foram analisados pela ANOVA one-way e posterior teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Dados interpretados como não normais foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis. Os resultados são apresentados nas tabelas, como médias  $\pm$  desvio padrão (ANOVA) e medianas (teste de Kruskal-Wallis). Todos os dados foram analisados no programa estatístico Minitab 17.

### **5.3. Resultados**

#### **5.3.1. Experimento 1 - Hematologia e bioquímica após teste de classificação em proativas e reativas**

As únicas variáveis que mostraram diferenças significativas entre as personalidades foram o cortisol ( $p = 0,004$ ) e a hemoglobina ( $p = 0,000$ ), que foram

maiores para os animais reativos e a contagem de leucócitos, que foi maior para os animais proativos ( $p=0,015$ ) (Tabela 1). A proteína plasmática ( $p=0,846$ ), glicose ( $p=0,546$ ), enzimas ALT ( $p=0,808$ ) e AST ( $p=0,926$ ), hematócrito ( $p=0,527$ ) e a contagem de eritrócitos ( $p=0,218$ ) não apresentaram diferenças entre as personalidades após o teste.

Tabela 1. Variáveis hematológicas e bioquímicas e (média  $\pm$  desvio padrão) em *Oreochromis niloticus* após teste de classificação por personalidade (n=20).

Variáveis	Personalidade		
	Proativa	Reativa	P - value
<b>Hematológicas</b>			
Hemoglobina (g/dL)	3,36 $\pm$ 1,27 B	5,23 $\pm$ 1,80 A	0,000
Hematócrito (%)	18,75 $\pm$ 4,79 A	19,57 $\pm$ 3,35 A	0,527
Contagem de leucócitos ( $10^4/\mu\text{L}$ )	1164,80 $\pm$ 431,00 A	865,90 $\pm$ 317,40 B	0,015
Contagem eritrócitos ( $10^4/\mu\text{L}$ )	93,70 $\pm$ 40,39 A	80,29 $\pm$ 27,28 A	0,218
<b>Bioquímicas</b>			
Cortisol (ng/ml)	94,70 $\pm$ 52,70 B	159,50 $\pm$ 32,00 A	0,004
Proteína plasmática (g/dL)	4,64 $\pm$ 0,63 A	4,68 $\pm$ 0,69 A	0,846
Glicose (mg/dL)	47,45 $\pm$ 17,02 A	51,28 $\pm$ 14,17 A	0,546
ALT (U/L)	20,54 $\pm$ 8,20 A	21,50 $\pm$ 5,65 A	0,808
AST (U/L)	130,10 $\pm$ 52,90 A	126,30 $\pm$ 84,10 A	0,926

Médias seguidas da mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0.05$ ). ALT (Alanina aminotransferase). AST (Aspartato aminotransferase)

### 5.3.2. Experimento 2 - Desempenho zootécnico de tilápias proativas e reativas

O GP foi maior para TR e TP e menor para TM ( $p=0.001$ ) (Tabela 2). A conversão alimentar apresentou maiores valores para TP e TM, e menor valor para TR ( $p=0.000$ ). Já o consumo total de alimento foi maior em TP e menor em TR e TM ( $p= 0,021$ ). Foi observada menor sobrevivência para TM, enquanto não houve diferença significativa entre TR e TP ( $p=0.010$ ).

Foram observados também maiores GP e S entre os indivíduos classificados como proativos no TM ( $p=0.034$  e  $0.001$ , respectivamente) (Tabela 2).

Tabela 2. Desempenho zootécnico de *Oreochromis niloticus*, após teste de classificação por personalidade, e cultivadas em ambiente misto ou separado.

<b>Tratamento</b>				
<b>Variáveis</b>	<b>TR</b>	<b>TP</b>	<b>TM</b>	<b>P - valor</b>
<b>GP (g)</b>	120.81±28.31 A	128.12±49.04 A	93.21±36.87B	0.001
<b>CA</b>	1.40±0.14 A	2.05±0.16 B	2.35±0.17 B	0.000
<b>CT (g)</b>	1,502±250 A	2,419±563 B	1,549±375 A	0.021
<b>S (%)</b>	92.50±9.57 A	90.00±8.16 A	70.00±8.16 B	0.010
<b>TM</b>				
	<b>Reativo</b>	<b>Proativo</b>	<b>P - valor</b>	
<b>GP</b>	78.14±23.26 B	106.40±42.00 A	0.034	
<b>S (%)</b>	45.00±10.00 B	90.00±11.55 A	0.001	

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey (P < 0.05). TR (tratamento reativo); TP (tratamento proativo); TM (tratamento misto). GP: ganho médio de peso (g); CA: conversão alimentar; CT: consumo total; S (%): porcentagem de sobrevivência.

Para VSFI, HSI, VSI e GSI os resultados foram semelhantes entre os tratamentos e para animais proativos e reativos dentro de TM (P >0.05) (Tabela 3).

Tabela 3. Índices de gordura mesentérica (VSFI), hepatossomático (HSI), viscerossomático (VSI) e gonadossomático (GSI) de *Oreochromis niloticus*, após

teste de classificação por personalidade e cultivadas em ambiente misto ou separado.

Tratamento					
Índices	TR	TP	TM	P - valor	Estatística
<b>VSFI (%)</b>	0,0091 A	0,0102 A	0,0144 A	0,055	Kruskal-Wallis
<b>HSI (%)</b>	0,0144±0,0052 A	0,0139±0,0042 A	0,0142±0,0055 A	0,937	Tukey
<b>VSI (%)</b>	0,0682±0,0129 A	0,0659±0,0133 A	0,0674±0,0222 A	0,933	Tukey
<b>GSI (%)</b>	0,0056 A	0,0076 A	0,0062 A	0,280	Kruskal-Wallis

Índices	TM		P - valor	Estatística
	Proativo	Reativo		
<b>VSFI (%)</b>	0,0174 A	0,0117 A	0,553	Kruskal-Wallis
<b>HSI (%)</b>	0,0139±0,0049 A	0,0145±0,0064 A	0,800	Tukey
<b>VSI (%)</b>	0,0626±0,0203 A	0,0732±0,0240 A	0,274	Tukey
<b>GSI (%)</b>	0,0065 A	0,0059 A	0,895	Kruskal-Wallis

Médias/Mediana seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ) / Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ), respectivamente. TR (tratamento reativo); TP (tratamento proativo); TM (tratamento misto).

Com relação às variáveis hematológicas foi observado maior valor para hemoglobina para TR, menor para TP e valor intermediário para TM ( $p = 0.005$ ) (Tabela 4). O hematócrito e a proteína plasmática foram maiores para TP, menores para TM e intermediários para TR (0.018 e  $p = 0.025$ , respectivamente). O colesterol foi menor para TR, seguida por TM e a maior para TP ( $p = 0.000$ ). A glicose foi menor no TP, seguida por TR e maior em TM ( $p = 0.044$ ). Triglicerídeos



e AST não apresentaram diferença entre os tratamentos ( $p=0.446$  e  $0.027$ , respectivamente). A maior taxa de ALT se deu para o TM ( $p=0.000$ ).

Dentro do TM só foi verificada diferença para hemoglobina que foi maior em animais reativos ( $0.002$ ) e colesterol com maior valor para animais proativos ( $p=0.009$ ). As demais variáveis dentro do TM não apresentaram diferença entre indivíduos proativos e reativos.

Tabela 4. Variáveis hematológicas e bioquímicas em *Oreochromis niloticus* produzidas em ambiente misto ou separadas por personalidade.

<b>Tratamentos</b>					
<b>Variáveis</b>	<b>TP</b>	<b>TR</b>	<b>TM</b>	<b>P - value</b>	<b>Estatística</b>
<b>Hemoglobina (g/dL)</b>	5,89 B	7,55 A	6,56 AB	0,005	Kruskal-Wallis
<b>Hematócrito (%)</b>	27,5 A	26 AB	22 B	0,018	Kruskal-Wallis
<b>Proteína Plasmática (g/dL)</b>	5,43±0,87 A	5,26±0,62 AB	4,89±0,41 B	0,025	Tukey
<b>Colesterol (mg/dL)</b>	87,82±18,84 A	60,49±20,09 B	73,59±22,79 AB	0,000	Tukey
<b>Glicose (mg/dL)</b>	49,15 B	52,71 AB	66,78 A	0,044	Kruskal-Wallis
<b>Triglicerídeos (mg/dL)</b>	110,10 A	80,81 A	96,46 A	0,446	Kruskal-Wallis
<b>(ALT) (U/L)</b>	25,69 B	23,21 B	54,69 A	0,000	Kruskal-Wallis
<b>(AST) (U/L)</b>	35,47 A	49,6 A	51,25 A	0,207	Kruskal-Wallis
<b>TM</b>					
<b>Variáveis</b>	<b>Proativo</b>	<b>Reativo</b>	<b>P - value</b>	<b>Estatística</b>	
<b>Hemoglobina (g/dL)</b>	5,30 B	8,24 A	0,002	Tukey	
<b>Hematócrito (%)</b>	24,08±6,64 A	19,40±6,69 A	0,116	Tukey	
<b>Proteína Plasmática (g/dL)</b>	5,03±0,41 A	4,72±0,34 A	0,074	Tukey	
<b>Colesterol (mg/dL)</b>	84,57±22,06 A	60,41±16,24 B	0,009	Tukey	
<b>Glicose (mg/dL)</b>	65,59 A	72,88 A	0,227	Kruskal-Wallis	
<b>Triglicerídeos (mg/dL)</b>	93,43 A	107,07 A	0,410	Kruskal-Wallis	
<b>(ALT) (U/L)</b>	47,02 A	61,48 A	0,869	Kruskal-Wallis	
<b>(AST) (U/L)</b>	45,00 A	54,31 A	0,575	Kruskal-Wallis	

Médias/Mediana seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ) / Kruskal-Wallis ( $p < 0.05$ ), respectivamente. TR (tratamento reativo); TP (tratamento proativo); TM (tratamento misto). ALT (Alanina aminotransferase). AST (Aspartato aminotransferase).

#### 5.4. Discussão

O método utilizado para classificação das personalidades não se caracteriza como um agente estressor de alta intensidade ou crônico (Martins et al., 2004; Biswas et al., 2004), já sendo empregado para classificação de *O. niloticus* (Mesquita et al., 2017). Porém, no presente estudo, este método promoveu importantes alterações hematológicas e bioquímicas, com efeitos no desempenho dos animais.

Variações na quantidade, tamanho e volume de eritrócitos, concentração de hemoglobina, hematócrito, entre outras variáveis hematológicas, podem ocorrer entre diferentes espécies e até mesmo em peixes do mesmo gênero (Pimpão, 2006). É sabido que situações que conferem estresse aos animais podem fazer com que o nível de oxigênio demandado seja maior (Barreto e Volpato, 2006; Ferreira et al., 2011) e, como consequência, pode-se observar uma elevação na concentração de hemoglobina circulante (Pereira et al., 2016), como estratégia para aumentar o transporte de mais oxigênio aos tecidos e órgãos. Como observado no experimento 1, o aumento das concentrações de hemoglobina nos animais reativos pode ser explicado pela maior demanda de oxigênio, uma vez que indivíduos dessa personalidade se caracterizam, além de outros fatores, pelo maior nível de estresse (Andersson et al., 2011). Em situações como o uso de altas densidades de estocagem, é comum observar um aumento nas concentrações de hemoglobina, como por exemplo, em espécies como *Sparus aurata* (Montero et al., 2001) e espécies tropicais da Austrália, como *Arius leptaspis* e *Megalops cyprinoides* (Wells et al., 2005).

Apesar das diferenças observadas nas concentrações de hemoglobina para as diferentes personalidades, o hematócrito e a contagem de eritrócitos não se alteraram, mostrando que os resultados encontrados nesse trabalho também

indicam que o estresse ocasionado durante a classificação das personalidades, não é de intensidade suficiente para ativar esse tipo de resposta. Segundo Morales et al. (2005), o aumento do hematócrito indica hemoconcentração, ocasionada pelo aumento do número de eritrócitos, que tem como finalidade auxiliar o peixe a retomar a homeostase. De acordo com Martins et al. (2004) e Biswas et al. (2004), quando o estresse de curta duração (agudo) e baixa intensidade ocorrem, parece não ocorrer muita variação nos parâmetros bioquímicos e hematológicos dos peixes.

O estresse pode também diminuir a quantidade de leucócitos no sangue (Mcleay e Howard 1977), como observado em nossos estudos, em que, após o teste de classificação, os animais reativos apresentam menor número de leucócitos circulantes em relação aos animais proativos. Com base nesse resultado, a diminuição na quantidade dessas células de defesa se caracteriza pela menor resistência a doenças, conferida à personalidade reativa (MacKenzie et al. 2009; Kittilsen et al. 2012), e, conseqüentemente, maior dificuldade no combate a possíveis patógenos, estando também ligada ao maior nível de estresse, uma vez que a liberação de hormônios glicocorticóides, como o cortisol, também causa influência quantitativa sobre os leucócitos (Rijnberk e Mol, 1997). Nesse sentido, testes de desafio também são importantes para se avaliar a resposta de animais classificados por personalidade.

Indivíduos reativos apresentam respostas fisiológicas ao estresse dominadas pelo eixo hipotalâmico-pituitário-interrenal, onde ocorre liberação de glicocorticóides, como o cortisol (Andersson et al., 2011), sendo caracterizado como resposta primária ao estresse (Robertson et al., 1987; Barton e Iwama 1991). Sendo assim, esses indivíduos apresentam maior quantidade de cortisol

circulante em relação aos animais proativos, que apresentam a resposta ao estresse dominada pelo sistema nervoso simpático e a liberação de catecolaminas no sangue (Koolhaas, 2008). Consistente a essas informações, no experimento 1, animais reativos apresentaram maiores níveis de cortisol após o teste de classificação de personalidades. Os resultados do presente estudo corroboram também aos encontrados por Silva et al. (2010) e Anderson et al. (2011), que também relataram maior quantidade de cortisol para juvenis reativos de *Solea senegalensis* e *Oncorhynchus mykiss*, respectivamente, em relação aos animais classificados como proativos.

A glicose é uma das variáveis fisiológicas mais utilizadas como indicador de estresse em peixes podendo aumentar sua concentração no sangue na presença de fatores estressantes (Conde-Sieira et al., 2010), para suprir uma maior demanda energética (Robertson et al., 1987; Morgan & Iwama, 1997) na tentativa de manter o estado fisiológico do animal estável (Zaragoza et al., 2008). No experimento 1, as concentrações de glicose não apresentaram diferenças entre os tratamentos, como também observado no estudo de Corrêa et al. (2003) com a mesma espécie, em que não foram detectadas diferenças para animais de diferentes “*copings*” expostos ao estresse agudo. A faixa ótima de glicose sanguínea para *Oreochromis niloticus* saudável pode variar de 60 a 72 mg/dL (Bittencout et al., 2003; Sweilum, 2006; Cogun et al., 2017; Elarabany et al., 2017). Entretanto, os valores encontrados no presente estudo foram mais baixos ( $47,45 \pm 17,02$  e  $51,28 \pm 14,17$ , para proativos e reativos, respectivamente), o que pode ser explicado devido ao jejum de 72 h que os animais foram submetidos durante o experimento. De acordo com Pickering et al. (1982), o tempo necessário para homeostase da glicose no sangue é influenciado pelo

tempo de recuperação após o estresse e à sua intensidade e, em geral, a estabilização da glicose em animais submetidos à estresse agudo ocorre de 1 a 4 dias.

O aumento das enzimas AST e ALT pode ocorrer devido a fatores como hipóxia, choque nervoso, estresse e outros parâmetros ambientais como temperatura, poluição e compostos nitrogenados (Das et al., 2004). No experimento 1 não foi detectada diferença dos níveis das enzimas entre os tratamentos, mostrando que elas não sofrem influência da personalidade propriamente dita e que a classificação da personalidade não foi suficientemente estressante para elevar os níveis desses parâmetros. O mesmo foi observado para proteínas plasmática. De acordo com Ranzani-Paiva et al. (2004) o estresse, em peixes, é capaz de causar aumento nos níveis séricos de proteínas, uma vez que esta sofre alteração, principalmente, por mudanças no volume plasmático que por sua vez, ocorre em consequência do desequilíbrio osmótico.

Com relação aos parâmetros de desempenho (experimento 2), observou-se que o tratamento misto (TM) apresentou menor ganho de peso. A presença de animais proativos no TM pode ter inibido, em parte, a motivação dos reativos em se alimentar, pois esses animais ganharam menos peso em relação aos indivíduos proativos. Desta forma, a média do ganho de peso do TM foi prejudicada. Este fato de animais reativos ganharem menos peso em relação aos seus co-específicos quando criados em um mesmo ambiente já tem sido relatado na literatura para outras espécies (Heg et al., 2011, em *N. pulcher* ; Basic et al., 2012, em *O. mykiss* ). Torres et al. (2017) ao trabalharem com larvas da espécie *Lophiosilurus alexandri*, espécie de hábito alimentar carnívoro, também observaram menor média de ganho de peso para o tratamento misto,

além de maior canibalismo, quando comparado aos tratamentos separados por personalidade. Ainda, animais proativos apresentam maior agressividade (Overli et al., 2005; Castanheira et al., 2013a, b) e alta motivação para se alimentar em um ambiente que confere competição por recursos (Overli et al., 2007; Kristiansen e Ferno, 2007). Aliado a isso, indivíduos reativos são mais sensíveis aos agentes estressores ambientais e sociais (Hoglund et al., 2008). No presente estudo, os animais proativos podem ter reagido mais rápido à presença dos peletes de ração (Martins, 2005) e apresentado maior competição pelo alimento. Além disto, esses indivíduos se caracterizaram como agentes estressores sociais para os indivíduos reativos que, frente a situações estressantes, demoram mais tempo para recuperar o apetite (Mas-Muñoz et al., 2011). O estresse social contribui também para a diminuição da ingestão de alimento (Corrêa et al., 2003), suprimindo o crescimento dos peixes (Pickering, 1993).

Juvenis reativos de *O. niloticus* criados separadamente, apresentaram ganho de peso semelhante ao dos proativos, indicando ser esse um bom manejo para maximizar o crescimento e produção desta espécie. Isso pode ser explicado pelo fato de que os animais reativos não sofreram estresse social, à ponto de inibir a ingestão de alimento e nem apresentaram competição por alimento como no TM. Assim, na ausência de fatores estressantes os animais reativos tendem a poupar energia (Korte et al., 2005) e, dessa forma, canalizá-la para o crescimento.

A capacidade competitiva alimentar (sucesso em ganhar acesso a uma fonte de alimentação espacialmente restrita) está relacionada também à personalidade, e vários estudos revelaram um papel importante da personalidade nos parâmetros de desempenho zootécnico, como por exemplo

ganho de peso e conversão alimentar (Millot et al., 2009; Huntingford et al., 2010; Torres et al., 2017). Sendo assim, o fator personalidade pode explicar a piora na conversão alimentar no TM. Os animais reativos deste tratamento podem ter suprimido o crescimento devido à baixa ingestão de alimento causada pelo estresse (Pickering, 1993) frente aos indivíduos proativos e até mesmo pelo fracasso durante a disputa pelo alimento. Além disso o alto nível de ameaça pode desencorajar um animal reativo a forragear, enquanto que a estratégia dos animais proativos é aumentar a atividade natatória e a exploração (Brydges et al., 2008; Archard e Braithwaite, 2011).

A melhor conversão alimentar foi encontrada em TR, uma vez que esses animais não estavam em contato com estressores sociais (indivíduos proativos) e podiam se alimentar sem o estresse da disputa pelo alimento e assim conservar energia (Mesquita, 2011). Apesar do ganho de peso entre TR e TP ter sido semelhante, a conversão alimentar nos mostra que os animais do grupo reativo aproveitaram melhor o alimento, uma vez que foi necessário menor fornecimento de alimento para garantir o mesmo ganho de peso. Assim como o TM, o TP também apresentou pior conversão alimentar. Como em TP havia apenas animais proativos, esses podem ter tido que disputar o alimento entre si (Brydges et al., 2008; Archard e Braithwaite, 2011) e, conseqüentemente, a disputa pode ter ocasionado maior gasto energético. Aliado a isso, uma das características dessa personalidade é a maior taxa metabólica (Jolles et al., 2016), ou seja, os indivíduos desse tratamento naturalmente já gastam mais energia do que animais reativos (Mesquita, 2011) e, conseqüentemente, isso se reflete no ganho de peso.



Torres et al. (2017) concluíram que quando os fenótipos comportamentais (proativo/reactivo) quando criados em ambiente distintos, a sobrevivência não difere entre si. Porém, a espécie *L. alexandri* por ser carnívora, apresentou queda significativa na sobrevivência quando as personalidades foram produzidas em um mesmo ambiente. No presente trabalho, a sobrevivência dos peixes não diferiu entre TR e TP, mas observou-se menor taxa em TM. O fator estresse pode causar supressão da imunidade (Dhabhar et al., 1995; Dhabhar, 2002, 2008) e, como é sabido, animais reativos apresentam imunidade mais baixa do que os proativos (Kittilsen et al., 2012). Quando comparamos a taxa de sobrevivência entre as personalidades dentro do TM, verifica-se que esta é menor para a personalidade reativa. Além do estresse, existe ainda o fator agressividade. Animais proativos tendem a apresentar comportamento mais agressivo que os reativos (Øverli et al., 2004, 2005; Castanheira et al., 2013 a,b). No geral, os estudos sobre o *coping style* tendem a avaliar a sobrevivência entre as personalidades, sempre quando essa está relacionada a doenças (MacKenzie et al. 2009; Gesto et al., 2018) ou ao efeito materno sobre a prole (Campbell et al., 1992, 1994; Andersson et al., 2011), sendo o presente estudo o primeiro realizado para desempenho associado ao estresse social.

No presente estudo, a personalidade não foi um fator capaz de alterar nenhum dos índices avaliados (GSI, HSI, VSI e VSFI), em nenhum tratamento. O GSI aumenta gradativamente seu valor durante o processo de maturação gonadal, e pode ser estimulado pela presença de fêmeas no ambiente (Navarro et al., 2009). O HSI é uma forma de quantificar o estoque de energia (glicogênio) e reflete a variação da alimentação e hormônios sexuais em época de reprodução (Costa, 1999). Alterações no VSI e VSFI são relacionados com a disponibilidade

de alimento e demanda metabólica (Hunter e Leong, 1981; Hung et al. 1993). Apesar dos animais reativos do TM terem apresentado o menor ganho de peso, devido a limitação do acesso ao alimento por parte dos indivíduos proativos, isso não interferiu nos índices VSI e VSFI.

Em relação as análises hematológicas e bioquímicas do experimento 2, os resultados das variáveis hemoglobina, hematócrito, proteína plasmática total, glicose e AST foram semelhantes ao experimento 1 para TP e TR, sendo portanto indicativos de que esses parâmetros podem estar relacionados e serem inerentes a personalidade. A glicose no TM também se apresentou mais alta em relação a animais do TP. Esse é mais um indício de que o estresse pode ter sido maior quando há interação entre as duas personalidades e por um período maior, uma vez que esta é indicadora de estresse de resposta secundária (Silva et al., 2009). Apesar disso, essa variável não apresentou diferença entre animais reativos e proativos dentro do TM.

A obtenção do colesterol exógeno foi menor para peixes classificados como reativos, uma vez que esses indivíduos ingeriram menor quantidade de alimento. Além disso a produção endógena pode ter sido canalizada para produção de cortisol, uma vez que o nível de colesterol mais baixo em animais reativos pode estar relacionado ao seu consumo para produção de pregnenolona, molécula precursora da síntese de cortisol, que por sua vez estaria atuando sobre a fisiologia do animal, promovendo alterações metabólicas (Oba et al. 2009). Os triglicerídeos não foram afetados em nenhum tratamento, indicando que mesmo os animais reativos apresentando tendência para conservar energia, esta não foi canalizada para formação de tecido adiposo e

aumento dos triglicerídeos (Freitas, 2015) corroborando também com resultado de VSFI.

A enzima ALT no TM se apresentou mais alta do que nos demais tratamentos. A estimulação dessas enzimas pode ocorrer como resultado da mobilização de recursos de energia do organismo, que atuam sob danos gerados pelo estresse (Masola et al., 2008). Esse pode ser mais um indicativo de que quando os animais são criados em mesmo ambiente, o estresse pode aumentar. No entanto, dentro do TM não foi observada diferença dessa enzima entre as personalidades, o que nos leva a crer que o estresse ocorreu não apenas em indivíduos reativos, mas também em proativos.

## **5.5. Conclusões**

Conclui-se que a personalidade (indivíduos reativos e proativos) e o ambiente de criação (separado por personalidade ou misto) são fatores preponderantes nas diferenças entre as respostas hematológicas e bioquímicas em *O. niloticus*. Além disso, esses resultados podem servir de base para o entendimento da variação no desempenho zootécnico dentro de um plantel.

Tilápias reativas e proativas com peso médio de  $88,23 \pm 21,59$  g, criadas em ambiente separado, apresentam o mesmo potencial de crescimento. Levando em consideração que a ração é um dos fatores que mais afeta o preço do produto final, os indivíduos reativos se destacam por apresentarem melhor conversão alimentar. Contudo, se faz necessário estudos de desafio de animais reativos a fim de avaliar a tolerância e resistência a diferentes fontes estressoras comuns no cultivo de *O. niloticus*.

## 5.6. Referências

- Andersson, M.A., Silva, P.I.M., Steffensen, J.F., Hoglund, E., 2011. Effects of maternal stress style on offspring characteristics in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Horm. Behav.* 60, 699-705.
- Archard, G.A., Braithwaite, V.A., 2011. Variation in aggressive behavior in the poeciliid fish *Brachyrhaphis episcopi*: population and sex differences. *Behav. Process.* 86, 52-57.
- Barcellos, L. J. G., Marqueze, A., Trapp, M., Quevedo, R. M., Ferreira, D., 2010. The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundiá *Rhamdia quelen*. *Aquaculture.* 300, 231-236.
- Barreto, R. E., Volpato, G. L., 2006. Stress responses of the fish Nile tilapia subjected to electroshock and social stressors. *Braz. J. Med. Biol. Res.* 39, 1605–1612.
- Barton, B.A., Iwama, G.K., 1991. Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of corticosteroids. *Ann. Rev. Fish Dis.* 1, 3-26.
- Basic, D., Winberg, S., Schjolden, J., Krogdahl, A., Höglund, E., 2012. Context-dependent responses to novelty in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), selected for high and low post-stress cortisol responsiveness. *Physiol. Behav.* 105, 1175-1181.

- Biswas, A.K., Maita, M., Yoshizaki, G., Takeuchi, T., 2004. Physiological responses in Nile tilapia exposed to different photoperiod regimes. *J. Fish Biol.* 65, 811–821.
- Bittencourt, N. L. R., Molinari, L. M., Scoaris, D. O., Pedroso, R., Nakamura, C. V., Euda-Nakamura, T., Abreu Filho, B. A., Dias Filho, B. P., 2003. Haematological and biochemical values for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in semi-intensive system. *Acta Sci. Biol.* 25, 385-389.
- Boscolo, W. R., Hayashi, C., Meurer, F., 2002. Digestibilidade Aparente da Energia e Nutrientes de Alimentos Convencionais e Alternativos para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). *R. Bras. Zootec.* 31, 539-545.
- Brydges, N.M., Colegrave, N., Heathcole, R.J.P., Braithwaite, V.A., 2008. Habitat stability and predation pressure affect temperament behaviours in populations of three-spined sticklebacks. *J. Anim. Ecol.* 77, 229-235.
- Campbell, P. M.; Pottinger, T. G.; Sumpter, J. P., 1992. Stress reduces the quality of gametes produced by rainbow trout. *Biol. Reprod.* 47, 1140–1150.
- Campbell, P. M.; Pottinger, T. G.; Sumpter, J. P., 1994. Preliminary evidence that chronic confinement stress reduces the quality of gametes produced by brown and rainbow trout. *Aquaculture.* 120, 151–169.
- Castanheira, M. F., Herrera, M., Costa, B., Conceição, L. E C., Martins, C. I. M., 2013a. Linking cortisol responsiveness and aggressive behaviour in gilthead seabream *Sparus aurata*: indication of divergent coping styles. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 143, 75-81.

- Castanheira, M. F., Herrera, M., Costa, B., Conceição, L. E C., Martins, C. I. M., 2013b. Can we predict personality in fish – searching for consistency over time and across contexts. PLoS ONE 8:e62037.
- Cogun, H. Y., Firidin, G., Aytekin, T., Firat, O., Firat, O., Temiz, O., Varkal, H. S., Kargin, F., 2017. Acute toxicity of nitrite on some biochemical hematological and antioxidant parameters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L, 1758). Fresenius Environ Bull. 26, 1712-1719.
- Conde-Sieira, M., Agulleiro, M. J., Aguilar, A. J., Míguez, J. M., Cerdá-Reverter, J. M., Soengas, J. L., 2010. Effect of different glycaemic conditions on gene expression of neuropeptides involved in control of food intake in rainbow trout; interaction with stress. J. Exp. Biol. 213, 3858-3865.
- Corrêa, S. A., Fernandes, M. O., Iseki, K. K., Negrão, J. A., 2003. Effect of the establishment of dominance relationships on cortisol and other metabolic parameters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Braz. J. Med. Biol. Res. 36, 1725–1731.
- Das, P. C., Ayappan, S., Jena, J.K., Das, B. K., 2004. Acute toxicité of ammonia and sub lethal effects on marigal (*Cirrhinus mrigala*) Hamilton, Aquac. Res. 35, 134-143.
- Dhabhar, F.S., Miller, A.H., McEwen, B.S., Spencer, R.L., 1995. Effects of stress on immune cell distribution. Dynamics and hormonal mechanisms. J. Immunol. 154, 5511–5527.

- Dhabhar, F.S., 2002. Stress-induced augmentation of immune function—the role of stress hormones, leukocyte trafficking, and cytokines. *Brain Behav. Immun.* 16, 785–798.
- Dhabhar, F.S., 2008. Enhancing versus suppressive effects of stress on immune function: implications for immunoprotection versus immunopathology. *Allergy Asthma Clin. Immunol.* 4, 2–11.
- Elarabany, N., Bahnasaawy, M., Edrees, G., Alkazagli, R., 2017. Effects of Salinity on Some Haematological and Biochemical Parameters in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *A. F. F.* 6, 200-205.
- FAO (Fisheries and aquaculture department). <http://www.fao.org/fishery/species/3217/en> (accessed 24.02.2021).
- Ferreira, P. M. F., Barbosa, J. M., Santos, E. L., Souza, R. N., Souza, S. R., 2011. Avaliação do consumo de oxigênio da tilápia do Nilo submetidas a diferentes estressores. *Rev. Bras. Eng. Pesca.* 6, 56-62.
- Freitas, J. M. A., 2015. Desempenho produtivo e respostas hematológicas da tilápia-do-nilo submetida a diferentes níveis de proteína e condições de estresse. PhD thesis. Faculdade de medicina veterinária e zootecnia. Botucatu, Brazil.
- Gesto, M., Liu, D., Pedersen, L., Meinelt, T., Straus, D. L., Jokumsen, A., 2018. Confirmation that pulse and continuous peracetic acid administration does not disrupt the acute stress response in rainbow trout. *Aquaculture.* 492, 193-194.

- Heg, D., Schürch, R., Rothenberger, S., 2011. Behavioral type and growth rate in a cichlid fish. *Behav. Ecol.* 22, 1227-1233.
- Hoglund, E.; Gjoen, H.M.; Pottinger, T.G., Overli, O., 2008. Parental stress-coping styles affect the behaviour of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* at early developmental stages. *J. Fish Biol.* 73, 1764-1769.
- Hung, A. Y., Haass, C., Nitsch, R. M., Qiao Qiu, W., Citron, M., Wurtman, R. J., Growdon, J. H., Selkoe, D. J., 1993. Activation of protein kinase C inhibits cellular production of the amyloid  $\beta$ -protein. *J. Biol. Chem.* 268, 22959-22982.
- Hunter, J. R., Leong, R. 1981. The spawning energetics of female northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish. Bull.* 79, 215-230.
- Huntinford, F. A., Andrew, G., Mackenzie, S., Morera, D., Coyle, S. M., Pilarczyk, M., Kadri, S., 2010. Coping strategies in a strongly schooling fish, the common carp *Cyprinus carpio*. *J. Fish Biol.* 76, 1576-1591.
- Jolles, J. W., Taylor, B. A., Manica, A., 2016. Recent social conditions affect boldness repeatability in individual sticklebacks. *Anim. Behav.* 112, 139-145.
- Kaneko, J. J., Haarvey, J. W., Bruss, M. L., 1997. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 5th ed., Academic Press. New York. 890-891.
- Kittilsen, S.; Ellis T.; Schjolden, J.; Braastad, B. O.; Øverli, Ø., 2009. Determining stress-responsiveness in family groups of Atlantic salmon (*Salmo salar*) using non-invasive measures. *Aquaculture*. 298, 146–152.



- Kittilsen, S., Johansen, I. B., Braastad, B. O., Overli, O., 2012. Pigments, parasites and personality: towards a unifying role for steroid hormones. PLoS ONE 7: e34281.
- Koolhaas, J.M., 2008. Coping style and immunity in animals: making sense of individual variation. Brain Behav. Immun. 22, 662-667.
- Korte, S. M., Koolhaas, J. M., Wingfield, J. C., and Mcewen, B. S., 2005. The Darwinian concept of stress: benefits of allostasis and costs of allostatic load and the trade-offs in health and disease. Neurosci. Biobehav. Rev. 29, 3–38.
- Kristiansen, T. S., Ferno, A., 2007. Individual behaviour and growth of halibut (*Hippoglossus hippoglossus* L.) fed sinking and floating: evidence of different coping styles. Appl. Anim. Behav. Sci. 104, 236-250.
- Kumar, N., Jadhao, S. B., Chandan, N. K., Kumar, K., Jha, A. K., Bhushan, S., Kumar, S., Rana, R. S., 2011. Dietary choline, betaine and lecithin mitigates endosulfan-induced stress in *Labeo rohita* fingerlings. Fish Physiol. Biochem. 38, 989–1000.
- Lund, V.X., Figueira, M. L. O., 1989. Criação de Tilápias. São Paulo, Nobel. 63.
- Mackenzie, S., Ribas, L., Pilarczyk, M., Capdevila, D. M., Kadri, S., Huntingford, F. A., 2009. Screening for coping style increases the power of gene expression studies. PLoS ONE. 4, 1-5, e5314.
- Martins, M. L., Nomura, D. T., Myiazaki, D. M. Y., Pilarsky, F., Ribeiro, K., Castro, M. P. de, Campos, C. F. M., 2004. Physiological and haematological

response of *Oreochromis niloticus* (Osteichthyes: Cichlidae) exposed to single and consecutive stress of capture. *Acta Sci. Biol.* 26, 449-456.

Mas-Muñoz, J., Komen, H., Schneider, O., Visch, S. W., Schrama, J. W., 2011. Feeding Behaviour, Swimming Activity and Boldness Explain Variation in Feed Intake and Growth of Sole (*Solea solea*) Reared in Captivity. *PLoS ONE*. 6, 1-9, e21393.

Masola, B., Chibi, M., Kandare, E., Naik, Y. S., Zaranyika, M. F., 2008. Potential marker enzymes and metal-metal interactions in *Helisoma duryi* and *Lymnaean atalensis* exposed to cadmium. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 70, 79–87.

Mattioli, C. C., 2014. Efeito da salinidade da água sobre juvenis de pacamã *Lophiosilurus alexandri*. Msc dissertation. College of veterinary, Universidade Federal of Minas Gerais, Brazil.

McLeay, D. J., Gordon, M. R., 1977. Leucocrit: A simple hematological technique for measuring acute stress in salmonid fish, including stressful concentrations of pulpmill effluent. *J. Fish Res. Board Can.* 34, 2156–2163.

Mesquita, F.O., 2011. Coping styles and learning in fish: developing behavioural tools for welfare-friendly aquaculture. PhD thesis. College of medical, veterinary and life sciences, University of Glasgow, Scotland.

Mesquita, F. O., Torres, I. F. A., Luz, R. K., 2016. Behaviour of proactive and reactive tilapia *Oreochromis niloticus* in a T-maze. *Applied Anim. Behav.* 181, 200-204.

- Millot, S., Begout, M. L., Chatain, B., 2009. Risk-taking behavior variation over time in sea bass *Dicentrarchus labrax*: effects of day-night alterations, fish phenotypic characteristics and selection for growth. *J. Fish Biol.* 75, 1733-1749.
- Misra, C. K., Das, B. K., Mukherjee, S. C., Pattnaik, P., 2006. Effect of long-term administration of dietary  $\beta$ -glucan on immunity, growth and survival of *Labeo rohita* fingerlings. *Aquaculture*. 255, 82–94.
- Mittlebach, G.G., Ballew, N.G., Kjelson, M.K., 2014. Fish behavioral types and their ecological consequences. *Can. J. Fish Aquat. Sci.* 71, 1-18.
- Montero, D., Izquierdo M. S., Tort, L., Robaina, L., Vergara, J. M., 1999. High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles. *Fish Physiol. Biochem.* 20, 53 – 60.
- Montero, D., Tort, L., Robaina, L., Vergara, J. M., Izquierdo, M. S., 2001. Low vitamin E in diet reduces stress resistance of gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Fish Shellfish Immunol.* 11, 473-490.
- Morales, A.E., Cardenete, G., Abellán, E., García-Rejón, L., 2005. Stress-related physiological responses to handling in common dentex (*Dentex dentex* Linnaeus, 1758). *Aquac. Res.* 36, 33-40.
- Morgan, J. D., Iwama, G. K., 1997. Measurements of stressed states in the field. In Iwama, G.W. Pickering, A.D. Sumpter, J.P. Schreck, C.B. (Eds.). *Fish stress and health in aquaculture*. Cambridge: University Press, 247-270.

- Moyle, P.B., Cech-Junior, J.J., 1988. Fishes: an introduction to ichthyology. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Navarro, R. D., Ribeiro Filho, O. P., Ferreira, W. M., Pereira, F. K. S., 2009. A importância da vitamina E, C e A na reprodução de peixes: revisão de literatura. Rev. Bras. Reprod. Anim. 33, 20-25.
- Oba E.T., Mariano W.S., Santos L. R. B., 2009. Estresse em peixes cultivados: agravantes e atenuantes para o manejo rentável. In: Tavares-Dias M. (Ed.), Manejo e Sanidade de Peixes em Cultivo. Embrapa Amapá, Macapá. Brasil. 226-247.
- Overli, O., Winberg, S., Pottinger, T. G. 2005. Integr. Comp. Biol. 45, 463-474.
- Overli, O., Sorensen, C., Pulman, K.G., Pottinger, T. G., Korzan, W., Summers, C. H., Nilsson, G. E., 2007. Evolutionary background for stress-coping styles: Relationships between physiological, behavioral, and cognitive traits in non-mammalian vertebrates. Neurosci. Behav. Rev. 31, 396-412.
- Pereira, D. S. P., Guerra-Santos, B., Moreira, E. L. T., Albinati, R. C. B., Ayres, M. C. C., 2016. Parâmetros hematológicos e histológicos de tilápia do Nilo em resposta ao desafio de diferentes níveis de salinidade. Bol. Inst. Pesca. 42, 635-674.
- Pickering, A. D., Christie, P., 1981. Changes in the concentrations of plasma cortisol and thyroxine during sexual maturation of the hatchery-reared brown trout, *Salmo trutta* L. Gen. Comp. Endocrinol. 44, 487–496.

- Pickering, A. D., Pottinger, T. G. Christie, P., 1982. Recovery of the brown trout, *Salmo trutta* L., from acute handling stress: a time-course study. J. Fish Biol. 20, 229-244.
- Pickering, A. D. 1993. Growth and stress in fish production. Aquaculture. 111, 51-63.
- Pimpão, C. T., 2006. Avaliação aguda dos efeitos toxicológicos da deltametrina em uma espécie de peixe fluvial nativo: estudo bioquímico e imunotóxico. PhD thesis. Universidade Federal do Paraná. Brazil.
- Ranzani-Paiva, M. J. T., Silva-Souza, A. T., 2004. Hematologia de peixes brasileiros. In: Ranzani-Paiva, M. J. T., Takemoto, R. M., Perez Lizama, M. de los. (Org.). Sanidade de organismos aquáticos. São Paulo: Editora Varela.
- Reale, D., Reader, S. M., Sol, D., McDougall, P. T., Dingemanse, N. J., 2007. Integrating animal temperament within ecology and evolution. Biol. Rev. 82, 291-318.
- Ribeiro, P. A. P., Miranda-Filho, K. C., de Melo, D. C., Luz, R. K., 2015. Efficiency of eugenol as anesthetic for the early life stages of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). An. Acad. Bras. Ciênc. 87, 529-535.
- Rijnberk, A., Mol, J. A., 1997. Adrenocortical function, 533-568. In: Kaneko J. J., Harvey J.W., Bruss M. L. (Eds), Clinical Biochemistry of Domestic Animal. 5<sup>th</sup> ed. Academic Press, New York.

- Robertson, L., Thomas, P., Arnold, C. R., Trant, J. M., 1987. Plasma cortisol and secondary stress responses of red drum to handling, transport, rearing density, and a disease outbreak. *Progress. Fish Cult.* 49, 1–12.
- Silva, R. D., Rocha L. O., Fortes, B. D. A., Rodrigues, C. P. F., Lobo, J. R., Faleiro, M. B. R., De Paula, F. G., Vieira, D., 2009. Determinação de glicose plasmática em exemplares adultos de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) por glicosímetro digital portátil e por método enzimático. *Anais 6º Congresso de Ensino Pesquisa e Extensão. Goiânia*, 5914-5919.
- Silva, P. I. M., Martins, C. I. M., Engrola, S., Marino, G., Overli, O., Conceição, L. E. C., 2010. Individual differences in cortisol levels and behaviour of Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles: evidence for coping styles. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 124, 75-81.
- Sweilum, M. A., 2006. Effect of sublethal toxicity of some pesticides on growth parameters, haematological properties and total production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) and water quality of ponds. *Aquac. Res.* 37, 1079–1089.
- Torres, I. F. A., Júlio, G. S. C., Figueiredo, L.G., Lima, N. L. C., Soares, A. P. N., Luz, R. K., 2017. Larviculture of a carnivorous freshwater catfish, *Lophiosilurus alexandri*, screened by personality type. *Behav. Process.* 145, 44-47.
- van De Nieuwegiessen, P. G., Schrama, J. W., Verreth, J.A.J., 2008. A note on alarm cues in juvenile African catfish, *Clarias gariepinus* Burchell:

indications for opposing behavioural strategies. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 113, 270–275.

Wells, R. M. G., Baldwin, J., Seymour, R. S., Christian, K., Brittain, T., 2005. Red blood cell function and haematology in two tropical freshwater fishes from Australia. *Comp. Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.* 141, 87–93.

Wendelaar Bonga, S.E., 1997. The stress response in fish. *Physiol Rev.* 77, 591-625.

Wojtaszek, J., Dziewulska-Szwajkowska, D., Lozinska-Gabska, M., Adamowicz, A., Dzugaj, A., 2002. Hematological Effects of High Dose of Cortisol on the Carp (*Cyprinus carpio* L.): Cortisol Effect on the Carp Blood. *Gen. Comp. Endocrinol.* 125, 176–183.

Yu, J. H., Han, J. J., Park, S. W., 2010. Haematological and biochemical alterations in Korean catfish, *Silurus asotus*, experimentally infected with *Edwardsiella tarda*. *Aquac. Res.* 41, 295-302.

Zaragoza, O. D. R., Rodríguez, M. H., Bückle Ramirez, L. F., 2008. Thermal stress effect on tilapia *Oreochromis mossambicus* (Pisces: Cichlidae) blood parameters. *Mar. Freshw. Behav. Phy.* 41, 79–89.

## **6. Artigo 2**

**Influência da personalidade na reprodução e qualidade espermática de  
*Oreochromis niloticus***



## Resumo

O objetivo desse estudo foi avaliar aspectos reprodutivos de fêmeas e machos de *Oreochromis niloticus* classificados por personalidade, visando otimizar a produção. Foi realizada a classificação de personalidade de 16 machos (proativo - MP e reativo - MR) ( $110,5 \pm 23,8g$ ) e 32 fêmeas (proativa - FP e reativa - FR) ( $87,5 \pm 19,3g$ ) de tilápia do Nilo de cada personalidade, através do teste de novo ambiente. Após a classificação os animais foram microchipados para identificação e mantidos separados de acordo com o sexo e a personalidade. A cada sete dias 8 fêmeas e 4 machos de cada personalidade foram selecionados e realocados em tanques de acasalamento, de acordo com os tratamentos (FPMP, FPMR, FRMP, FRMR), na proporção de 2:1. Após cinco dias era verificada a presença de ovos na boca das fêmeas e realizada a coleta e contagem direta. O manejo de reprodução durou oito semanas. Após esse período foi realizada a coleta sêmen e análise no software CASA (Computer Assisted Semen Analysis) que se estendeu por três semanas. Para avaliação da resistência da prole, após a absorção completa do saco vitelínico foi utilizado o teste de exposição ao ar, por 5 e 7 minutos. Reprodutores de mesma personalidade desovaram com mais frequência, sendo que a maior quantidade de desova se dá para FPMP e a menor para FPMR. A fecundidade total e relativa foram maiores para fêmeas reativas. No entanto, a porcentagem de ovos viáveis, tamanho dos ovos e volume de saco vitelínico é maior para prole de fêmeas proativas. Das dez variáveis espermáticas avaliadas, apenas velocidade curvilínea e a velocidade em linha reta sofreram influência da personalidade. Foi observado que o tempo de 5 minutos de exposição ao ar é suficiente para avaliar a qualidade da progênie, sendo a prole de fêmeas proativas aquelas que

apresentaram maior resistência ao teste de estresse. Pode-se concluir que a personalidade tem maior influência sobre parâmetros reprodutivos ligados à fêmeas. Além disso, fica claro que a qualidade da desova de tilápias pode ser otimizada através da classificação da personalidade dos reprodutores.

**Palavras-chave:** Tilápia; comportamento; *coping style*; reprodução.

## 6.1. Introdução

Indivíduos da mesma espécie, quando confrontados com mudanças ambientais, tendem a demonstrar respostas consistentes diante de situações de estresse e perigo (Overli et al., 2007; Coppens et al., 2010). Esse fenômeno se refere ao “*coping style*” (Koolhaas et al., 1999) podendo classificar os animais em proativos e reativos. No estudo do comportamento existe um termo contínuo descrito como *boldness*, que se refere ao nível de audácia ou ousadia que um indivíduo apresenta frente a uma situação de risco (Wilson et al., 1994). O animal proativo apresenta luta e fuga como estratégia comportamental, são animais agressivos, exploram o ambiente de forma rápida e superficial, sendo caracterizados por alto consumo de energia, alta eficiência alimentar (van de Nieuwegiessen et al., 2008) e alta motivação alimentar após manejo para um novo ambiente (Overli et al., 2007), além de serem menos sensíveis a estressores ambientais em relação aos co-específicos reativos (Hoglund et al., 2008). A personalidade proativa pode permitir ao indivíduo ser mais disposto a explorar seu ambiente e ser mais propenso a concluir com êxito uma tarefa (Wood et al., 2011). Alto nível de ameaça pode encorajar um animal proativo a forragear, enquanto que, a estratégia de animais reativos pode ser de redução da atividade natatória e exploração (Brydges et al., 2008; Archard e Braithwaite, 2011). Assim, o animal reativo não é agressivo, além de apresentar o comportamento de ficar estático ou esconder, como estratégia comportamental, onde a exploração do ambiente se dá de forma cuidadosa e meticulosa, tendendo a conservar energia (Mesquita, 2011) e demonstrar menor eficiência ao se alimentar (van de Nieuwegiessen et al. 2008).

Nesse sentido, o *coping style* é atualmente bem reconhecido na aquicultura e têm crescido e apresentado resultados importantes para produção animal, como por exemplo: aumentar a sobrevivência de larvas (McPhee e Quinn, 1998; Torres et al., 2017), como o grau de ousadia de um indivíduo pode influenciar na escolha do parceiro sexual (Ariyomo et al., 2013), nível de agressão (Johnson e Sih, 2005) e desempenho zootécnico (Basic et al., 2012). Além disso, o comportamento é um fator biológico que influencia significativamente o sucesso reprodutivo (Wilson et al., 2009; Taborsky e Brockmann, 2010; Ariyomo e Watt, 2012; Ariyomo e Watt, 2013).

No âmbito da reprodução, no geral, tem-se a idéia de que a fecundidade e o tamanho da prole está relacionada apenas a idade materna e o tamanho do corpo da fêmea (Bernardo, 1996a, b). No entanto, estudos mostraram que existem outros fatores como a personalidade que é capaz de influenciá-las, como visto por Ariyomo e Watt (2012). Esses autores, concluíram que machos de *Danio rerio*, classificados como proativos, são capazes de fertilizar maior quantidade de ovos do que os machos reativos. Ainda, o cruzamento de casais de *Poecilia reticulata* da mesma personalidade (proativo com proativo e reativo com reativo) garante maior número de fêmeas com prole, se comparado com casais de personalidade diferente (Ariyomo e Watt, 2013). Resultados semelhantes aos de Ariyomo e Watt (2013) foram relatados por Both et al. (2005) em *Parus major*, e Sinn et al. (2006) em *Euprymna tasmanica*, o que sugere que animais podem evitar o acasalamento com coespecíficos de personalidade diferente. Van Oers et al. (2005) também mostraram que a classificação por personalidade pode ser benéfica na reprodução, uma vez que o comportamento semelhante pode reduzir o número de conflitos entre os parceiros. Wilson et al.

(2009) concluíram que existe uma correlação negativa do *boldness* e o tamanho do corpo das fêmeas de *Gambusia holbrooki*. Segundo os autores, animais classificados como proativos apresentaram menor tamanho de corpo enquanto, aqueles classificados como reativos tem maior tamanho, com implicações direta na fecundidade relativa, sendo esta maior em fêmeas reativas.

A tilápia *Oreochromis niloticus* é a segunda espécie de peixe de água doce mais cultivada no mundo, com grande potencial econômico (FAO, 2018). Isso se deve a suas características como rápido crescimento, aceitação no mercado por ter a carne branca, leve e de sabor suave (Lund e Figueira, 1989) além de alta resistência a doenças e ao superpovoamento (Boscolo et al., 2002). Porém, é uma espécie que apresenta formação hierárquica social (peixes dominantes e submissos), logo após as primeiras semanas de vida (Huntingford, 1986), fato que ocasiona comportamento agonístico frente a co-específicos, impactando não somente no bem estar quanto na produção (Moyle e Cech-Junior, 1988). Além dessa hierarquia, esta espécie pode ser classificada em animais proativos e reativos utilizando o teste de novo ambiente (Mesquita et al., 2016). Contudo, se estas personalidades podem afetar a reprodução ainda não é conhecido.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi avaliar aspectos reprodutivos de fêmeas e machos de *O. niloticus* classificados em proativos e reativos, visando otimizar a produção.

## 6.2. Material e métodos

Os estudos foram realizados no Laboratório de Aquacultura da Universidade Federal de Minas Gerais e aprovado pelo Comitê de Ética e Bem-Estar Animal (161/2018). Os animais foram mantidos em tanques de 1m<sup>3</sup>, com volume útil de 800L, em sistema individual de recirculação de água (filtro mecânico e biológico) com temperatura a 28,4±0,91°C. O oxigênio dissolvido foi mensurado usando uma sonda multiparâmetros (EcoSense® DO200A, Yellow Springs Instrument Co. Inc., Yellow Springs, OH, USA) e mantido acima de 5mg/L. Amônia total foi mantida abaixo de 0,002 ppm, sendo monitorada através de kits colorimétricos (Labcon test) duas vezes na semana. Para todos os experimentos foi utilizada dieta comercial (36% de proteína bruta e 4-6 mm de diâmetro), e alimentação duas vezes ao dia (8:00h-16:00h).

Para realização dos testes foram utilizados juvenis de *O. niloticus*, da linhagem GIFT. Anterior aos testes foi realizada a sexagem manual dos animais que consiste na separação de machos e fêmeas através da observação da papila urogenital e de outras características auxiliares, como abdômen mais abaulado para as fêmeas e a pigmentação mais intensa nos machos.

### 6.2.1. Teste para classificação em proativos e reativos

Para os dois experimentos, foi realizada a triagem dos animais pelo teste de novo ambiente (Mesquita et al., 2016).

Para a classificação de personalidade, utilizou-se um tanque-teste retangular (80 x 50 x 46 cm), totalizando 140 litros de volume útil (Fig. 1), dividido em uma zona escura e uma zona clara. Para isso, em uma das extremidades do

tanque foi construída uma câmara escura, com medidas 26,5 x 50 x 46 cm, coberta com lona para impedir a entrada de luz. O ambiente iluminado foi separado da câmara escura por uma divisória de PVC (policloreto de vinil), na qual foi feito um corte circular na altura de 9,5 cm do fundo do tanque. Acoplado ao corte foi disposto um túnel com 6 cm de comprimento e diâmetro de 8,5 cm, que servia como acesso do ambiente escuro para o ambiente iluminado. A entrada do túnel possuía um tipo de porta para bloquear o acesso dos animais da zona escura para a zona iluminada até o término da aclimação. Na extremidade iluminada, foi colocada uma lâmpada fluorescente (670 lux) e um aquecedor com termostato, mantendo a temperatura da água em  $28,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ .

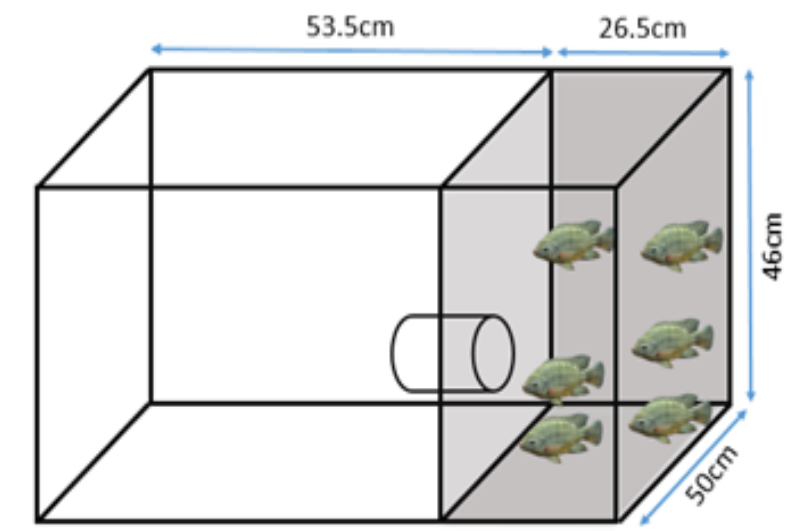


Fig.1. Desenho esquemático do tanque teste para classificação de personalidade (Mesquita et al., 2016)

Para realizar o teste de classificação da personalidade, os animais foram privados de alimento por um período de 72h anteriormente à triagem, para o esvaziamento do trato gastrointestinal (Mesquita et al., 2016). Após a sexagem os animais foram classificados cada sexo por vez. Assim, seis animais foram colocados na câmara escura (por teste), onde permaneceram sob aclimatação por 15 minutos antes de terem acesso ao ambiente iluminado. A câmara escura foi equipada com aerador de oxigênio e a zona clara (extremidade oposta à câmara escura) equipada com aquecedor para manter a temperatura estável ao longo do teste (28°C, como nas condições anteriores). Passado o tempo de aclimatação, péletes de ração (4-5mm, 36% PB) foram colocados na extremidade oposta à câmara escura para promover o estímulo olfatório dos peixes e a porta de acesso entre os ambientes foi aberta, permitindo a passagem dos animais do ambiente escuro para o ambiente claro. Ao final de 40 minutos o acesso foi fechado (Mesquita et al., 2016). Desta forma, os animais que permaneceram na câmara escura foram classificados como reativos e aqueles encontrados em ambiente claro foram classificados como proativos.

O teste foi repetido até obter-se 32 fêmeas (16 proativas e 16 reativas) com peso médio de  $87,5 \pm 19,3$ g e 16 machos (8 proativos e 8 reativos), com peso médio de  $110,5 \pm 23,8$ g. Todos os animais foram microchipados (microchip Partners) para posterior identificação individual. O microchip foi implantado intramuscularmente, na região dorsal do animal (próximo à nadadeira dorsal) com ajuda de uma seringa própria para aplicação. Para isso os animais foram sensibilizados com solução de 80 mg/L de eugenol como sugerido por Ribeiro et al. (2015).



### 6.2.2. Reprodução dos animais

A reprodução foi realizada durante oito semanas. A cada sete dias foram selecionados: 8 fêmeas reativas e 8 proativas; e 4 machos reativos e 4 proativos, que foram transferidos dos tanques de manutenção para os de reprodução (tanques iguais e nas mesmas condições dos tanques de manutenção), na proporção de 2 fêmeas para 1 macho sendo alocados em cada tanque 4 fêmeas e dois machos consistindo os seguintes tratamentos: FRMR (4 Fêmeas reativas e 2 machos reativos); FPMP (4 Fêmeas proativas e 2 machos proativos); FRMP (4 Fêmeas reativas e 2 machos proativos); FPMR (4 Fêmeas proativas e 2 machos reativos) (Figura 2).

Após cinco dias de contato entre fêmeas e machos, os mesmos eram retirados para verificação de postura de ovos. Após a verificação, os animais eram realocados nos tanques de manutenção correspondentes a sua classificação de personalidade.

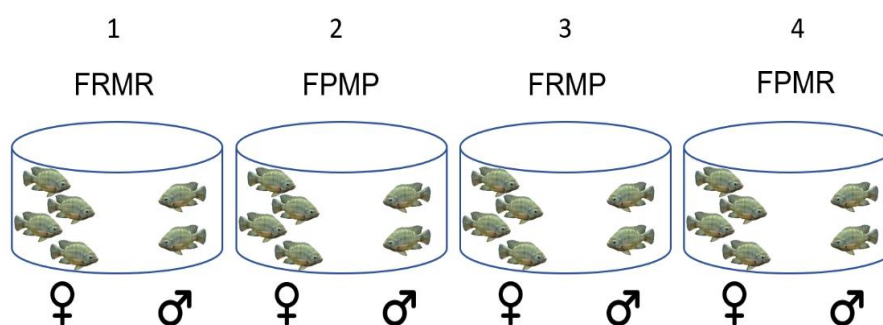


Figura 2. Esquema dos tanques utilizados para reprodução de tilápias, classificadas por personalidade sendo os tratamentos: FRMR (4 Fêmeas reativas e 2 machos reativos); FPMP (4 Fêmeas proativas e 2 machos proativos); FRMP (4 Fêmeas reativas e 2 machos proativos); FPMR (4 Fêmeas proativas e 2 machos reativos). Em todos os tratamentos foram colocados 4 fêmeas e 2 machos (proporção 2:1)

Para retirada dos ovos da boca das fêmeas foi realizada a identificação das mesmas através da leitura do microchip e então realizado o manejo de contra fluxo de água através da orofaringe. Os ovos foram então colocados em béqueres previamente identificados e quantificados por contagem direta. Após a quantificação dos ovos, os mesmos foram colocados para incubação, em peneira mantida em suspensão, em tanques de 40L, na temperatura de  $28,4 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ , pH de  $7,3 \pm 0,4$  medidos através da sonda Hanna Combo, (HI98130) amônia  $0,18 \pm 0,15\text{mg/L}$  aferida através de kit colorimétrico comercial (Alcon<sup>®</sup>) e aeração constante mantendo o oxigênio dissolvido acima de 5mg/L. Após a eclosão, foram quantificados ovos gorados e viáveis (eclodidos). Os seguintes parâmetros foram avaliados: quantidade de desova = n<sup>o</sup> total de desovas por tratamento ao final de oito semanas; fecundidade total = n<sup>o</sup> total de ovos por desova; fecundidade relativa = n<sup>o</sup> de ovos/ peso da fêmea; ovos gorados = n<sup>o</sup> de ovos gorados por desova; ovos viáveis = n<sup>o</sup> de ovos colocados - n<sup>o</sup> de ovos gorados; peso do ovo (mg) = peso médio de 50 ovos (os ovos foram colocados em um bequer com água e pesados em balança analítica com precisão de 0,01mg - Marte – AD5005 - previamente tarada com o valor do bequer com água); volume do saco vitelínico ( $\text{mm}^2$ ) =  $(\pi \times \text{comprimento da vesícula} \times \text{altura da vesícula}^2) / 6$  (medidos com paquímetro digital, Starret, com auxílio de microscópio estereoscópico binocular (QUIMIS<sup>®</sup>, modelo: Q724S-2).

Ao final do experimento as fêmeas foram eutanasiadas em solução de eugenol 285 mg/L para retirada do fígado e gônadas, para mensurar o índice hepatossomático (IHS) e gonadossomático (IGS). Foram utilizadas as seguintes fórmulas para os cálculos dos índices:  $\text{IHS} = (\text{Wh/Wt}) \times 100$  e  $\text{IGS} = (\text{Wg/Wt}) \times 100$ ,

onde Wh é o peso do fígado, Wg representa o peso da gônada e Wt o peso total da fêmea.

### **6.2.3. Teste de resistência por exposição ao ar**

Após a absorção completa do saco vitelínico, 20 larvas de cada desova foram selecionadas para passar pelos testes de exposição ao ar (Luz et al., 2012). Dez larvas foram submetidas ao teste de exposição de 5 minutos e as outras 10 ao teste de 7 minutos. Para esse teste as larvas foram colocadas em uma peneira de malha 0,5 mm de diâmetro, retirado o excesso de umidade com papel toalha e, então permaneceram expostas ao ar pelos tempos citados anteriormente. Após o final de cada teste, as larvas eram realocadas em bequeres de 1 L, suprido de aeração, nas mesmas condições da incubação. A resistência ao estresse foi avaliada através da sobrevivência das larvas e os resultados foram dados em porcentagem (%), 24 hrs após a exposição.

### **6.2.4. Coleta de sêmen**

Após as 8 semanas de reprodução, os machos foram mantidos em descanso por duas semanas e após esse manejo foi iniciada a coleta de sêmen, que se estendeu por três semanas. A cada semana quatro machos de cada tratamento eram selecionados para coleta de sêmen. Os machos foram mantidos em jejum por 12 horas anterior a extrusão. Cada peixe foi retirado do tanque com puçá e enrolado em uma toalha úmida. Em seguida, a região genital e a nadadeira anal foram enxutas com toalha de papel e realizada a extrusão, comprimindo a região abdominal no sentido céfalo-caudal. O sêmen foi coletado com micropipeta e

depositado em eppendorf de 2 mL, devidamente identificado de acordo com o microchip do macho, imediatamente armazenado em caixa térmica com gelo, aproximadamente 10°C, para posterior avaliação seminal que ocorreu 50 minutos minutos após a coleta.

Para a análise da motilidade e cinética do sêmen, amostras refrigeradas foram transportadas para o Laboratório de Reprodução em Criopreservação (Crioreprolab) localizado no Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária da Escola de Veterinária da UFMG. As análises foram realizadas no software CASA (Sperm Class Analyzer model - SCA®, version 4.0, MICROPTIC®, Barcelona, Spain) Para a análise de cada amostra, realizou-se diluição de 5 µL de sêmen, previamente resfriado, em 40000 µL de água destilada (1:8000) em um béquer separado. Imediatamente após a diluição, 5 µL do diluído foram diretamente depositados em lâmina previamente aquecida a 27°C e coberta por lamínula (24 x 24mm) sob microscópio triocular previamente focalizado com objetiva de 40x.

As seguintes variáveis cinéticas do CASA foram medidas, de acordo com a metodologia proposta por Farrell et al. (1998): tempo de motilidade (s) = tempo em que os espermatozoides permanecem móveis; concentração de espermatozoides (M/mL) = quantidade de espermatozoides em um determinado volume de amostra, taxa de motilidade (MOT%) = estimativa percentual de espermatozoides móveis; linearidade (LIN;  $LIN = VSL / VCL, \%$ ) = Relação percentual entre VSL e VCL; velocidade da trajetória real (VCL;  $\mu\text{ms}^{-1}$ ) = Velocidade da trajetória real do esperma; velocidade do trajeto linear (VSL;  $\mu\text{ms}^{-1}$ ) = velocidade média em função da linha reta estabelecida entre o primeiro e o último ponto da trajetória do esperma; velocidade média do trajeto (VAP;  $\mu\text{ms}^{-1}$ ) = velocidade da trajetória média dos espermatozoides; retilinearidade (STR;

STR = VSL / VAP;% = relação entre VSL e VAP. Oscilação (WOB; WOB = VAP / VCL;% = razão entre VAP e VCL. A medição deste parâmetro está relacionada à capacidade de penetrar na zona pelúcida do ovo.

Após as análises de sêmen terem sido realizadas, os machos também foram eutanasiados, utilizando solução de eugenol 285 mg/L, para retirada do fígado e gônadas, para mensurar o IHS e IGS.

### **6.2.5 Estatística**

Para os dados que apresentaram distribuição normal após o teste de normalidade de Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$ ) e homogeneidade de variância pelo teste de Levene ( $p > 0,05$ ), foi realizada ANOVA one-way seguida pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Para dados não normais foi utilizado qui-quadrado de Pearson ou Kruskal-Wallis seguido de Mann-Whitney. Todos os dados foram analisados usando o software Minitab 17.

### **6.3. Resultados**

Os tratamentos que apresentaram maior número de desovas foram aqueles no qual as fêmeas e machos possuíam a mesma personalidade (FPMP e FRMR) (Tabela 1). A menor quantidade de desovas foi para FPMR ( $p=0,009$ ). Em relação ao número de ovos foi observado que para fêmeas reativas (FRMR e FRMP) a quantidade de ovos foi maior do que para as proativas (FPMR e FPMP) ( $p=0,000$ ). Fêmeas reativas (FRMR e FRMP) apresentaram maior porcentagem de ovos gorados que fêmeas proativas (FPMR e FPMP) ( $p=0,002$ ). A

porcentagem de ovos viáveis foi maior para fêmeas proativas (FPMR e FPMP) do que para fêmeas reativas (FRMR e FRMP) ( $p=0,002$ ). Ovos de fêmeas proativas (FPMP e FPMR) foram mais pesados do que ovos de fêmeas reativas (FRMR e FRMP) ( $p=0,000$ ). O volume do saco vitelínico também acompanhou essa tendência com maior volume nos tratamentos FPMP e FPMR ( $p=0,000$ ).

O IGS e IHS foram semelhantes entre fêmeas proativas e reativas (mediana= 1,909 e 1,217,  $p=0,810$ ; mediana = 0,624 e 0,853,  $p=0,471$ , respectivamente), e também para machos proativos e reativos (mediana= 1,726 e 1,227,  $p=0,173$ ; mediana= 0,597 e 0,250,  $p= 0,298$ , respectivamente).

Na figura 3 as larvas provenientes dos tratamentos com fêmeas proativas apresentaram maior sobrevivência (80% e 70%) em relação à prole de fêmeas reativas (50% e 20%), para os dois tempos testados (5 min,  $p=0,000$  e 7min,  $p=0,000$ , respectivamente). Além disso, foi verificada diferença na sobrevivência entre os tempos de exposição ao ar, dentro de cada tratamento ( $p=0,001$ ), sendo o tempo de 7 minutos aquele que apresentou maior mortalidade para larvas provenientes de ambas as personalidades.

Machos proativos e reativos não apresentaram diferença para motilidade inicial ( $p=0,453$ ), duração da motilidade ( $p=0,235$ ), concentração espermática ( $p=0,646$ ), vigor espermático ( $p=0,235$ ), VAP ( $p=0,486$ ), LIN ( $p=0,126$ ), STR ( $p=0,168$ ) e WOB ( $p=0,341$ ) (Tabela 2). Porém, VCL ( $p=0,004$ ) e VSL ( $p=0,001$ ) foram maiores para animais reativos.

Tabela 1. Variáveis reprodutivas do cruzamento de *O. niloticus* classificadas por personalidade.

Variáveis reprodutivas							
Tratamento	nº de desova	Fecundidade total	Fecundidade relativa	Ovos gorados (%)	Ovos Viáveis (%)	Peso de ovo (mg)	Vol. S.V (mm <sup>2</sup> )
FRMR	17 AB	614,3±226,7 A	7,56±3,20 BC	54,27±36,08 A	45,7±36,0 C	10,4±0,4 B	5,3±0,5 B
FRMP	12 BC	548,6±291,8 AB	6,01±3,00 AB	43,8±39,6 AB	56,2±39,6 BC	10,1±0,3 C	5,0±0,5 B
FPMR	9 C	326,7±132,6 BC	3,95±1,79 BC	23,5±17,5 B	74,5±37,5 BC	10,9±0,6 AB	5,7±0,6 A
FPMP	21 A	314,4±178,0 C	3,20±1,59 C	11,41±9,94 C	88,5±9,9 A	11,3±0,6 A	5,9±0,4 A
P-valor	0,009	0,000	0,000	0,002	0,002	0,000	0,000

Médias seguidas de letras distintas, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (fecundidade total; ovos gorados; ovos viáveis; peso de ovo (mg); Vol. S. V. (mm<sup>2</sup>)) e qui-quadrado de Pearson (nº desova). FRMR (Fêmea reativa x macho reativo); FRMP (Fêmea reativa x macho proativo); FPMR (Fêmea proativa x macho reativo); FPMP (Fêmea proativa x macho proativo); Vol. S. V mm<sup>2</sup> (Volume de saco vitelínico). A variável “peso de ovo (mg)” foi dado para 50 ovos.

Figura 3

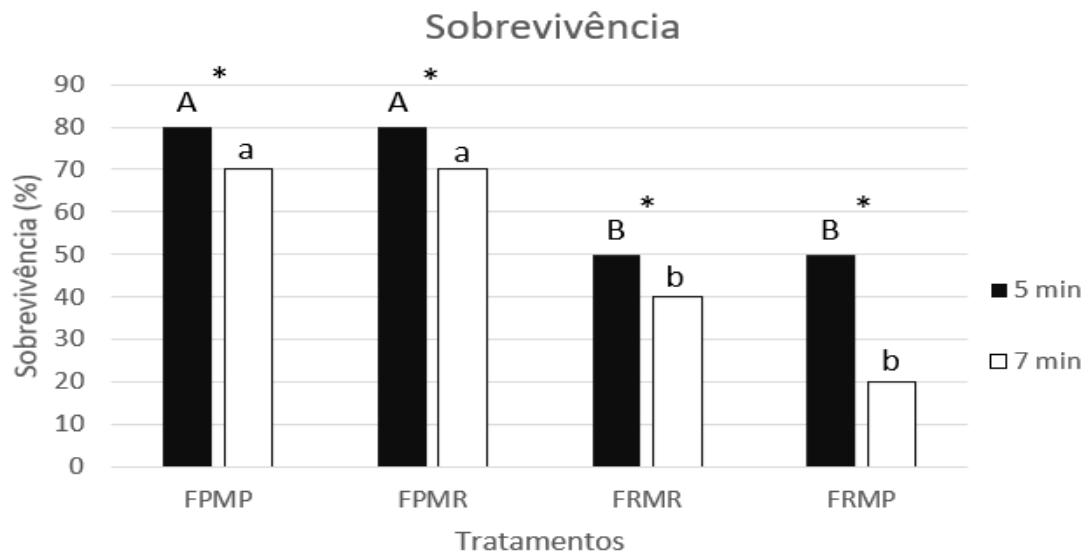


Fig. 3. Teste de resistência de larvas ao estresse por exposição ao ar por 5 e 7 minutos, dado em porcentagem. FPMP (Fêmea proativa x macho proativo); FPMR (Fêmea proativa x macho reativo); FRMR (Fêmea reativa x macho reativo); FRMP (Fêmea reativa x macho proativo). Letras maiúsculas representam diferença entre os tratamentos no teste de 5min; letras minúsculas representam diferença entre os tratamentos no teste de 7min; (\*) representa diferença significativa da sobrevivência entre os tempos de exposição ao ar dentro do mesmo tratamento, pelo método de Kruskal-Wallis, seguido pelo teste de Mann-Whitney à 5%.



Tabela 2. Variáveis reprodutivas de machos de *O. niloticus* classificados por personalidade

Variáveis	Tratamento		P-value
	Proativo	Reativo	
Motilidade inicial (%)	91,4 A	71,8 A	0,453
Motilidade duração (s)	133,8±23,4 A	118,4±36,9 A	0,235
Concentração espermática M/mL	7879±3451 A	8632±4422 A	0,646
Vigor espermático (0-5)	3,0±0,7 A	2,6±0,6 A	0,253
VCL (µm/s)	18,6±2,7 B	22,2±2,6 A	0,004
VSL (µm/s)	7,1±1,2 B	11,1±3,5 A	0,001
VAP (µm/s)	11,7±2,8 A	12,683±3,3 A	0,486
LIN (%)	60,6±10,9 A	54,4±8,1 A	0,126
STR (%)	64,9±3,4 A	67,1±3,8 A	0,168
WOB (%)	65,1±7,1 A	68,1±8,0A	0,341

Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (motilidade duração, concentração espermática, vigor espermático, VCL, VSL, VAP, LIN, STR, WOB) e Mann-Whitney (motilidade inicial). VCL (velocidade curvilínea); VSL (velocidade em linha reta); VAP (velocidade média da trajetória dos espermatozoides); LIN (Linearidade); STR (retilinearidade); WOB (Oscilação)

#### 6.4. Discussão

A classificação por personalidade pode afetar o sucesso reprodutivo de *O. niloticus*, tendo influência, principalmente, sobre as variáveis reprodutivas ligadas às fêmeas. Além disso, variáveis reprodutivas de animais de personalidade similares mostraram resultados mais interessantes do ponto de vista zootécnico.

Os tratamentos que incluíram reprodutores de mesma personalidade foram aqueles que apresentaram maior número de desovas. Este fato indica que coespecíficos preferem um parceiro de mesma personalidade para se acasalar. Resultados semelhantes foram verificados para *Archocentrus nigrofasciatum* onde machos reativos tenderam à acasalar com fêmeas reativas, apresentando maior sucesso reprodutivo do que pares de personalidade distinta (Budaev et al., 1999). Sinn et al. (2006) também relataram que o acasalamento de *Euprymna tasmanica* só obteve sucesso quando os casais apresentavam mesma personalidade. Ariyomo e Watt (2013) concluíram que para *Poecilia reticulata* a compatibilidade entre personalidades similares é maior durante o processo de reprodução, quando comparado com coespecíficos de personalidade oposta. Esses resultados são semelhantes aos encontrados no presente estudo, sugerindo que animais podem evitar se acasalarem com indivíduos de personalidade oposta. Em relação a fecundidade, foi visto que fêmeas reativas tendem a desovar maior número de ovos (fecundidade total) em comparação as fêmeas proativas. Além disso, as fêmeas reativas apresentaram taxa de fecundidade relativa mais elevada, mostrando que são capazes de produzir maior quantidade de ovos/peso vivo.

No entanto, o sucesso reprodutivo das espécies depende de quão hábil é sua estratégia reprodutiva. O número de ovos gorados também foi maior para os tratamentos com fêmeas reativas e, conseqüentemente, a porcentagem de ovos viáveis maior para as fêmeas proativas. Segundo Schreck et al. (2001), ovos maiores tem vantagem ecológica sobre os menores uma vez que a quantidade de reserva energética é maior, dando maior suporte para o desenvolvimento das larvas, uma vez que, ovos provenientes de fêmeas reativas são menores e mais leves e o aporte de energia do saco vitelínico será menor, garantindo portanto menor tempo de nutrição para a prole. Em geral fêmeas maiores podem produzir ovos maiores e mais pesados (Schreck et al., 2001). No entanto, as fêmeas utilizadas nesse estudo tinham o mesmo tamanho e foram alimentadas de forma igual. Sendo assim, esse não foi um fator que pudesse interferir na qualidade dos ovos. Dessa forma, fêmeas proativas, em período de reprodução tendem a canalizar mais energia para vitelogênese do que as reativas. Cada personalidade tende a canalizar energia para objetivos distintos, como visto no primeiro artigo dessa tese, o qual concluiu que indivíduos reativos poupam energia sendo menos ativos para que essa seja canalizada para ganho de peso. Contreras-Sanchez et al. (1998) observaram que *O. mykiss* sob regime de estresse agudo durante a vitelogênese produzem ovos menores. Andersson et al. (2011), ao trabalharem com a mesma espécie *O. mykiss*, também concluíram que fêmeas com maior quantidade de cortisol no sangue produziram ovos menores e, conseqüentemente, larvas menores. Morehead et al. (2000) ao trabalharem com *Latris lineata*, concluíram que fêmeas que sofreram estresse durante a vitelogenese tendem a produzir maior quantidade de ovócitos em relação a fêmeas não estressadas. Com base nessas evidências e como visto

também no primeiro artigo dessa tese, devemos lembrar que indivíduos reativos têm como característica maior quantidade de cortisol circulante, uma vez que nessa personalidade a resposta fisiológica ao estresse é dominada pelo eixo hipotalâmico-pituitário-adrenal/hipotalâmico-pituitário-interrenal onde ocorre lançamento de glicocorticóides (Koolhaas, 2008). McCormick (1998) sugeriu que ovos de fêmeas que foram condicionadas ao estresse apresentavam maiores concentrações de cortisol e que existe uma correlação inversa entre os níveis desse hormônio e o tamanho dos ovos. Sendo assim, fêmeas proativas canalizam energia para formação de ovócitos com mais vitelo, enquanto as reativas produzem maior quantidade de ovócitos, porém de menor tamanho e, conseqüentemente, com menor aporte energético.

Na fase reprodutiva, o aumento do IGS em fêmeas pode se dar devido a maior demanda de vitelo para os ovócitos em desenvolvimento (Barbieri et al., 2000). No entanto, esse parâmetro não diferiu entre fêmeas reativas e proativas. Como dito anteriormente, a quantidade de ovos de animais proativos foi menor, porém mais pesados, indicando maior quantidade energética nesses. Isso indica que mesmo apresentando IGS iguais, a estratégia reprodutiva se difere entre as personalidades.

O IHS é uma maneira de quantificar o estoque de energia na fase da reprodução (Andersen et al., 1998) e sua diminuição está relacionada a possível participação na síntese e secreção de substâncias para formação do vitelo exógeno (Bazzoli et al., 1998). No entanto, essa variável também não apresentou divergência entre as personalidades, mesmo a prole de fêmeas proativas apresentando maior peso e volume de ovo.

O teste de resistência ao ar é uma ferramenta indicativa da qualidade da prole (Luz et al., 2012). A prole de tratamentos com fêmeas proativas se mostraram mais resistente ao teste de estresse, ou seja, a taxa de sobrevivência desses animais foi maior tanto para o tempo de 5 como para 7 minutos de exposição ao ar. Esse resultado pode estar relacionado a qualidade da desova e a capacidade das fêmeas em melhorar a qualidade da progênie através de sua nutrição endógena. Campbell et al. (1992, 1994) relataram que o estresse prolongado sobre as fêmeas pode afetar a sobrevivência da prole, fato que pode ser explicado devido a menor reserva energética dos ovos de fêmeas reativas. Além disso, os mesmos autores concluíram que a prole de fêmeas sob pouco ou nenhum estresse não apresentaram mortalidade significativa. Sendo assim, as interações comportamentais e o estresse podem ser fatores que afetam diretamente a qualidade da prole. Além disso, fica evidente que o tempo de 5 minutos de exposição ao ar é suficiente para avaliação de qualidade das larvas.

Dentre as dez variáveis espermáticas avaliadas, apenas VCL e VSL apresentaram diferença entre as personalidades, sugerindo que espermatozoides de machos reativos são mais rápidos comparados aos de proativos. No entanto, a duração da motilidade não apresentou diferença. O movimento do espermatozoide é gerado a partir das mitocôndrias, que são responsáveis pela produção de energia nas células (Copeland et al., 2002). A redução dessa energia (ATP) reduz a capacidade natatória do espermatozoide (Marques e Godinho, 2004). Sendo assim, para que a velocidade de um espermatozoide seja maior é necessário, portanto, maior aporte de energia dentro das células, sugerindo que indivíduos reativos tenham maior quantidade de ATP em relação aos proativos, uma vez que a velocidade desses é maior e a

duração da motilidade é similar aos proativos. Segundo Sneddon et al. (2011) o estresse fisiológico pode ser responsável pela piora da qualidade espermática, sendo assim, animais reativos teriam maior desvantagem frente aos proativos. No entanto, Ibarra-Zatarain et al. (2013) não encontraram influência da personalidade sobre a qualidade de gametas em *Solea senegalensis*. Castanheira et al. (2016) também não observaram diferença entre a motilidade espermática de *Sparus aurata* classificados por personalidade. No presente estudo a personalidade não foi um fator que afetou substancialmente a qualidade espermática. Porém, esse fato pode ser devido aos animais de diferentes personalidades terem sido mantidos separados após a classificação. Isso sugere que para tilápia do Nilo, a personalidade tem menor influência sobre as variáveis reprodutivas dos machos do que das fêmeas.

## **6.5. Conclusões**

Nossos estudos mostraram que parâmetros reprodutivos de fêmeas são mais passíveis de sofrerem influência da personalidade do que de machos. Tilápias tendem à ter melhor reprodução com parceiros de mesma personalidade. Porém, os tratamentos com fêmeas proativas apresentam maior sucesso reprodutivo, como número de ovos viáveis, peso de ovo e volume do saco vitelínico. Além disso, o cruzamento FPMP apresentou maior resistência da prole a uma situação de estresse.

## 6.6. Referências

- Andersen, D. E., Reid, S. D., Moon, T. W., Perry, S. F., 1991. Metabolic effects associated with chronically elevated cortisol in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48, 1811-1817
- Andersson, M.A., Silva, P.I.M., Steffensen, J.F., Hoglund, E., 2011. Effects of maternal stress style on offspring characteristics in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Horm. Behav. 60, 699-705.
- Archard, G. A., Braithwaite, V. A., 2011. Variation in aggressive behavior in the poeciliid fish *Brachyrhaphis episcopi*: population and sex differences. Behav. Process. 86, 52-57.
- Ariyomo, T. O., Watt, P. J., 2012. The effect of variation in boldness and aggressiveness on the reproductive success of zebrafish. Anim. Behav. 83, 41-46.
- Ariyomo, T. O., Carter, M., Watt, P. J., 2013. Heritability of boldness and aggressiveness in the zebrafish. Behav. Genet. 43, 161-167.
- Barbieri, G., Salles, A.F., Cestarolli, M.A., 2000. Análise populacional do curimatá *Prochilodus lineatus*, do rio Mogi-Guaçu, Pirassununga/SP (Characiformes, Prochilodontidae). Bol. Inst. Pesca. 26, 137-145.
- Basic, D., Winberg, S., Schjolden, J., Krogdahl, A., Höglund, E., 2012. Context-dependent responses to novelty in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), selected for high and low post-stress cortisol responsiveness. Physiol. Behav. 105, 1175-1181.



- Bazzoli, N., Mesquita, T.L., Santos, G.B., Rizzo, E., 1998. Análise comparativa da reprodução de *Astyanax bimaculatus* (Pisces, Characidae) nos Reservatórios de Furnas, Marimbondo e Itumbiara. *Biosci. J.* 6, 99-112.
- Bernardo, J., 1996a. Maternal effects in animal ecology. *Am. Zool.* 36, 83-105.
- Bernardo, J. 1996b. The particular maternal effect of propagule size, especially egg size: patterns, models, quality of evidence and interpretations. *Am. Zool.* 36, 216-236.
- Boscolo, W. R., Hayashi, C., Meurer, F., 2002. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes de alimentos convencionais e alternativos para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *R. Bras. Zootec.* 31, 539-545.
- Both, C., Dingemanse, N. J., Drent, P.J., Tinbergen, J. M., 2005. Pairs of extreme personalities have highest reproductive success. *J. Anim. Ecol.* 74, 667-674.
- Brydges, N. M., Colegrave, N., Heathcole, R. J. P., Braithwaite, V. A., 2008. Habitat stability and predation pressure affect temperament behaviours in populations of three-spined sticklebacks. *J. Anim. Ecol.* 77, 229-235.
- Budaev, S., Brown, C., 2011. Fish cognition and behavior. Chapter: Personality and Behaviour. 35- 65.
- Campbell, P.M., Pottinger, T.G., Sumpter, J.P., 1994. Preliminary evidence that chronic confinement stress reduced the quality of gametes produced by brown and rainbow trout. *Aquaculture.* 120, 151-169.

- Campbell, P.M., Pottinger, T.G., Sumpter, J.P., 1992. Stress reduces the quality of gametes produced by rainbow trout. *Biol. Reprod.* 47, 1140-1150.
- Copeland, W.C., Wachsman, J.T., Johnson, F.M., Penta, J.S., 2002. Mitochondrial DNA alterations in cancer. *Cancer Invest.* 20, 557–569.
- Coppens, C. M., Boer, S. F., Koolhaas, J. M., 2010. Coping styles and behavioural flexibility: Towards underlying mechanisms. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 365, 4021-4028.
- FAO (Fisheries and aquaculture department).  
<http://www.fao.org/fishery/species/3217/en> (acessado em 24.02.2021).
- Farrell, P.B., Presicce, G.A., Brockett, C.C., Foote, R.H., 1998. Quantification of bull sperm characteristics measured by computer-assisted sperm analysis (CASA) and the relationship to fertility. *Theriogenology.* 49, 871-879.
- Hoglund, E., Gjøen, H.M., Pottinger, T.G., Overli, O., 2008. Parental stress-coping styles affect the behaviour of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* at early developmental stages. *J. Fish Biol.* 73, 1764-1769.
- Huntingford, F. A., 1986. Development of behaviour in fishes. In: *The Behaviour of Teleost Fishes* (Ed. by T. J. Pitcher), 47-68.
- Johnson, J., Sih, A., 2005. Pre-copulatory sexual cannibalism in fishing spiders (*Dolomedes triton*): A role for behavioral syndromes. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 58, 390–396.

- Koolhaas, J., Korte, S., De Boer, S., Van Der Vegt, B., Van Reenen, C., Hopster, H., Blokhuis, H., 1999. Coping styles in animals: current status in behavior and stress-physiology. *Neurosci. Biobehav. R.* 23, 925–935.
- Koolhaas, J.M., 2008. Coping style and immunity in animals: making sense of individual variation. *Brain Behav. Immun.* 22, 662-667.
- Lund, V.X., Figueira, M. L. O., 1989. Criação de Tilápias. São Paulo, Nobel. 63.
- Luz, R.K., Ribeiro, P.A.P., Ikeda, A.L., Santos, A.E.H., Melillo Filho, R., Turra, E.M., Teixeira, E.A., 2012. Performance and stress resistance of Nile tilapias fed different crude protein levels. *Rev. Bras. Zootecn.* 41, 457–461.
- Marques, S., Godinho, H.P., 2004. Short-term cold storage of sperm from six neotropical characiformes fishes. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 47, 799–804
- McCormick, M.I., 1998. Behaviorally induced maternal stress in a fish influences progeny quality by a hormonal mechanism. *Ecology.* 79, 1873–1883.
- McPhee, M.V., Quinn, T.P., 1998. Factors affecting the duration of nest defense and reproductive lifespan of female sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. *Environ. Biol. Fishes.* 51, 369-375.
- Mesquita, F.O., 2011. Coping styles and learning in fish: developing behavioural tools for welfare-friendly aquaculture. PhD thesis. College of medical, veterinary and life sciences, University of Glasgow.
- Mesquita, F. O., Torres, I. F. A., Luz, R. K., 2016. Behaviour of proactive and reactive tilapia *Oreochromis niloticus* in a T-maze. *Applied Anim. Behav.* 181, 200-204.

- Morehead, D.T., Ritar, A.J., Pankhurst, N.W., 2000. Effect of consecutive 9- or 12-month photothermal cycles and handling on sex steroid levels, oocyte development, and reproductive performance in female striped trumpeter *Latris lineata* (Latrididae). *Aquaculture* 189, 293–305.
- Moyle, P.B., Cech-Junior, J.J., 1988. *Fishes: an introduction to ichthyology*. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall.
- Overli, O., Sorensen, C., Pulman, K.G., Pottinger, T. G., Korzan, W., Summers, C. H., Nilsson, G. E., 2007. Evolutionary background for stress-coping styles: Relationships between physiological, behavioral, and cognitive traits in non-mammalian vertebrates. *Neurosci. Behav. Rev.* 31, 396-412.
- Ribeiro, P.A.P., Miranda-Filho, K. C., Melo, D. C., Luz, R. K., 2015. Efficiency of eugenol as anesthetic for the early life stages of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 87, 529–535.
- Schreck, C.B., Contreras-Sanchez, W., Fitzpatrick, M.S., 2001. Effects of stress on fish reproduction, gamete quality, and progeny. *Aquaculture*, 197, 3-24.
- Sinn, D.L., Apiolaza, L., Moltschaniwskyj, N., 2006. Heritability and fitness-related consequences of squid personality traits. *J. Evol. Biol.* 19, 1437-1447.
- Sneddon, L.U., Schmidt, R., Fang, Y., Cossins, A.R., 2011. Molecular correlates of social dominance: a novel role for ependymin in aggression. *PLoS One* 6, e18181.

- Taborsky, M., Brockmann, H. J., 2010. Animal Behaviour: Evolution and Mechanisms || Alternative reproductive tactics and life history phenotypes. 18, 537–586.
- Torres, I. F. A., Júlio, G. S. C., Figueiredo, L.G., Lima, N. L. C., Soares, A. P. N., Luz, R. K., 2017. Larviculture of a carnivorous freshwater catfish, *Lophiosilurus alexandri*, screened by personality type. Behav. Process. 145, 44-47.
- van De Nieuwegiessen, P. G., Schrama, J. W., Verreth, J.A.J., 2008. A note on alarm cues in juvenile African catfish, *Clarias gariepinus* Burchell: indications for opposing behavioural strategies. Appl. Anim. Behav. Sci. 113, 270–275.
- van Oers, K., Klunder, M., Drent, P.J., 2005. Context dependence of personalities: risk-taking behavior in a social and nonsocial situation. *Behav Ecol.* 16, 716-723.
- Wilson, A.D.M., Godin, J.G.J., Ward, A.J.W., 2009. Boldness and reproductive fitness correlates in the Eastern mosquitofish, *Gambusia holbrooki*. *Ethology.* 116, 96-104.
- Wilson, D. S., Clark, A. B., Coleman, K., Dearstyne, T., 1994. Shyness and boldness in humans and other animals. *Trends Ecol. Evol.* 9, 442-446.
- Wood, L.S., Desjardins, J.K., Fernald, R.D., 2011. Effects of stress and motivation on performing a spatial task. *Neurobiol. Learn. Mem.* 95, 277-285.

## **7. Considerações finais**

A personalidade animal vem sendo bem reconhecida na aquacultura e suas implicações na produção animal podem ser bem amplas. Indivíduos dentro de uma população podem diferir fortemente em relação a suas respostas fisiológicas e comportamentais, sob condições de estresse. A classificação do *coping style* é capaz de influenciar não apenas o desempenho zootécnico, mas também a reprodução, a resistência da prole ao estresse, parâmetros sanguíneos e outros. Dessa forma, estudos relacionados à personalidade animal podem ser de fundamental importância para otimização da produção de peixes, além de servirem como base para futuros estudos em diversas áreas, como melhoramento genético, bem-estar, imunologia e sanidade dentre outras.