



DANIELLE CRISTINA PEREIRA MARÇAL

**MANEJO E PARÂMETROS GENÉTICOS DE
CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DE FÊMEAS DE
TILÁPIA DO NILO**

LAVRAS-MG

2021

DANIELLE CRISTINA PEREIRA MARÇAL

**MANEJO E PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS
REPRODUTIVAS DE FÊMEAS DE TILÁPIA DO NILO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Não Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas

Orientador

Prof. Dr. Rafael Vilhena Reis Neto

Coorientador

LAVRAS-MG

2021

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Marçal, Danielle Cristina Pereira.

Manejo e parâmetros genéticos de características reprodutivas
de fêmeas de tilápia do Nilo / Danielle Cristina Pereira Marçal. -
2021.

80 p.

Orientador(a): Rilke Tadeu Fonseca de Freitas.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2021.
Bibliografia.

1. parâmetros genéticos. 2. reprodução. 3. Oreochromis
niloticus. I. de Freitas, Rilke Tadeu Fonseca. II. Título.

DANIELLE CRISTINA PEREIRA MARÇAL

**MANEJO E PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS
REPRODUTIVAS DE FÊMEAS DE TILÁPIA DO NILO**

**MANAGEMENT AND GENETIC PARAMETERS OF REPRODUCTIVE
CHARACTERISTICS OF NILE TILAPIA FEMALES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Não Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 31 de agosto de 2021

Dr. Rafael Vilhena Reis Neto

UNESP

Dr. Thiago Archangelo Freato

EPAMIG

Dr. Renan Rosa Paulino

UFLA

Dr. Gilmara Junqueira Machado



Prof. Dr. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas

Orientador

LAVRAS-MG

2021

Aos meus pais, Aparecida e Gelson por me apoiarem e acreditarem nos meus sonhos.

A minha filha Maria Júlia por me ensinar tanto.

A Deus, sem o qual não conseguiria dar um passo sequer,

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), especialmente ao Departamento de Zootecnia (DZO), pela oportunidade outorgada de realizar meus estudos.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro do projeto.

Ao meu orientador, Prof. Rilke Tadeu Fonseca de Freitas pela orientação, confiança, ensinamentos, oportunidade e paciência.

Ao Prof. Rafael Vilhena Reis Neto, pela coorientação, paciência e ensinamentos.

Aos amigos que a pós-graduação me proporcionou, em especial Naiara, Diana e Cícero. Meu muito obrigada pelo companheirismo, ajuda e por me aturarem nos momentos de desespero.

A Gilmara Junqueira, pelo auxílio nas análises laboratoriais.

A Graziela Taroco e Mariana Resende pelo auxílio nas análises estatísticas.

Aos alunos da iniciação científica que ajudaram ao decorrer de todo experimento, sem vocês teria sido inviável.

Ao funcionário da Estação de Piscicultura, José Vitor, não existem palavras para descrever sua ajuda e amizade.

A todos meus familiares pelo apoio e por entenderem minha ausência em vários momentos.

Aos meus pais por não medirem esforços para tornarem meu sonho realidade.

A todos aqueles que, de forma direta ou indireta contribuíram para meu êxito pessoal e profissional.

“E tudo que pedirdes em oração, crendo, recebereis ”

Mateus 21:22

RESUMO GERAL

Embora a tilápia do Nilo seja amplamente produzida, sua natureza reprodutiva caracterizada por desova assíncrona torna-se um entrave para o atendimento constante da demanda de alevinos e da maior eficiência dos programas de melhoramento genético da espécie. Logo, estratégias que visam reduzir as consequências desse comportamento reprodutivo devem ser verificadas. Assim, a melhor compreensão da herança genética de características reprodutivas além de alternativas que visem a seleção fenotípica de fêmeas que estejam aptas a desova, podem beneficiar programas de melhoramento genético que necessitam de menor intervalo entre desovas para obtenção de um grande número de famílias em curto espaço de tempo, como também os incubatórios que buscam constância e uniformidade na produção de alevinos. Para isso, foram avaliadas a influência de duas formas de seleção fenotípica em 284 fêmeas de tilápias do Nilo das variedades UFLA VERMELHA e UFLA CINZA. Metade foi escolhida para acasalar através da verificação visual da papila urogenital e, a outra metade após receber massagem na papila urogenital no sentido crânio caudal, para retirada de uma amostra de ovócitos a fim de determinar visualmente o grau de maturação dos mesmos. Esses eram classificados como maduros, em maturação ou em fase de atresia. Semanalmente, os casais eram avaliados quanto a presença de desova, quando presente, as seguintes características eram avaliadas: sucesso da desova, peso da fêmea a desova (PFD), dias para desovar (DPD), peso da desova (PDD), número de ovos em 1 grama de desova (NOVOS), fecundidade absoluta (FA) e fecundidade relativa (FR). Além disso, foi verificado se o método de avaliação visual teve influência nos dias para a fêmea desovar. O processo de amostragem de ovócitos aumentou os dias que as fêmeas desovassem. Contudo, quando somente as fêmeas que tiveram os ovócitos classificados como maduros foram consideradas, os dias para desovar entre os métodos de seleção foram semelhantes. Não houve diferença significativa entre os diferentes manejos quanto ao desempenho reprodutivo das fêmeas. Em um segundo momento, foram estimados os parâmetros genéticos para PFD, DPD, PDD, NOVOS, FA e FR oriundos da desova de 172 fêmeas de tilápia. As estimativas de herdabilidade obtidas foram de 0,21, 0,03, 0,36, 0,14, 0,02 e 0,26, respectivamente, indicando que se procedida à seleção utilizando algumas das características de performance reprodutiva como critério de seleção, pode-se obter ganho genético e melhorar a eficiência reprodutiva do plantel.

Palavras-chave: Metodologia de seleção. *Oreochromis niloticus*. Parâmetros genéticos

GENERAL ABSTRACT

Although Nile tilapia is widely produced, the reproductive nature is characterized by asynchronous spawning becomes an obstacle to the constant supply of fingerling demand and the greater efficiency of the specie genetic improvement programs. Therefore, strategies that aim to reduce the consequences of this reproductive behavior must be verified. Thus, a better understanding of the genetic inheritance of reproductive traits, as well as alternatives aimed at the phenotypic selection of females that are able to spawn, can benefit genetic improvement programs that need a shorter interval between spawns to obtain a large number of families in short order space of time, as well as hatcheries that seek constancy and uniformity in the production of fingerlings. For this, the influence of two forms of phenotypic selection in 284 females of Nile tilapia of the varieties UFLA VERMELHA and UFLA CINZA were evaluated. Half were chosen to mate by visually checking the urogenital papilla and the other half after receiving massage on the urogenital papilla in the craniocaudal direction, to remove a sample of oocytes in order to visually determine their degree of maturation. These were classified as mature, maturing or atresia stage. The couples were evaluated weekly for the presence of spawning, when verified that, the following characteristics were evaluated: spawning success, female weight to spawn (PFD), days to spawn (DPD), spawning weight (PDD), number of eggs in 1 gram of spawn (NEW), absolute fecundity (FA) and relative fecundity (FR). In addition, it was verified whether the visual evaluation method had an influence on the days for the female to spawn. The oocyte sampling process increased the days the females spawned. However, when only females that had their oocytes classified as mature were considered, the days to spawn between selection methods were similar. There was no significant difference between the different managements regarding the reproductive performance of females. In a second moment, the genetic parameters for PFD, DPD, PDD, NOVOS, FA and FR from the spawning of 172 tilapia females were estimated. The heritability estimates obtained were 0.21, 0.03, 0.36, 0.14, 0.02 and 0.26, respectively, indicating that selection was carried out using some of the reproductive performance characteristics as selection criteria, one can obtain genetic gain and improve the reproductive efficiency of the herd.

Keywords: Selection methodology. *Oreochromis niloticus*. Genetic parameters

RESUMO INTERPRETATIVO E RESUMO GRÁFICO

Elaborado por **Danielle Cristina Pereira Marçal** e orientado por **Rilke Tadeu F. de Freitas**

Para que a produção de tilápia e os programas de melhoramento genético da espécie obtenham maior êxito, pesquisas que objetivem atenuar os problemas oriundos de sua natureza reprodutiva, caracterizada por desova assíncrona devem ser desenvolvidas. Dessa forma, foram avaliadas duas possíveis formas de selecionar fêmeas que possuam melhor desempenho reprodutivo: fenotípica e genética.

No primeiro estudo foi avaliada a utilização de dois métodos de seleção fenotípicos e suas possíveis influências no desempenho reprodutivo de fêmeas de tilápia do Nilo: a seleção de fêmeas para reprodução através da visualização de características morfológicas externas e, a seleção de fêmeas através da classificação macroscópica dos ovócitos. As fêmeas que passaram pelo processo de retirada de amostra de ovócitos demoraram mais dias para desovar. No entanto, quando somente as fêmeas que tiveram os ovócitos classificados como maduros foram avaliadas, esses dias foram semelhantes aos das fêmeas selecionadas por meio de características morfológicas externas. A classificação visual do grau de maturação do ovócito é uma alternativa viável na seleção de fêmeas quando essas não apresentam características externas que indiquem prontidão para a desova. O desempenho reprodutivo das fêmeas não diferiu entre os manejos reprodutivos avaliados.

O segundo estudo consistiu na avaliação de parâmetros genéticos de características reprodutivas de fêmeas de tilápias. Os resultados indicam que pode haver progresso genético se algumas características avaliadas forem usadas como critérios de seleção em programas de melhoramento genético de tilápias que visem o aumento da eficiência reprodutiva.

PPGZ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

MANEJO E PARÂMETROS GENÉTICOS DE CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DE FÊMEAS DE TILÁPIA DO NILO

SELEÇÃO FENOTÍPICA

MORFOLOGIA EXTERNA X **CLASSIFICAÇÃO MACROSCÓPICA DOS OVÓCITOS**

MADUROS **EM FORMAÇÃO** **ATRÉSICOS**

SELEÇÃO GENÉTICA

Com o intuito de atenuar os problemas oriundos da desova assíncrona em tilápias foi avaliadas possíveis formas de selecionar fêmeas com maior prontidão para desova. A seleção de fêmeas através da avaliação do grau de maturidade do ovócito aumentou os dias para que as fêmeas desovassem. No entanto, trata-se de uma alternativa viável para seleção de fêmeas que não apresentem características morfológicas que indiquem prontidão para desova. É possível a utilização de características de desempenho reprodutivo como critérios de seleção a fim de promover o aumento da eficiência reprodutiva em fêmeas de tilápia do Nilo.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1. Média de peso e desvio padrão das fêmeas das diferentes variedades e anos aquícolas.....	42
Tabela 2. Desempenho reprodutivo de dois grupos genéticos de tilápias sob diferentes metodologias de seleção	44
Tabela 3. Frequência dos diferentes graus do ovócito em relação aos dias para desovar.....	45
Tabela 4. Médias de dias para desovar de acordo com grau de classificação do ovócito	45

ARTIGO 2

Tabela 1. Significância dos efeitos fixos para peso da fêmea a desova (PFD), dias para desovar (DPD), peso da desova (PDD), número de ovos em 1g de desova (NOVOS), número de desovas no período de avaliação (NDESOVA), fecundidade absoluta (FA) e fecundidade relativa (FR).....	66
Tabela 2 Médias e desvios padrão das variáveis de desempenho reprodutivo das fêmeas avaliadas.....	67
Tabela 3. Estimativas dos valores de variância genética aditiva (σ^2_a), residual (σ^2_e), fenotípica (σ^2_p), herdabilidade (h^2) e seus respectivos intervalos de credibilidade nas características reprodutivas avaliadas	68

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	13
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 Aquicultura e produção de tilápia no Brasil e no mundo.....	14
2.2 Biologia reprodutiva da tilápia.....	15
2.4 Importância da seleção para características reprodutivas em tilápias.....	22
2.5 REFERÊNCIAS.....	25
SEGUNDA PARTE.....	38
ARTIGO 1- DESEMPENHO REPRODUTIVO DE FÊMEAS DE TILÁPIA DO NILO SUBMETIDAS A DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO.....	38
ARTIGO 2: É POSSÍVEL O AUMENTO DA EFICIÊNCIA REPRODUTIVA EM FÊMEAS DE TILÁPIAS DO NILO UTILIZANDO CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS COMO CRITÉRIO DE SELEÇÃO?.....	59

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

A tilápia do Nilo é a segunda espécie mais produzida mundialmente, e a de maior produção no Brasil (FAO 2020; PeixeBR, 2020). Entre as características que a torna atrativa destaca-se a sua rusticidade, tolerância a uma ampla gama de ambientes, rápido crescimento, hábito onívoro, qualidade e aceitação da sua carne pelos consumidores.

No entanto, a espécie possui padrão de desova assíncrono, que se torna fator limitante para produção, já que restringe a disponibilidade de alevinos de alta qualidade de forma contínua fazendo com que a fase de engorda trabalhe de forma ociosa. Isso faz com que muitos criadores mantenham um elevado número de reprodutores na tentativa de suprir tal demanda, aumentando os custos de produção.

Em programas de melhoramento genético, a fisiologia reprodutiva da espécie, é responsável pelo prolongamento na produção das famílias, o que pode levar a intervalos de nascimento de três meses ou mais. Essa produção prolongada acarreta no aumento dos efeitos ambientais comuns, e afetam negativamente a estimativa dos parâmetros genéticos.

Uma possibilidade para diminuir o tempo para obtenção do número de famílias desejadas nos programas de melhoramento genético de tilápias, é a formação de mais casais simultaneamente. Contudo, essa prática demanda na ampliação de infraestrutura, inviável na maioria dos casos.

A escolha das fêmeas que serão utilizadas como reprodutoras geralmente é baseada em características que envolvem a morfologia da papila urogenital conforme recomendação do manual do programa de melhoramento genético pioneiro da espécie, que correlaciona características da papila urogenital e cavidade celomática com dias para que ocorra a desova (WORLD FISH CENTER, 2004). Contudo, observa-se na prática, que tal metodologia de avaliação nem sempre tem sido eficiente na escolha das fêmeas que estão aptas a desovar em menos dias. Essa avaliação é agravada quando aplicada para outras variedades de tilápia que possuem coloração diferente, visto que a visualização fenotípica da papila envolve a observação da sua cor.

Apesar dos programas de melhoramento genético de tilápias serem os mais numerosos, não há nenhum destinado a seleção para características reprodutivas.

No entanto, como demonstrado, a eficiência reprodutiva é o fator que mais impacta economicamente os programas de melhoramento genético assim com a cadeia reprodutiva,

demonstrando a necessidade de estudos com foco na gestão e seleção de reprodutores uma vez que problemas nessa área têm sido constantemente relatados.

Assim, a melhor compreensão da herança genética de características reprodutivas além de alternativas que visem a seleção fenotípica de fêmeas que estejam aptas a desova, podem beneficiar programas de melhoramento genético que necessitam de menor intervalo entre desovas para obtenção de um grande número de famílias em curto espaço de tempo, como também os incubatórios que teriam constância e uniformidade na produção de alevinos.

Levando em consideração a demanda por pesquisas nesse âmbito, os estudos desenvolvidos tiveram como objetivo avaliar a influência de diferentes formas de seleção fenotípica de fêmeas para formação de casais em duas variedades de tilápia. Em um segundo momento, objetivou-se estimar parâmetros genéticos de características reprodutivas de diferentes variedades de fêmeas de tilápia nilótica.

Para alcançar os objetivos propostos, o estudo foi compartimentalizado em dois artigos:

Artigo 1: Desempenho reprodutivo de fêmeas de tilápia do Nilo submetidas a diferentes métodos de seleção.

Artigo 2: É possível o aumento da eficiência reprodutiva em fêmeas de tilápias do Nilo utilizando características reprodutivas como critério de seleção?

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aquicultura e produção de tilápia no Brasil e no mundo

A produção aquícola mundial tem expandido a taxas superiores à de outras atividades agrícolas (FAO, 2018). Tal expansão é aliada ao crescimento da população mundial, ao aumento dos padrões de vida nos países em desenvolvimento, e a maior conscientização dos benefícios nutricionais do consumo de peixe para saúde humana (FAO, 2012).

Estima-se que a produção global de peixes tenha atingido 179 milhões de toneladas em 2018 tendo movimentado 401 bilhões de dólares, sendo 250 milhões advindos da aquicultura. Desses, 156 milhões de toneladas foram destinadas ao consumo humano, que teve um aumento de 9,0 kg per capita em 1961 para 20,5kg per capita em 2018 (FAO, 2020).

A contribuição da aquicultura na produção global de peixes atingiu 46% em 2018, um aumento equivalente a 25,7% em relação a 2000 com 82,1 milhões de toneladas produzidas. Cerca de 59,5 milhões de pessoas trabalharam no setor primário da atividade: 39 milhões na pesca extrativista e 20,5 milhões na aquicultura (FAO, 2020).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é a segunda espécie de peixe mais produzida no mundo, correspondendo a 8,3% da produção total com 4 525.4 t produzidas em 2018. (FAO, 2020). Seu destaque mundial e nacional, com produção em pelo menos 125 países, deve-se as suas características como adaptabilidade, tolerância ao manejo e a uma ampla gama de ambientes (Cai et al., 2019; FAO, 2019).

Além disso, a tilápia tem um bom desempenho em água doce, água salobra e água do mar (Philippart; Ruwet, 1982; Beveridge; McAndrew, 2000). A espécie é de particular importância em países em desenvolvimento, onde são cultivadas não apenas para atender aos requisitos locais de proteína de forma rápida e eficiente, mas também como demanda local de trabalho (FAO, 2017).

No cenário nacional, a produção de peixes teve um aumento de 5,93% em 2020 quando comparada ao ano anterior, totalizando uma produção de 802.930 t. Quando considerada somente a produção de tilápias esse aumento foi 12,5%, atingindo 486.155 t, totalizando 60,6% da produção nacional (PeixeBR, 2021). É a única espécie no país com programas de melhoramento genético consolidados, o que tem fortalecido sua ascensão de produção em comparação com outras espécies (Silva et al., 2020).

Segundo dados da FAO (2020), em relação a aquicultura, o Brasil é o 13º produtor mundial com 605 t produzidas. Quando levado em consideração apenas a produção de tilápia do Nilo, o Brasil se consolidou como o quarto maior produtor (PeixeBR, 2020).

Sabendo-se do potencial hídrico do Brasil e seu clima favorável a ampla gama de espécies, há a possibilidade de que o mesmo se torne um dos maiores produtores mundiais (Rotta; Queiroz, 2003).

Considerando a participação da tilápia na produção total nacional e do potencial de crescimento da atividade no país, a tilapicultura tende a se expandir mais, respaldando a necessidade de pesquisas que propiciem êxito ao longo de toda a cadeia produtiva, tornando-a mais eficiente e sustentável.

2.2 Biologia reprodutiva da tilápia

Aproximadamente, 70 espécies de peixes da família *Cichlidae* são referidas como tilápia, embora poucas dessas espécies participem de forma efetiva da produção aquícola (Schoenen et al., 1982).

A divisão das espécies de tilápia é comumente realizada pelo seu modo de reprodução, sendo divididas basicamente em três diferentes subgêneros: *Tilapia*, *Oreochromis* e *Sarotherodon* (Yáñez; Joshi; Yoshida, 2020).

Em *Tilapia*, a desova ocorre no fundo do corpo d'água em ninhos com presença de substrato. O gênero *Oreochromis* tem desova caracterizada por construção de ninhos pelos machos e incubação de ovos na boca realizada pelas fêmeas (Trewavas, 1983; Popma; Green, 1990; Lapeyre et al., 2009).

No gênero *Sarotherodon*, tanto os machos quanto as fêmeas podem realizar a incubação de ovos na boca. Além disso, os pais permanecem juntos até os alevinos serem liberados da cavidade oral (Coward; Bromage, 2000).

De modo geral, as três espécies de tilápia que mais se destacam na produção comercial são pertencentes ao subgênero *Oreochromis*: a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), tilápia moçambicana (*Oreochromis mossambicus*) e a tilápia azul (*Oreochromis aureus*), sendo a tilápia do Nilo a mais amplamente distribuída e produzida (Bentsen et al., 2012; FAO, 2020).

Quanto as divisões dos estágios de desenvolvimento ovariano, há variações em número de fases na literatura de acordo com funções bioquímicas, estruturais, moleculares, morfológicas e histológicas abordadas (Siddiqui, 1979; Eyeson, 1979; Avarindan; Padmanabhan, 1972).

Sabe-se, no entanto, que diferentes ovócitos passam simultaneamente por fases distintas de desenvolvimento e maturação durante o crescimento ovariano (Bromage; Cumarantunga, 1988; Qiang et al., 2021a). Coward e Bromage (1998), relatam que ovócitos pre vitelogênicos foram recrutados para crescimento, quando o ovário estava com ocupação de aproximadamente setenta por cento de ovócitos considerados tardios ou em maturação. Ovos residuais pós desova também são relatados na literatura, e a quantidade varia de acordo com o comportamento reprodutivo (Peters, 1983; Srisakultiew; Wee, 1993).

Segundo Qiang et al. (2021a), os estágios de desenvolvimento ovariano podem ser classificados em II, III, IV e V, que vão desde a formação do vitelo até os ovócitos maduros prestes a serem desovados, podendo ser diferenciados pela cor (de Graaf et al., 1999), além dos ovócitos atrésicos (Figura 1).

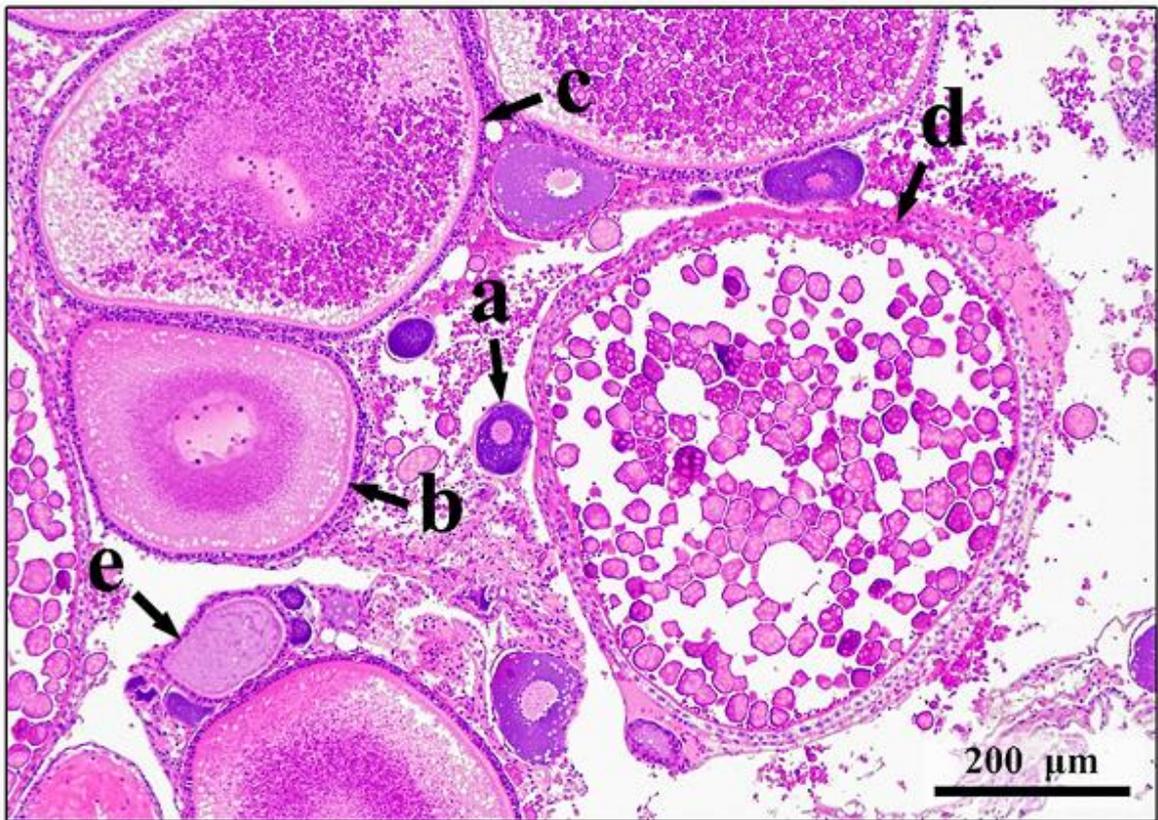


Figura 1. Desenvolvimento do ovócito de fêmeas de tilápia geneticamente melhoradas (*Oreochromis niloticus*). a: ovócitos no estágio II; b: ovócitos no estágio III; c: ovócitos no estágio IV, d: ovócitos no estágio V; e: folículo atrésico. Retirado de Qiang et al. (2021a).

Na tilápia nilótica que faz a incubação na boca, índices gonadossomáticos entre 4,6% e 10,2% são relatados. O índice gonadossomático (IGS), é definido como a porcentagem que as gônadas representam do peso corporal do indivíduo (Vazzoler, 1996).

Especificamente em peixes, a sazonalidade em paralelo com mudanças no comprimento do dia e no suprimento de alimentos, é uma característica imprescindível para desencadear eventos ligados ao desenvolvimento e maturação gonadal. Isso assegura que os peixes reproduzam em condições ambientais que favoreçam a sobrevivência da sua prole.

Assim, em habitat natural, em latitudes média e alta os peixes se reproduzem quando a temperatura e fotoperíodo aumentam, enquanto os peixes que habitam ambientes tropicais e subtropicais sincronizam quando há aumento da produtividade, normalmente marcada por chuvas sazonais e/ou movimentação das correntes oceânicas (Bromage et al., 2001).

Além dos fatores ambientais que envolvem da temperatura ao fotoperíodo, em ambientes controlados, outros aspectos como razão sexual, tamanho e idade dos reprodutores (El-Gamal, 1987; Al-Ahmed et al., 1988; Ridha; Cruz, 1989, Smith et al., 1991; Little; Hulata,

2000), nutrição de reprodutores e regime alimentar (Santiago et al., 1985; Izquierdo et al., 2001; Toguyeni et al., 2002; El-Sayed et al., 2005; Tahoun, 2007; Hammouda et al., 2008; Bombardelli et al., 2017; Sarmiento et al., 2018), densidade populacional de reprodutores (Bautista et al., 1988), troca e substituição de reprodutores (Little, 1989; Bimbao et al., 2000), sistema de incubação (Balarin; Haller, 1982; Guerrero; Garcia, 1983), frequência de remoção dos alevinos (Snow et al., 1983) e fatores sociais podem interferir no desempenho reprodutivo (Oliveira et al., 1996). Assim, observa-se que o processo de maturação é complexo e modulado por fatores exógenos e endógenos.

Peixes de desova múltipla, como a tilápia possuem intervalos entre desovas variáveis (Coward; Bromage, 2000), além de ser considerada uma espécie precoce, já que cinco dias após a eclosão, as gônadas começam a se formar, e por volta de 28 dias as diferenças gonadais são identificáveis (Yu et al., 2014). A maturidade sexual pode ser atingida com 30g, quando os alevinos possuem cerca de 3 a 4 meses (El-Sayed et al., 2003; Campos-Mendoza et al., 2004)

Após atingir a maturidade sexual, podem desovar durante todo o ano, se as condições, principalmente a temperatura da água, estiverem dentro da faixa adequada (Silva et al., 2020). O intervalo entre desovas é dependente de uma série de fatores, e podem variar de 8 a 12 por ano, em condições favoráveis de temperatura (Trewavas, 1983).

A periodicidade de desova entre as tilápias está intimamente relacionada a fatores ambientais como fotoperíodo, temperatura, salinidade e precipitação (Coward, Bromage, 2000).

Esses sinais são percebidos pelo cérebro e traduzidos em impulsos neurais que estimulam o sistema endócrino via eixo hipotálamo-hipófise-gônada a responder de maneira apropriada, de tal forma que a desova ocorra somente quando as condições favoreçam a fertilização dos ovócitos e o desenvolvimento dos embriões, conforme demonstrado na Figura 2. (deGraaf et al., 1999; Charo-Karisa et al., 2007; Little et al., 1994; Campos-Mendoza et al., 2004; Biswas et al., 2005; Brummet, 1995; Gunasekera et al., 1996; El Sayed et al., 2003; Lupatsch et al., 2010; Coward; Bromage, 2000; Mañanós et al., 2008; Zaniboni- Filho; Nuñez, 2004).

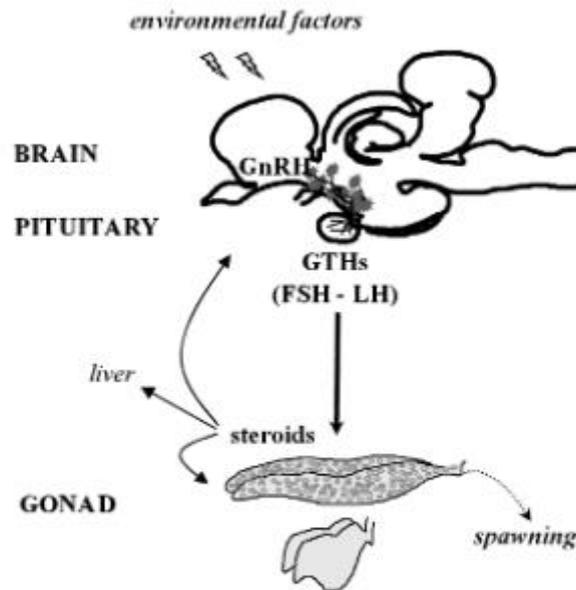


Figura 2. O eixo cérebro-hipófise-gônada (BPG), mostrando os hormônios críticos envolvidos na regulação da reprodução de peixes (Cabrita et al., 2008).

Nesse eixo, as gonadotrofinas hipofisárias (GtHs), o hormônio folículo-estimulante (FSH) e o hormônio luteinizante (LH) são os principais agentes do controle endócrino da reprodução. A secreção das duas GTHs é controlada pelo cérebro através da ação estimuladora do hormônio liberador de gonadotropina (GnRH). Este neuropeptídeo é o principal regulador da reprodução, atuando como um integrador da informação externa (por exemplo, ambiente) e enviando dados neuroendócrinos para a regulação do eixo reprodutivo. A secreção de gonadotropina na glândula pituitária ativa a sinalização cAMP via intracelular promovendo a transcrição do gene e a secreção de FSH e LH que são liberados na corrente sanguínea para atuar na gônada, onde estimulam a síntese de hormônios esteróides gonadais, como estradiol- 17β (E2) e progesterona (P), regulando o desenvolvimento gonadal e promovendo a maturação dos ovócitos (Onuma et al., 2003; Cabrita et al., 2008; Servili et al., 2020).

Além desses fatores, a variedade utilizada, tamanho das fêmeas, estado nutricional e condições de cultivo exercem grande influência no aumento ou redução do intervalo entre desovas, sendo relatados intervalos de desova variando de 14 a 55 dias (El Sayed, 2006; Campos Mendoza et al., 2004).

A reprodução em espécies de peixes de clima temperado é caracterizada por padrão sazonal, uma vez que eles se reproduzem apenas uma vez por ano, e que a falta do ciclo circadiano resulta na consequente diminuição da produção de melatonina podendo interromper

a reprodução (Brüning et al., 2015). Esta hipótese é apoiada por numerosos estudos que comprovam uma inibição da maturação sexual a condições variadas de luz em várias espécies (Davie et al., 2007; García-López et al., 2006).

Tilápias de regiões equatoriais possuem reprodução constante ao longo do ano, e a medida que se distanciam da região equatorial há uma maior sazonalidade com ciclos mais definidos (Lowe- McConnell, 1958).

Alba et al. (2019), investigaram a existência de ritmos na expressão gênica do eixo cérebro- hipófise- gônada (BPG) e esteroides sexuais no plasma em tilápias (*Oreochromis niloticus*) mantidas em ciclo 12:12 (claro: escuro), analisando a expressão de genes- chave no cérebro, hipófise e gônada. Em suma, a pesquisa revelou a existência de ritmos diários de fatores desencadeadores do controle da reprodução da tilápia, destacando a necessidade de considera-los ao discutir a sua fisiologia reprodutiva. Estes resultados podem ajudar a melhorar o design dos protocolos de reprodução estabelecido na indústria e, assim, minimizar os principais problemas na reprodução dessa espécie através, por exemplo, da fertilização artificial.

Quanto a razão sexual (razão entre fêmeas fertilizáveis e machos sexualmente ativos em um dado momento), é sabido que a relação macho: fêmea utilizada pode exercer forte influência sobre o desempenho reprodutivo em tilápias.

De modo geral, há um consenso de que a proporção adequada deve proporcionar a fêmea encontrar facilmente um macho (Little, 1989; Chapweteka et al., 2016). A escolha da proporção sexual apropriada poderia ajudar a melhorar a produção de alevinos, reduzir o desperdício de recursos e do custo de produção (Khalfalla et al., 2008; Muntaziana et al., 2011).

A densidade de lotação também é fator influenciador no desempenho reprodutivos dos peixes. Relação inversa entre densidade populacional e porcentagem de desova em fêmeas foram encontradas ao produzir híbridos de *Oreochromis niloticus* e *O. hornorum*, provavelmente devido a alguns fatores químicos ou comportamentais (Lovshin, 1982).

Entre os fatores comportamentais pode-se destacar a quebra de hierarquia (Little et al., 1989), e interação, seja ela social, audível, olfatória, ou por estimulação química (Hubbard et al., 2014; Huertas et al., 2014; Keller-Costa et al., 2015). Além disso, as fêmeas preferem acasalar com machos dominantes acarretando na monopolização das fêmeas (Gonçalves de Freitas; Ferreira, 2004; Cotton et al., 2006).

Mudanças ambientais abruptas também podem interferir na sincronia e intensidade da desova em tilápias. Tais mudanças consistem na redução da temperatura por um período

determinado (choque térmico) e acondicionamento em alta densidade (Mires, 1982; Srisakultiew; Wee, 1998; Little et al., 1993; Bhujel, 2000).

Em programas de melhoramento genético, a redução no intervalo entre desovas pode proporcionar um maior número de famílias em menor tempo (WorldFish Center, 2004; Ponzoni et al., 2007).

Contudo, essa redução pode acarretar na diminuição dos ovos, visto que há uma redução no período de vitelogênese (Coward; Bromage, 2000). A redução no tamanho dos ovos, ainda que permita o aumento no número de ovos, pode acarretar em maior susceptibilidade a ectoparasitas e/ ou causar maior mortalidade entre os alevinos (Rana, 1988; Rana; Macintosh, 1988).

Outro fator que influencia o tamanho dos ovos e a frequência da desova é a idade. Essa por sua vez, está intimamente relacionada ao tamanho e peso corporal (Coward; Bromage, 1999). Desse modo, devido à dificuldade de medição precisa da idade, em estudos que avaliam as características reprodutivas, o peso é comumente utilizado como parâmetro para seleção (Yoshida et al., 2015).

Assim, em pesquisas que avaliam a eficiência reprodutiva de fêmeas, observa-se uma diminuição da frequência das desovas e aumento do número de ovos por desova em fêmeas mais velhas, o que garante a elas uma maior fecundidade absoluta em comparação a fêmeas que estão iniciando a vida reprodutiva (Watanabe; Kuo, 1985; Galman et al., 1988; Silva et al., 2007; Getinet et al., 2008; Tahoun et al., 2008; Tsadik, 2008; Almeida et al., 2013; Yoshida et al., 2015). Contudo, o número de ovos por desova é altamente variável (Lupatsch et al., 2010).

Já Valentin et al. (2015) avaliando a influência de diferentes idades maternas (6 anos, 3 anos, 8 meses) nas taxas reprodutivas em tilápias do Nilo não encontraram diferenças na fecundidade absoluta, ressaltando a interação com outros fatores como diferentes tipos de manejo, localização e alimentação.

Quanto a fecundidade relativa, fêmeas mais jovens tendem a possuir maior capacidade de produção de ovos proporcionalmente ao seu peso (Getinet, 2008; Valentin et al., 2015).

Sabendo que a fecundidade é representada pelo número total de ovos produzido por peixe, e que pode ser expressa em função do número de ovos por desova (fecundidade absoluta) ou da relação entre o número de ovos e peso corporal (fecundidade relativa) (Izquierdo et al., 2001), a utilização de fêmeas mais pesadas deve ser ponderada. Fêmeas maiores acarretam em maior demanda por espaço físico, aumenta os custos com alimentação e há uma redução na qualidade da água devido a maior requerimento de oxigênio (Moura et al., 2011).

Coward & Bromage (1999) observaram a desova de apenas 31% de fêmeas com mais de 350 gramas. Segundo Woodhead (1978), com o avançar da idade há o enchimento dos ovários com tecido conjuntivo, espessamento da parede e redução do tecido germinativo, características naturais da senescência que afetam o desempenho reprodutivo.

O número máximo de ovos por Kg/fêmea além de ter relação com o peso da fêmea, pode ser influenciado pela genética, estresse e condições de cultivo (Gómez-Márquez et al., 2003; Gupta; Acosta. 2004; Santos et al., 2006; Bombardelli et al., 2009; Almeida et al., 2013; Silva et al., 2020).

O cuidado parental também exerce influência sobre a duração do ciclo de desova. Em *O. niloticus*, o cuidado parental exerceu inibição do desenvolvimento ovariano (Little et al., 1993; Tacon et al., 1996). Nesse caso, a remoção de ovos da boca torna-se uma alternativa (Silva et al., 2020).

Em suma, são vários fatores e interações entre eles que influenciam periodicidade da desova indicando a necessidade de mais estudos sobre todos os mecanismos envolvidos nesse controle.

2.4 Importância da seleção para características reprodutivas em tilápias

Nos últimos anos, a tilápia tornou-se uma das espécies mais importantes comercialmente de água doce. Oriunda da África, foi amplamente distribuída em países tropicais e subtropicais. O amplo interesse pela espécie deve-se a alguns de seus atributos fisiológicos. As tilápias são capazes de tolerar uma variedade de condições ambientais e podem se adaptar a amplas faixas de salinidade, oxigênio e superlotação, são fortemente resistentes a doenças e infecções e são passíveis de manuseio. Mais importante, as tilápias são altamente valorizadas pelos seres humanos como fonte de alimento (Coward; Bromage, 2000).

No entanto, é sabido que a reprodução desta espécie é caracterizada por maturidade precoce, baixa fecundidade e desova de natureza assíncrona (Yoshida et al., 2017; Qiang et al., 2021 b).

Além dos fatores complicadores da fisiologia reprodutiva da espécie, fatores como diversidade de condições ambientais (Duponchelle et al., 2000; Yoshida et al., 2015), acasalamento aninhado (Trọng et al., 2013), razão sexual (Barman; Little, 2006; Tsadik; Bart 2007), e respostas correlacionadas indesejadas na reprodução ao selecionar para o crescimento (Trọng et al., 2013) contribuem para a grande variação no desempenho reprodutivo (Hamzah et al., 2014).

Para compensar essa inconstância na produção de alevinos devido a variação do desempenho reprodutivo, incubatórios tem aumentado o número de reprodutores (Jalabert; Zohar, 1982; Coward; Bromage, 2000). Essa prática impacta em toda a cadeia produtiva do pescado, visto que demanda maiores instalações, gastos com insumos e funcionários para manter um plantel de reprodutores, onde nem todos chegam a produzir descendentes, aumentando assim os custos operacionais que são repassados aos demais setores (Campos-Mendoza et al., 2004).

Esses entraves na reprodução da espécie, influenciam toda a cadeia produtiva limitando o crescimento da tilapicultura visto que é necessário que a produção de alevinos acompanhe o crescimento da produção para que a demanda seja suprida, evitando que a fase de engorda trabalhe de forma ociosa (Bhujel, et al., 2001; Coward; Bromage, 2000).

Claramente, o maior desenvolvimento da tilapicultura não apenas mostra um enorme potencial, como se torna uma necessidade nos próximos anos. A otimização da eficiência dos incubatórios é importante pois permite uma maximização da produção.

As tilápias sexualmente maduras, passam por ciclos reprodutivos sucessivos em intervalos de 4-6 semanas. Teoricamente, isso deve levar a produção quase contínua de alevinos, assumindo que a variação ambiental sazonal permaneça mínima. Sob condições intensivas, no entanto, baixa fecundidade e a natureza assíncrona dos ciclos da reprodução levam à produção desuniforme de alevinos (Jalabert e Zohar, 1982) e, como consequência, lotes restritos de alevinos para crescimento.

Em espécies terrestres e em plantas, oMACs programas de melhoramento genético contribuíram substancialmente para o aumento da produtividade e para a viabilidade da indústria. Em contrapartida, a maioria das unidades populacionais de aquicultura em uso nos países em desenvolvimento são geneticamente semelhantes ou inferiores aos exemplares selvagens e não domesticados (Eknath, 1991; Brummett et al., 2004).

Há evidências de que programas de melhoramento genético em animais aquáticos podem ter o mesmo efeito positivo que tiveram na pecuária e algumas plantas (Gjedrem, 1998, 2000; Hulata, 2001). Exemplos disso são os programas GIFT (Genetically Improved Farmed Tilapia) com *Oreochromis niloticus* (Gupta; Acosta, 2004) e o Jayanti rohu com *Labeo rohita* (Mahapatra et al., 2006).

Respostas anuais à seleção muitas vezes parecem insignificantes quando comparada com os ganhos que podem ser alcançados através da expansão, melhoria da nutrição e intensificação do sistema de produção.

A resposta a seleção medida em uma população não fornece uma boa medida do impacto potencial dos ganhos genéticos. Com uma estrutura industrial adequada, respostas cumulativas à seleção alcançada em um núcleo submetidos ao melhoramento genético, podem ser passadas aos multiplicadores e, por sua vez, aos agricultores (Ponzoni et al., 2007) (Figura 3).

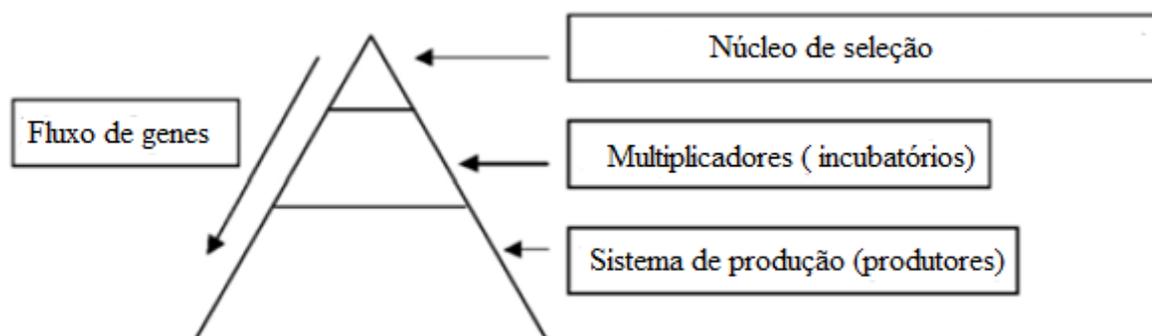


Figura 3. Fluxo de genes dos núcleos de melhoramento aos produtores

Adaptado de Ponzoni et al. (2007)

O potencial para expressão de pequenas mudanças acumuladas em milhares ou milhões de animais é o que faz dos programas de melhoramento genético um dos mais poderosos e mais baratos meios de aumentar a eficiência da aquicultura.

Apesar dos programas de melhoramento genético de tilápias serem os mais numerosos, não há nenhum destinado a seleção para características reprodutivas (Neira et al., 2017).

Parte da progênie do núcleo em uma desova é requerida para serem selecionados como candidatos a serem pais da próxima geração. Este número é insignificante em relação ao total que pode ser produzido, e os animais excedentes desta desova, assim como todos os peixes de outras desovas no ano são destinadas as incubadoras.

Ponzoni et al. (2007) examinaram as consequências de diferentes eficiências reprodutivas, variando de baixa, como desova natural em lagoas, a alta, como com a desova em tanques ou hapas juntamente com coleta de ovos e incubação artificial. Os autores concluíram que a eficiência reprodutiva a nível de núcleo e dos incubatórios, é o fator que mais impacta economicamente em um programa de melhoramento e na cadeia produtiva, devendo ser alvo dos programas de melhoramento genético.

Assim, a seleção para características reprodutivas beneficiaria não somente os programas de melhoramento genético que necessitam da uniformização da desova para obtenção de um grande número de famílias em curto espaço de tempo (Ponzoni et al., 2011,

Bentsen et al., 2012), bem como os incubatórios que teriam alevinos mais uniformes, e os produtores que fazem a engorda dos animais para posterior venda do produto final.

Características reprodutivas de importância econômica incluem a fecundidade, definida como o número total de ovos por desova de uma fêmea (Rana, 1988), frequência de desova e taxa de sobrevivência de alevinos (DeSilva, 1986; Rana, 1988; Mair et al., 1993; Macintosh; Little, 1995; Coward; Bromage, 1999; Osure; Phelps, 2006; Lupatsch et al., 2010), entre outras. Com altas taxas reprodutivas, os custos com a manutenção feminina tornam-se reduzidos e outras características como taxa de crescimento e resistência a doenças, que devido à alta taxa reprodutiva pode ser expressa num grande número de animais.

Vale ressaltar, que deve-se atentar a quais características reprodutivas avaliadas serão alvos de seleção, visto que podem haver divergências dos setores da cadeia. Um exemplo é a fecundidade. Os incubatórios comerciais podem preferir ter fêmeas altamente fecundas já que o principal interesse é a venda de alevinos para a produção. Pelo contrário, os produtores em crescimento preferem os animais com maior ingestão de alimentos em detrimento da fecundidade para que priorize o crescimento à reprodução, de modo a favorecer a conversão eficiente da energia metabólica em crescimento / ou deposição (Thoa et al., 2017).

Por fim, o desenvolvimento e sustentabilidade a longo prazo das indústrias aquícolas dependem do aumento da produção de alevinos de alta qualidade a partir de variedades melhoradas. A eficiência reprodutiva dessas variedades desempenha um papel fundamental na eficiência econômica de toda a cadeia produtiva do pescado

2.5 REFERÊNCIAS

Al-AHMAD, T., M. RIDHA., A. A. AL-AHMED. Reproductive performance of the tilapia *Oreochromis spilurus* in seawater and brackish groundwater. **Aquaculture**, 73 (1/4): 323-332. 1988.

ALBA, G., et al. Daily rhythms in the reproductive axis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): Plasma steroids and gene expression in brain, pituitary, gonad and egg. **Aquaculture**, 507,313–321. 2019.

ALMEIDA, D. B. et al. Reproductive performance in female strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Int.** 21:1291–1300, 2013.

AVARINDAN, C.M; PADMANABHAN, K.G. Source of a new crop of oocytes in Tilapia = mossambica. **Helgoländer wiss. Meeresunters.** 23, 184–192. 1972

BALARIN, J.D; HALLER, R. D. The intensive culture of tilapia in tanks, raceways, and cages. In: **Recent Advances in Aquaculture** (eds J.F. Muir and R.J. Roberts) Westview Press: Boulder, Colorado, USA, pp. 266–355. 1982.

BARMAN, B.K; LITTLE, D. C. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) seed production in irrigated rice-fields in Northwest Bangladesh—an approach appropriate for poorer farmers? **Aquaculture** 261: 72-79. 2006.

BAUTISTA, A. M. A; CARLOS, M. H; SAN ANTONIO, A. I. Hatchery production of *Oreochromis niloticus* L. at different sex ratios and stocking densities. **Aquaculture**, 73: 85-89. 1988.

BENTSEN, H, B et al. Genetic improvement of farmed tilapias: genetic parameters for body weight at harvest in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during five generations of testing in multiple environments. **Aquaculture** 338: 56-65. 2012.

BENTSEN, H. B. et al. Genetic improvement of farmed tilapias: genetic parameters for body weight at harvest in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during five generations of testing in multiple environments. **Aquaculture** 338–341, 56–65. 2012.

BEVERIDGE, M.C.M., McANDREW, B.J. **Tilapias: Biology and Exploitation**. Kluwer Academic Publishing, Great Britain. p.505. 2000.

BHUJEL, R. C. A review of strategies for the management of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodfish in seed production systems, especially hapa-based systems. **Aquaculture** 181, 37–59. 2000.

BIMBAO, G. B. et al. Socioeconomics and production efficiency of tilapia hatchery operations in the Philippines. **Aquaculture Economics and Management** 4(1/2):49-63. 2000.

BISWAS, A. K. et al. Control of reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by photoperiod manipulation. **Aquaculture** 243, 229–239. 2005.

BOMBARDELLI, R. A. et al. Reproductive and animal performance and lipids deposition in hepatocytes for Nile tilapia females fed different levels of energy in the ration. **R Bras. Zootec.** 38:1391–1399. 2009.

BOMBARDELLI, R.A. et al. Growth and reproduction of female Nile tilapia fed diets containing different levels of protein and energy. **Aquaculture**, v.479, p.817-823. 2017.

BROMAGE, N., M. PORTER AND C. RANDALL. The environmental regulation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. **Aquaculture** 197: 63–98. 2001.

BROMAGE, N.R; CUMARANATUNGA, P.R.T. Egg production in the rainbow trout. In: Muir, J.F. and Roberts, R.J. (eds), **Recent Advances in Aquaculture**. Croom Helm, London and Sydney, pp. 65–138. 1988.

BRUMMET R.E. Environmental regulation of sexual maturation and reproduction in tilapia. **Reviews in Fisheries Science** 3, 231–248. 1995.

BRUMMETT, R.E., ANGONI, D.E., POUOMOGNE, V. On-farm and on-station comparison of wild and domesticated Cameroonian populations of *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture** 242, 157–16. 2004.

BRÜNING, A. et al. Spotlight on fish: Light pollution affects circadian rhythms of European perch but does not cause stress. **Science of the Total Environment** 511 516–522. 2015.

CABRITA, E.; ROBLES, V.; HERRA´EZ, M. P. Methods in Reproductive Aquaculture: Marine and Freshwater Species. **Biology Series CRC Press** (Taylor and Francis group). 2008.

CAI, J. et al. Top 10 species groups in global aquaculture 2017. WAPI factsheet. June, 7. 2019. <https://www.fao.org/3/ca5224en/ca5224en.pdf>

CAMPOS-MENDOZA, A. et al. Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. **Aquaculture** 231, 299–314. 2004.

CHAPWETEKA, D; MZENGEREZA, K; ZIDANA, H . Fry Production in Tilapia Rendalli Stocked in Suspended Earthen Pond Hapas at Different Sex Ratios. **Int J Marine Sci Ocean Technol.** 3(5), 50-54. 2016.

CHARO-KARISA H. et al. Phenotypic and genetic parameters for body measurements, reproductive traits and gut length of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) selected for growth in low-input earthen ponds. **Aquaculture** 273, 15– 23. 2007.

COTTON, S; SMALL, J; POMIANKOWSKI, A. Sexual selection and condition-dependent mate preferences. **Curr Biol** 16:755–765. 2006.

COWARD, K; BROMAGE, N. R. Spawning periodicity, fecundity and egg size in laboratory held stocks of a substrate-spawning tilapiine, *Tilapia zillii* (Gervais). **Aquaculture** 171, 251 - 267. 1999.

COWARD, K; BROMAGE, N.R. Reproductive physiology of female tilapia broodstock. **Reviews in Fish Biology and Fisheries** 10, 1, 1- 25. 2000.

COWARD, K; BROMAGE, N. R. Histological Classification of Oocyte Growth and the Dynamics of Ovarian Recrudescence in *Tilapia zillii*. **Journal of Fish Biology**, 53, 285-302. 1998.

DAVIE, A. et al. Inhibition of sexual maturation in tank reared haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) through the use of constant light photoperiods. **Aquaculture** 270, 379–389. 2007.

de MOURA, O. S. et al. Larval development and females weight influence on Nile tilapia fecundity. **Rev. Bras. Ciênc. Agrárias** 6:531–537. 2011.

de SILVA S.S. Reproductive biology of *Oreochromis mossambicus* populations of man-made lakes in Sri Lanka: a comparative study. **Aquaculture and Fisheries Management** 17, 31–47. 1986.

de GRAAF, G. J; GALEMONI, F; HUISMAN, E. A. Reproductive biology of pond reared Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture Research** 30, 25–33. 1999.

DUPONCHELLE F, CECCHI P, CORBIN D, NUÑEZ J AND LEGENDRE M. Variations in fecundity and egg size of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, from man made lakes of Côte d'Ivoire. **Environ Biol Fish** 57(2): 155-170. 2000.

EKNATH, A.E. Simple broodstock management to control indirect selection and inbreeding: Indian carp example. *NAGA, The ICLARM Quarterly* 738, 13–14. 1991.

EL SAYED A.; F.M.; MANSOUR C.R.; EZZAT A.A. Effects of dietary protein level on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different water salinities. **Aquaculture** 220, 619–632. 2003.

EL-GAMAL, A. R. **Reproductive performance, sex ratio, gonadal development, cold tolerance, viability, and growth of red and normally pigmented hybrids of *Tilapia aureus* and *Tilapia niloticus***. Ph.D. Dissertation, Auburn University, USA. 1987.

EL-SAYED, A. F. M; MANSOUR, C. R; EZZAT, A. A. Effects of dietary lipid source on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different water salinities. **Aquaculture**, 248: 187– 196. 2005.

EL-SAYED, A.F.M. Effects of fermentation methods on the nutritive value of water hyacinth for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. **Aquaculture**, v. 218, p. 471-478, 2003.

EYESON, K.N. Studies on egg production, spawning and fry development in *Tilapia melanotheron*. **Ghana J. Sci.** 17, 25–34. 1979.

FAO – Food and Agriculture Organization, **State of the World Fisheries and Aquaculture** 2012. FAO, Rome, p. 209. 2012.

FAO- A world overview of species of interest to fisheries. *Oreochromis niloticus*. In: **FIGIS Species Fact Sheets** [Online]. FAO, Rome Available. 2017.

FAO. Fisheries and aquaculture software. **FishStatJ** - Software for Fishery and Aquaculture Statistical Time Series. 2019.

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action.** Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en> .2020.

GALMAN, O.R., MOREAU, J; AVTALION, R. Breeding characteristics and growth performance of Philippine red tilapia. In: R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthai and J.L. MACLEAN (Editors), **The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture.** ICLARM Conference Proceedings 15, Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, The Philippines, pp. 169-175. 1988.

GARCÍA-LÓPEZ, Á. et al. Disruption of gonadal maturation in cultured Senegalese sole *Solea senegalensis* Kaup by continuous light and/or constant temperature regimes. **Aquaculture** 261, 789–798. 2006.

GETINET, G. T. Effects of maternal age on fecundity, spawning interval, and egg quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Journal of the World Aquaculture Society** 39:671-677. 2008.

GJEDREM, T. Developments in fish breeding and genetics. **Acta Agric. Scand., Sect. A, Animal Sci.** Suppl. 28, 19–26. 1998.

GJEDREM, T. Genetic improvement of cold-water species. **Aquac. Res.** 31, 25–33. 2000.

GÓMEZ-MÁRQUEZ, J. L. et al. Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelco lake, Morelos, Mexico. **Revista de Biología Tropical** 51:221-228. 2003.

GONÇALVES DE FREITAS, E; FERREIRA, A. C. Female social dominance does not establish mating priority in Nile tilapia. **Rev Etol** 6:33–37. 2004.

GUERRERO III, R.D. Control of tilapia reproduction, pp. 309–316. In: Pullin, R.S.V., Lowe McConnell, R.H.Eds., **The biology and culture of tilapias**, ICLARM Conference Proceedings 7, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, p.432. 1982.

GUERRERO, R. D. III, A. M. GARCIA. Studies on the fry production of *Oreochromis niloticus* L. in a lake-based hatchery. In: Fishelson, L. and Yaron, Z. (Editors). **Proceedings of the International Symposium on Tilapias in Aquaculture**. Tel Aviv University: Tel Aviv, Israel, pp. 388–393. 1983.

GUNASEKERA R.M., SHIM K.F.; LAM T.J. Effect of dietary protein level on spawning performance and amino acid composition of eggs of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture** 146, 121–134. 1996.

GUPTA, M. V; ACOSTA, B. O. From drawing board to dining table: the success story of the GIFT project. **NAGA**, Worldfish Center Quarterly 27:4–14.2004.

HAMMOUDA, Y. A. F. et al. Effect of dietary protein levels and sources on reproductive performance and seed quality of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) broodstock. **Abbassa International Journal for Aquaculture**, 1(A):55-78. 2008.

HUBBARD, P.C.et al. Chemical communication in tilapia: a comparison of *Oreochromis mossambicus* with *O. niloticus*. **Gen. Comp. Endocrinol.** 207, 13–20. 2014.

HUERTAS, M. et al. Tilapia male urinary pheromone stimulates female reproductive axis. **Gen. Comp. Endocrinol.** 196, 106–111. 2014.

HULATA, G. Genetic manipulations in aquaculture: a review of stock improvement by classical and modern technologies. **Genetics** 111, 155–173. 2001.

IZQUIERDO, M. S., H. FERNANDEZ-PALACIOS, A. G. J. TACON. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. **Aquaculture**, 197: 25–42. 2001.

JALABERT B AND ZOHAR Y. Reproductive physiology in cichlid fishes, with particular reference to Tilapia and Sarotherodon. In: Pullin RSV and Lowe-McConnell RH (Eds), *The Biology and Culture of Tilapias (ICLARM conference proceedings 7)*. **International Center for Living Aquatic Resources Management**, Manila, Philippines, p. 129-140. 1982.

JUNNING, C. et al. Top 10 species groups in global aquaculture 2017. WAPI factsheet June, 7. 2019. <http://www.fao.org/3/ca5224en/ca5224en.pdf>

KELLER- COSTA, T ; CANÁRIO, A. V. M; HUBBARD, P. C. Chemical communication in cichlids: A mini-review. **Gen. Comp. Endocrinol.** <http://dx.doi.org/10.1016/j.ygcen.2015.01.001>. 2015.

KHALFALLA, M. M. et al. Broodstock sex ratio on growth and reproductive performance of blue tilapia *Oreochromis aureus* (steindachner) reared in hapas. In: **8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture**. 2008.

LAPEYRE, B.A., MÜLLER-BELECKE, A., HÖRSTGEN-SCHWARK, G., 2009. Control of spawning activity in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (L.) by temperature manipulation. **Aquac. Res.** 40, 1031–1036. 2009.

LITTLE D. C. **An evaluation of strategies for production of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fry suitable for hormonal treatment**. Ph. D. Dissertation, Institute of Aquaculture, University of Stirling, Stirling. 1989.

LITTLE D.C., SIKAWA D., JUNTANA J. **Commercial production and marketing of Nile tilapia, (*Oreochromis niloticus*) fry in Chonburi and Chachoengsao provinces, Thailand.** **NAGA** The ICLARM Quaterly, April, 14-17. 1994.

LITTLE, D. C; HULATA, G. Strategies for tilapia seed production. p. 267-326, in: Beveridge, M.C.M. and B.J. McAndrew (Editors), **Tilapias: Biology and Exploitation**. Kluwer Acad. Publ., Dordrecht, The Netherlands. 2000.

LITTLE, D.C.; MACINTOSH, D. J; EDWARDS, P. Improving spawning synchrony in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquacult. Fish. Manage.** 24, 399–405. 1993.

LOVSHIN, L.L. Tilapia hybridization. p. 279–308. In: Pullin, R.S.V., Lowe-McConnell, R.H. Eds., The biology and culture of tilapias, **ICLARM Conference Proceedings 7**, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, p.432. 1982.

LOWE-MCCONNELL, R. H. Observations on the biology of *Tilapia nilotica* Linn. (Pisces: Cichlidae) in East African waters. **Revue Zool. Bot. Afr.** 57, 129–170. 1958.

LUPATSCH I., DESHEV R. & MAGEN I. Energy and protein demands for optimal egg production including maintenance requirements of female tilapia *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Research** 41, 763–769. 2010.

MACINTOSH, D.J; LITTLE, D.C. Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). In: Bromage, N.R. and Roberts, R.J. (eds), **Broodstock Management and Egg and Larval Quality**. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK, p. 227–320. 1995.

MAHAPATRA, K., JANA, R.K., SAHA, J.N., GJERDE, B., SARANGI, N. Lessons from the breeding program of Rohu. In: Ponzoni, R.W., Acosta, B., Ponniah, A.G. (Eds.), **Development of Aquatic Animal Genetic Improvement and Dissemination Programs: Current Status and Action Plans. WorldFish Center Conference Proceedings**, Penang, Malaysia, vol. 73, pp. 34–40. 2006.

MAIR G.C, ESTABILLO C.C., SEVILLEJA R.C., RECOMETA R.D.. Small-scale fry production systems for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture and Fisheries Management** 24, 229–235. 1993.

MAÑANÓS, E.; DUNCAN, N.; MYLONAS, C. Reproduction and control of ovulation, spermiation and spawning in cultured fish. In: CABRITA, E.; ROBLES, V.; HERRÁEZ, P. (Ed.)

Methods in Reproductive Aquaculture Marine and Freshwater Species. Ed. Taylor e Francis. p.549. 2008.

MIRES, D. Study of the problems of the mass production of hybrid tilapia fry. In: Pullin, R.S.V. and Lowe-McConnell, R.H. (eds), **The Biology and Culture of Tilapias** (ICLARM conference proceedings 7). International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, pp. 317–329. 1982.

MUNTAZIANA, M. P. A.; RAHIM, A. A.; AMIN, S. M. N. Effect of broodfish sex ratio on seed production of red tilapia in suspended hapa. **Journal of Fisheries and aquatic science** 6 (7): 862-866. 2011.

NEIRA, R., YÁÑEZ, J. M., LHORENTE, J. P. Short Review: Breeding programs in fish aquaculture: historical context and perspectives. **Aquaculture**, Vol. 472: 85-86. 2017.

OLIVEIRA, R.F., ALMADA, V.C., CANARIO, A.V.M. Social modulation of sex steroid concentrations in the urine of male cichlid fish *Oreochromis mossambicus*. **Horm. Behav.** 30, 2–12. 1996.

ONUMA, Tet al. Year-to-year differences in plasma levels of steroid hormones in pre-spawning chum salmon. **Gen. Comp. Endocrinol.** 133, 199–215. 2003.

PEIXE BR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA - **ANUÁRIO Peixe BR** da Piscicultura. 2021. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2021/>. Acesso em: 15 março de 2021.

PETERS, H. M. Fecundity, egg weight and oocyte development in tilapias (Cichlidae, Teleostei) (ICLARM Translations 2). **International Center for Living Aquatic Resources Management**, Manila, Phillipines, p.28, 1983.

PHILIPPART, J.C; RUWET, J.C. Ecology and distribution of tilapias. In: Pullin, R.S.V., Lowe McConnell, R.H. (Eds.), **The Biology and Culture of Tilapias**. ICLARM Conference Proceeding 7. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, p. 15– 59. 1982.

PONZONI R. W. et al. Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to the work conducted by the WorldFish Center with the GIFT strain. **Aquaculture** 3: 27-41.2011.

PONZONI, R. W; NGUYEN, N. H; KHAW, H. L. Investment appraisal of genetic improvement programs in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture** 269, 187–199. 2007.

POPMA, T.J., GREEN, B.W. Sex reversal of tilapia in earthen ponds. **International Center for Aquaculture and Aquatic Environments**, Department of Fisheries and Allied Aquacultures. Auburn University, Alabama, p.15., 1990.

QIANG et al. Optimal combination of temperature and photoperiod for sex steroid hormone secretion and egg development of *Oreochromis niloticus* as determined by response surface methodology. **Journal of Thermal Biology** 97- 102889.2021a.

QIANG et al. Some ‘white’ oocytes undergo atresia and fail to mature during the reproductive cycle in female genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture** 534.2021b

RANA, K. J. Reproductive biology and hatchery rearing of tilapia egg and fry. In **Recent advanced Aquaculture**, (Muir, J. F., Roberts, R. J., and Rana, K. J., Eds.), pp. 343-406. Croom Helm: London & Sydney. 1988.

RANA, K.J; MACINTOSH, D.J. A comparison of quality of hatchery-reared *O. niloticus* and *O. mossambicus* fry. In: Pullin, R.S.V., Bhukaswan, T., Tonguthai, K., Maclean, J.L. (Eds.). The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conference Proceeding 15. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, pp. 497– 502. 1988.

RIDHA, M; E. M. CRUZ. Effect of age on the fecundity of the tilapia *Oreochromis spilurus*. **Asian Fish. Sci.**, 2 (2): 239-247. 1989.

ROTTA, M.A., QUEIROZ, J.F. **Boas práticas de manejo (BPMs) para produção de peixes em tanques-redes**. Corumbá: Embrapa Pantanal. 27 p (Documentos, n. 47). 2003.

SANTIAGO, C. B. et al. The effects of artificial diets on fry production and growth of *Oreochromis niloticus* breeders. **Aquaculture**, 47 (2/3): 193-203. 1985.

SANTOS, V. B. et al. Relative growth and allometric coefficients of body components of strains of Nile tilapia. **Ciênc. Anim. Bras.** 7 :357–364. 2006.

SARMENTO, N.L. et al. Reproductive efficiency and egg and larvae quality of Nile tilapia fed different levels of vitamin C. **Aquaculture**, v.482, p.96-102. 2018.

SCHOENEN, P. A. Bibliography of Important Tilapias (Pisces: Cichlidae) for Aquaculture. ICLARM Bibliographies 3. **International Center for Living Aquatic Resources Management**, Manila. 1982.

SERVILI, A. et al. Climate change impacts on fish reproduction are mediated at multiple levels of the brain-pituitary gonad axis. **Gen. Comp. Endocrinol.** 291, 113439.2020.

SIDDIQUI, A. Q. Reproductive biology of *Tilapia zillii* (Gervais) in Lake Naivasha, Kenya. **Env. Biol. Fishes** 4, 257–262. 1979.

SILVA, A.C.F. et al. Reproductive traits in different Nile tilapia genetic groups. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**, v.72, n.5, p.1797-1804. 2020.

SILVA, J. W.B; TORRES, I. M; COSTA, H. J. M. S. Number and diameter of oral hatching eggs of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L., 1766). **Rev Ciênc Agron** 28:1–4. 1997.

SMITH, S. J. et al. Hatchery production of Florida red tilapia seed in brackishwater tanks: the influence of broodstock age. **Aquacult. Fish. Manage.** 22 (2): 141-147. 1991.

SNOW, R.W., BERRIOS-HERNANDEZ, J.M; HENRI, Y. Ye. A modular system for producing tilapia seed using simple facilities. In: **Proceedings of the International**

Symposium on Tilapias in Aquaculture (eds L. Fishelson and Z. Yaron) Tel Aviv University: Tel Aviv, Israel, pp. 402–413. 1983.

SRISAKULTIEW, P; WEE, K. L. Synchronous spawning of Nile tilapia through hypophysation and temperature manipulation. In: Pullin, R.S.V., Bhukaswan, T., Toguthai, K. and Maclean, J.L. (eds), **The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture** (ICLARM Conference Proceedings 15). Department of Fisheries, Bangkok, Thailand and International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, pp. 275–284. 1988.

TACON, P. et al. Relationships between the expression of maternal behavior and ovarian development in the mouth brooding cichlid fish *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture** 146, 261–275. 1996.

TAHOUN, A. et al. Effects of age and stocking density on spawning performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) broodstock reared in hapas. p.329- 344. In: **International Symposium on Tilapia in Aquaculture**, Cairo. 2008.

TAHOUN, A. M. A. 2007. **Studies on some factors affecting the production and reproduction of Nile tilapia**. Ph. D. Dissertation. Fac. Of Agriculture, kafr El-Sheikh University, Egypt.

THOA, N.P., HAMZAH, A., NGUYEN, N.H., Genetic variation and correlated changes in reproductive performance of a red tilapia line selected for improved growth over three generations. **Anim. Reprod. Sci.** 184, 94–101. 2017.

TOGUYENI, A., B. FAUCONNEAU, A. FOSTIER, J. ABUCAY, G. MAIR, J. BAROILLER. Influence of sexual phenotype and genotype, and sex ratio on growth performance in tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, 207: 249-261. 2002.

TREWAVAS, E., Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. British Museum (Natural History), p. 583. 1983.

TRONG, T. Q; van ARENDONK, J. A. M; KOMEN, K. Genetic parameters for reproductive traits in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): I. Spawning success and time to spawn. **Aquaculture** 416-417: 57-64. 2013b.

TSADIK, G. G; BART, A. N. Characterization and comparison of variations in reproductive performance of Chitralada strain Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquacul. Res.** 38(10): 1066-1073. 2007.

TSADIK, G.G. Effects of maternal age on fecundity, spawning interval, and egg quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Journal of the World Aquaculture Society** 39(5), 671-677. 2008.

VALENTIN, F. N. et al. Maternal age influences on reproductive rates in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **R. Bras. Zootec.** 44 (4) Apr. 2015.

VAZZOLER, A.E.A. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática.** Maringá: NUPELIA, p.169. 1996.

WATANABE, W.O; KUO, C.-M., Observations on the reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in laboratory aquaria at various salinities. **Aquaculture** 49: 315-323. 1985.

WOODHEAD, A. D. Fish in studies of aging. **Experimental Gerontology**, 13(3), 125-140. 1978.

WORLD FISH CENTER. **GIFT technology manual: an aid to tilapia selective breeding.** Penang, 2004.

YÁNEZ, J. M; JOSHI, R; YOSHIDA, G.M. Genomics to accelerate genetic improvement in tilapia. **Animal Genetics** 51, p. 658-674. 2020.

YOSHIDA, G, M. et al. 2015. Reproduction performance of female Nile tilapia under different environments and age classes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences.** Maringá, v. 37, n. 3, p. 221-226, July-Sept. 2015.

YOSHIDA, G. M. et al. Genetic parameters in female reproductive traits of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 89(3 Suppl.): 2515-2523. 2017.

YU, X.G. et al., Characterization of two paralogous StAR genes in a teleost, Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Mol. Cell. Endocrinol.** 392, 152–162. 2014.

ZANIBONI- FILHO, E.; NUNER, A. P. P. Reprodução de peixes migradores de água doce do Brasil. In: Cyrino, J. E. O.; Urbinati, E. C.; Fracalossi, D. M.; Castagnolli, N. (Org). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo, p.45-73. 2004.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19

SEGUNDA PARTE

**ARTIGO 1- DESEMPENHO REPRODUTIVO DE FÊMEAS DE TILÁPIA DO NILO
SUBMETIDAS A DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO**

Artigo formatado de acordo com as normas do periódico *Animal Reproduction Science*

20 **Desempenho reprodutivo de fêmeas de tilápia do Nilo submetidas a diferentes métodos**
21 **de seleção**

22 **RESUMO**

23 Um dos maiores entraves dos programas de melhoramento genético de tilápias é o tempo prolongado
24 para obtenção do número de famílias necessárias. Isso se deve ao fato da tilápia possuir desova
25 assíncrona e parcelada. Assim, o uso de práticas que contribuam para redução do intervalo entre desovas
26 permitiria a otimização desses programas. O objetivo do estudo foi avaliar o desempenho reprodutivo
27 de fêmeas de tilápia submetidas a diferentes métodos de seleção. O experimento foi conduzido no Setor
28 de Piscicultura da UFLA nos anos aquícolas de 2019 e 2020. Durante os dois anos aquícolas foram
29 avaliadas 284 fêmeas, 142 da variedade UFLA Preta e 142 da variedade UFLA Vermelha divididas
30 igualmente entre os dois manejos reprodutivos. Casais na proporção sexual (1 macho: 1 fêmea) foram
31 alocados em hapas de 1 m³ por um período de 21 dias, após esse período novos casais eram montados,
32 totalizando 4 períodos por ano aquícola. Metade das fêmeas de ambos os anos eram escolhidas apenas
33 pela verificação da papila urogenital. A outra metade após receber massagem na papila urogenital no
34 sentido crânio caudal para retirada de uma amostra de ovócitos a fim de determinar visualmente o grau
35 de maturação dos mesmos. Esses eram classificados a olho nu como maduros, em maturação ou
36 atrésicos. Semanalmente, era realizada a conferência da boca das fêmeas para verificação de desova.
37 Quando presente, a desova foi coletada, os ovos contados e pesados em balança de precisão digital, para
38 estimar a fecundidade relativa (número de ovos por grama de peso da fêmea), fecundidade absoluta
39 (número total de ovos por desova), e o peso da desova. Além disso foi determinada a porcentagem de
40 sucesso de desova, e os dias para que ocorressem a desova após a montagem dos casais. Os dados foram
41 submetidos à análise de variância (ANOVA) com significância de 5%. Para verificar a hipótese que a
42 avaliação visual do grau de maturidade teve influência nos dias para a fêmea desovar foi utilizado o
43 método do Qui-quadrado (χ^2) com nível de significância de 5%. Não houve diferença no desempenho
44 reprodutivo das diferentes variedades em ambos os manejos adotados, indicando que as variedades
45 UFLA Preta e UFLA Vermelha podem receber o mesmo manejo pré- acasalamento. As fêmeas que
46 tiveram a remoção de uma amostra de ovócitos demoraram mais dias para desovar do que as
47 selecionadas apenas pela visualização da papila urogenital. No entanto, quando somente as fêmeas que
48 tiveram os ovócitos classificados como maduros foram consideradas, os dias decorridos da montagem
49 dos casais até a obtenção da desova foram semelhantes as fêmeas selecionadas apenas pela visualização
50 da papila urogenital. A metodologia de seleção de fêmeas aptas a reproduzir através de amostragem dos
51 ovócitos pode ser eficiente quando as fêmeas não apresentarem características morfológicas que
52 indiquem aptidão para desova.

53
54 **Palavras-chave:** manejo reprodutivo, *Oreochromis niloticus*. Reprodução.

55

56 **1.Introdução**

57 Um dos pontos cruciais para o sucesso de programas de melhoramento genético de
58 tilápias é o tempo prolongado para obtenção das famílias que serão posteriormente testadas
59 (Piamsomboon et al., 2019). Tal fato se deve em partes a desova assíncrona da espécie (Shoko
60 et al., 2015) e, ao esquema de acasalamento utilizado para obtenção de irmãos completos e meio
61 irmãos (Trong et al., 2013; Khaw et al., 2015)

62 A manutenção das famílias de irmãos completos separadas em hapas até que atinjam
63 peso para serem marcadas cria efeitos não genéticos denominados efeitos de ambiente comum
64 (Nguyen et al., 2007; Rezk et al., 2009). Esses, quando não incluídos de forma correta nas
65 análises estatísticas podem superestimar as variações hereditárias (Khaw et al., 2015).

66 O tempo em que os irmãos completos permanecem separados em hapas podem chegar
67 a períodos superiores a 3 meses, sendo dependente da quantidade de famílias desejadas (Eknath
68 et al., 2007; Bentsen et al., 2012). As diferenças resultantes do intervalo entre nascimentos e,
69 conseqüentemente do tamanho podem ser ampliadas durante o teste de crescimento devido a
70 competição social podendo mascarar as diferenças genéticas (Doyle e Talbot, 1986). Além
71 disso, a produção familiar prolongada aumenta os efeitos ambientais comuns e afeta
72 negativamente a estimativa de parâmetros genéticos (Trong et al., 2013).

73 Uma das formas de concentrar o nascimento das famílias é através da sincronização da
74 desova. Essa, é influenciada por fatores ambientais e sociais, como ainda da manutenção dos
75 reprodutores separados por sexo em instalações adequadas e a avaliação da condição de
76 maturidade sexual das fêmeas (Qiang et al., 2021; Campos-Mendoza et al., 2004; Bromage e
77 Porter, 2001; Biswas et al., 2005; Biswas e Takeuchi, 2003; Worldfish Center, 2004).

78 Atualmente, a metodologia de avaliação utilizada para seleção das fêmeas de tilápias
79 segue as instruções do Manual da variedade GIFT (Genetic Improvement of Farmed Tilapias).
80 Esse manual detalha todas as operações principais, conforme desenvolvidas e aplicadas no
81 projeto GIFT, para iniciar e executar programas de reprodução seletiva de tilápias.

82 Assim, as fêmeas são categorizadas quanto à sua prontidão para desovar através da
83 visualização de suas características morfológicas em 4 estágios: prontas para desovar, inchadas,
84 não prontas para desovar e fêmeas que já desovaram. Entre as características morfológicas
85 observadas estão a cor da papila urogenital, abertura do poro genital e o formato do abdômen.
86 Por exemplo, fêmeas classificadas como pronta para desovar (3 a 7 dias) devem apresentar a

87 papila urogenital de cor rosada ou avermelhada, protuberante, poro genital aberto e abdômen
88 distendido (Worldfish Center, 2004; Longalong e Eknath, 1995; Longalong et al., 1999).

89 Contudo, na prática, esse tipo de avaliação nem sempre tem se mostrado eficiente. Por
90 vezes, o número de fêmeas que apresentam as características morfológicas de forma explícita é
91 insuficiente ao número de fêmeas necessárias e, às vezes, as fêmeas classificadas visualmente
92 como prontas para desovar demoram mais dias para desovar e, quando se aplica tal metodologia
93 a tilápias vermelhas a classificação da cor da papila se torna difícil.

94 Logo, o uso de outras metodologias práticas que facilitem a seleção de fêmeas aptas a
95 desovar seria de grande valia, já que possibilitaria aumentar a concentração dos nascimentos
96 diminuindo as diferenças de efeitos de ambiente comum causados pela separação das famílias
97 por tempos prolongados. Além disso, estudos de protocolos que auxiliem na desova podem
98 promover a manutenção da variabilidade genética, fator importante para a progresso genético
99 (Goes et al., 2017). A nível de incubatório, métodos que permitam identificar fêmeas com maior
100 frequência de desova, possibilitaria o aumento da eficiência e lucratividade (Mair et al., 2004).

101 A maneira mais eficaz de avaliação da maturidade sexual de fêmeas é a avaliação do
102 desenvolvimento gonadal que já foi bem definido em vários estudos (Babiker e Ibrahim, 1979;
103 Kronert et al., 1989; Francoloni et al., 2003; Shalloof e Salama, 2008; Qiang et al., 2021a).

104 Contudo, esse tipo de avaliação envolve técnicas histológicas e, em muitos casos o abate
105 dos animais para retirada dos ovários tornando-se inadequada para coleta rotineira em
106 programas de melhoramento genético.

107 O objetivo do presente estudo foi verificar a influência das diferentes formas de seleção
108 (visualização da papila urogenital x avaliação do grau de maturação do ovócito) de fêmeas sob
109 características reprodutivas em duas variedades de tilápia nilótica.

110 A variedade denominada UFLA CINZA, composta do cruzamento da primeira
111 importação de tilápia nilótica da variedade Bouaké para o Brasil em 1971, originária da Costa
112 do Marfim e alocadas nas instalações da UFLA desde 1977, com indivíduos da variedade GIFT
113 (Genetic Improvement of Farmed Tilapia) trazidos para o Brasil em 2005 e alocadas na UFLA
114 desde 2011 (Dias et al., 2016; Freato et al., 2012). Foi caracterizada geneticamente por Dias et
115 al. (2016) e trata-se de um importante recurso genético já que sofreu seleção massal por várias
116 décadas se tornando fortemente adaptada a região que é caracterizada por um inverno rigoroso.
117 A outra variedade é a UFLA VERMELHA, caracterizada por apresentar herança autossômica
118 dominante, é oriunda da variedade Red-Stirling, da Universidade de Stirling, importada para o
119 Brasil em 2001 e trazida para Universidade Federal de Lavras em 2015.

120

121

122 **2.Material e métodos**

123

124 O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Lavras (UFLA), e teve
125 aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA- UFLA) sob protocolo nº
126 037/2019.

127 O experimento foi realizado em dois anos aquícolas, no período de outubro de 2019 a
128 janeiro de 2020 e novembro de 2020 a fevereiro de 2021.

129 No ano aquícola 2019/2020, foram realizados 128 acasalamentos composto por 64
130 casais UFLA CINZA e 64 casais UFLA VERMELHA, divididos em 4 períodos de
131 acasalamentos de 21 dias cada. No ano aquícola 2020/2021 foram realizados 156
132 acasalamentos, sendo 80 casais UFLA CINZA e 76 casais UFLA VERMELHA também
133 divididos em 4 períodos de acasalamento de 21 dias.

134 A média de peso inicial das fêmeas e desvio padrão de acordo com o ano aquícola e
135 variedade são apresentados na Tabela 1.

136 Tabela 1- Médias de peso e desvio padrão das fêmeas das diferentes variedades e anos
137 aquícolas.

	2019	2020
UFLA Vermelha	219,1g (67,6)	162,6g (41,4)
UFLA Cinza	272,4g (108,3)	180,0g (35,5)

138

139 Metade das fêmeas utilizadas foram selecionadas através da inspeção da papila
140 urogenital segundo recomendações do Manual da GIFT (Worldfish Center, 2004). Assim, as
141 fêmeas eram selecionadas quando apresentavam papila urogenital vermelha e protuberante,
142 poro genital aberto e abdômen distendido.

143 A outra metade das fêmeas além de serem avaliadas quanto a morfologia externa da
144 papila urogenital, sofriam uma leve massagem na cavidade celomática no sentido crânio-
145 caudal, processo conhecido como extrusão, para retirada de uma pequena amostra de ovócitos.

146 A amostra de ovócitos de cada fêmea foi então classificada de forma macroscópica em
147 três diferentes categorias. Os ovócitos que se apresentavam íntegros, amarelados, indicando o
148 acúmulo de gema, com formato de pera e maiores foram classificados como maduros
149 (Komolafe e Arawomo, 2007; Grier et al., 2009; Lubzens et al., 2010). Os ovócitos que estavam
150 em tamanho reduzido, com presença de sangramento foram classificados em maturação. Os que

151 estavam em fase de desintegração, sem formato definido, característicos de ovócitos que não
152 foram ovulados, foram classificados como atrésicos (MORAIS et al., 2012)

153 Independente da classificação atribuída ao grau de maturação dos ovócitos das fêmeas,
154 todas consideradas prontas para desovar, através da visualização da papila urogenital foram
155 acasaladas. As fêmeas foram pesadas no momento da verificação da papila urogenital.

156 Os casais, previamente microchipados, foram alocados na proporção 1:1 (macho: fêmea)
157 em 16 hapas de 1m³ com malha de abertura de 1 mm², instaladas em tanques de alvenaria de 5m
158 de largura, 8 m de comprimento e 1,6 de altura, com volume útil de 64 m³ por um período de
159 21 dias. Após esse período, novos casais eram formados, totalizando 4 períodos de 21 dias em
160 cada ano aquícola. Os parâmetros limnológicos foram mantidos dentro do recomendado para
161 criação de tilápias (Bhujel, 2000). A temperatura média da água nos tanques onde estavam
162 instaladas as hapas nos anos aquícolas 2019 e 2020 foram $24,8 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ e $25,0 \pm 1,6^{\circ}\text{C}$.

163 A verificação da desova ocorreu a cada 7 dias, totalizando 3 verificações por período.
164 Para isso, os casais eram restringidos a uma pequena área da hapa com o auxílio de um puçá
165 onde eram capturados e verificado a presença de ovos na boca da fêmea. Quando presente, os
166 ovos foram coletados por contra fluxo da orofaringe com auxílio de uma piceta em bacias
167 plásticas. Após a coleta da desova, as fêmeas eram pesadas, tinham seu número de identificação
168 anotados, e eram devolvidas as suas respectivas hapas até a próxima verificação.

169 A desova coletada foi contada e pesada em balança de precisão digital (0,001g) para
170 estimar a fecundidade relativa (número de ovos por grama de peso da fêmea), fecundidade
171 absoluta (número total de ovos por desova), peso da desova, número de ovos por grama de
172 desova. A porcentagem de fêmeas que desovaram foi determinada ao final do experimento.

173 Durante o período experimental os reprodutores foram alimentados com ração
174 comercial contendo 36% de proteína bruta duas vezes ao dia, as 8h e as 14 horas.

175

176 **3. Análises estatísticas**

177

178 Os dados de desempenho foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com nível
179 de significância de 5% utilizando o software estatístico SAS (Statistic Analyses System, 2004).
180 O peso inicial da fêmea foi utilizado como covariável em todas as variáveis analisadas. As
181 fontes de variação foram o método de seleção adotado (avaliação visual de ovócitos ou
182 visualização da papila urogenital), grupo genético (UFLA VERMELHA e UFLA CINZA), e
183 período, sendo quatro períodos referentes ao ano aquícola 2019/2020 e quatro ao ano aquícola
184 2020/2021.

185 Para verificar a eficiência da avaliação visual do grau de maturidade do ovócito sob o
 186 tempo em dias para desovar, foi utilizado o método do Qui-quadrado (χ^2), que compara o
 187 resultado obtido com a frequência estimada pelo método. Conforme a seguinte fórmula:

$$\chi^2 = \sum \left(\frac{(\text{observado} - \text{esperado})^2}{\text{esperado}} \right)$$

188

189 O nível de significância utilizado no teste foi de 5%, calculado através do software R
 190 Studio versão 1.0.143 (Northern Ave, Boston, M.A).

191

192 4. Resultados

193

194 O desempenho reprodutivo das fêmeas é apresentado na tabela 2.

195 Tabela 2- Desempenho reprodutivo de dois grupos genéticos de tilápia sob diferentes
 196 metodologias de seleção.

Fator	Variáveis						
	Sucesso %	Dias até a desova (dias)	Peso da fêmea a desova (g)	Peso da desova (g)	Nº ovos (g)	FA	FR
Metodologia							
Amostragem de ovócitos	62,34 ^a (17,46)	13,52 ^a (5,38)	194,16 ^a (77,73)	5,35 ^a (3,28)	161,68 ^a (78,94)	766,48 ^a (560,86)	4,03 ^a (2,75)
Visualização da papila	62,78 ^a (20,38)	11,23 ^b (5,09)	194,61 ^a (70,09)	5,88 ^a (3,34)	160,58 ^a (125,2)	813,21 ^a (530,64)	4,30 ^a (2,62)
Grupos Genéticos							
UFLA Vermelha	60,32 ^a (16,16)	12,54 ^a (5,54)	172,97 ^b (53,15)	5,49 ^a (3,08)	151,49 ^a (53,78)	762,82 ^a (547,84)	4,42 ^a (2,79)
UFLA Cinza	64,79 ^a (21,17)	12,22 ^a (5,19)	214,36 ^a (84,34)	5,75 ^a (3,53)	170,52 ^a (137,3)	817,34 ^a (543,03)	3,92 ^a (2,56)
Fonte de variação							
Metodologia	0,9517	0,004*	0,8660	0,1867	0,9433	0,5384	0,4822
Grupo Genético	0,5255	0,7125	<0,0001*	0,5455	0,2190	0,4861	0,1874
Período	0,4898	0,0968	<0,0001*	<0,0001*	0,0014*	<0,0001*	0,0032*
Metodologia *Grupo genético	0,5808	0,9236	0,0080*	0,5175	0,8289	0,5169	0,6623
Peso inicial da fêmea	0,3961	0,0937	<0,0001*	<0,001*	0,4188	0,0552	0,0017*

197

Colunas com letras diferentes apresentam diferença significativa (p<0,05)

198

FA= fecundidade absoluta; FR= fecundidade relativa

199

200

O tipo de metodologia de seleção, assim como o grupo genético não influenciou no
 201 sucesso da desova, mas influenciou nos dias para desovar, ou seja, no tempo entre a montagem

202 do casal até a verificação da desova. As fêmeas que não tiveram amostra de ovócitos coletada,
203 em média, reduziram em dois dias o tempo para desovar.

204 Houve diferença estatística no peso da fêmea a desova entre os grupos genéticos e os
205 diferentes períodos. As fêmeas da variedade UFLA CINZA eram mais pesadas que as fêmeas
206 da variedade UFLA VERMELHA.

207 Não houve diferença no peso da desova, na fecundidade absoluta (FA) e na fecundidade
208 relativa (FR) entre as diferentes metodologias de seleção assim como entre as variedades.

209 A frequência de fêmeas com ovócitos classificados macroscopicamente e os dias para
210 desovar de acordo com o teste de qui quadrado é apresentado na Tabela 3.

211

212 Tabela 3- Frequência dos diferentes graus do ovócito em relação aos dias para desovar

Grau do ovócito	N amostral	Frequência dos dias para desovar
Atrésicos	36	218 b
Em maturação	28	250 a
Maduro	23	215 c
Total	87	683

213

Teste de qui quadrado a 5% de significância

214

215 Houve diferença estatística entre os dias para desovar de acordo com a classificação do
216 grau do ovócito. As fêmeas em que foram atribuídas o grau do ovócito em maduro demoraram
217 menos tempo para desovar, seguidas pelas fêmeas com ovócitos classificados como atrésicos.

218 Na Tabela 4 é apresentada a média em dias do tempo em que foi montado os
219 acasalamentos até a observação de desova de acordo com o grau de classificação dos ovócitos.

220

221 Tabela 4- Média de dias para desovar de acordo com o grau de classificação do ovócito

222

Grau do ovócito	N amostral	Tempo para desovar (dias)
Atrésicos	36	13,3
Em maturação	28	14,32
Maduro	23	11,69

223

224 As fêmeas que tiveram os ovócitos classificados como maduros levaram menos dias
225 para desovar em comparação as fêmeas que tiveram os ovócitos classificados como atresicos
226 ou em maturação.

227

228 **5- Discussão**

229 A porcentagem de sucesso de desova semelhante entre as metodologias de seleção e os
230 grupos genéticos avaliados possibilita afirmar que os diferentes grupos genéticos podem ser
231 receber o mesmo tipo de seleção.

232 Como documentado por Mair et al. (2004), fatores ambientais e variações individuais
233 entre os peixes parecem ser fatores mais importantes na produtividade dos incubatórios do que
234 a variedade.

235 Trong et al. 2013 encontraram valores de sucesso a desova médio de 72% em fêmeas
236 com peso médio de 322,8g e 578 dias de idade e 58,9% em fêmeas com peso médio de 208,1 g
237 e 899 dias de idade, ambos com período de avaliação de 32 dias e relação macho: fêmea (7:15).
238 No mesmo estudo, os autores relatam % de sucesso de desova de 81,3%, em fêmeas com peso
239 médio de 297,7 g e relação macho: fêmea (7: 15). Os autores citam ainda, que para ambos
240 experimentos, cerca de 85% das fêmeas desovaram nas primeiras três semanas após a
241 montagem dos acasalamentos. Isso indica que o período de avaliação estipulado no presente
242 trabalho foi suficiente para avaliar o sucesso da desova, possibilitando que um número maior
243 de fêmeas seja avaliado e, conseqüentemente haja um maior número efetivo de fundadores, haja
244 visto que uma das maiores limitações para obtenção de mais famílias em programas de
245 melhoramento genético é o espaço físico (Coward e Bromage, 1999; Sonesson et al., 2012;
246 Almeida et al., 2013).

247 Os valores encontrados para sucesso a desova nesse trabalho é maior que o relatado por
248 TRONG et al. (2013) quando comparado com o grupo de fêmeas com pesos próximos, e
249 menores quando as fêmeas eram mais pesadas. Assim, a discrepância na porcentagem de
250 sucesso entre os trabalhos talvez possa ser explicada pela diferença no peso das fêmeas, tempo
251 de avaliação, e relação macho: fêmea utilizado. Sabendo que o comportamento natural para
252 desova em tilápia do Nilo é polígamo, a utilização de mais machos promove a fêmea a
253 possibilidade de escolha, o que pode acarretar no aumento do sucesso reprodutivo (Barlow,
254 1991; Fessehayé et al., 2009).

255 Em média, as fêmeas que tiveram uma amostra de ovócitos coletada levaram mais tempo
256 para desovar após a montagem dos acasalamentos do que as que não sofreram extrusão, contudo

257 não houve diferença entre os grupos genéticos, ainda que as fêmeas UFLA CINZA fossem mais
258 pesadas a desova.

259 Trong et al. (2013) ao avaliarem o tempo para desova observaram que as fêmeas mais
260 pesadas levam mais tempo para desovar, e que houve uma tendência de desova mais rápida nos
261 acasalamentos que tinham maior proporção de machos.

262 Campos- Mendoza et al. (2004) ao avaliarem diferentes fotoperíodo na periodicidade de
263 desova, encontraram valores menores para o tratamento 18 L: 6 D com média de 15 dias. Assim,
264 ainda que a extrusão tenha proporcionado um aumento nos dias para desovar, os valores
265 relatados no estudo para ambos manejos foram inferiores aos outros trabalhos citados.

266 Fisiologicamente, era esperado que as fêmeas que tiveram os ovócitos classificados
267 como em maturação desovassem antes das fêmeas que tiveram os ovócitos classificados com
268 atresícos. Contudo, Melo e colaboradores (2013), observaram que durante o preparo para uma
269 nova desova, folículos em todos os estágios de desenvolvimento poderiam ser encontrados.
270 Outros autores também citam a possibilidade de verificar, no mesmo indivíduo, ovócitos em
271 distintas fases de desenvolvimento simultaneamente (Peters, 1983; Bromage e Cumaranatunga,
272 1988; Srisakultiew e Wee, 1993, Coward e Bromage, 1998;)

273 Logo, como foi retirado apenas uma amostra de ovócitos, pode ser que os ovócitos em
274 atresia encontrados tenham sido sobra da desova anterior e já haviam mais folículos
275 desenvolvidos ao longo do ovário.

276 Além disso, conforme relatado por Schrek e colaboradores (2001), a resposta ao estresse
277 pode ter magnitude de variação diferente de acordo com a fase da vitelogênese. Segundo os
278 autores, o estresse moderado durante o início da vitelogênese em tilápias acarretou na ausência
279 de desova.

280 Gennotte e colaboradores (2012) ao avaliarem o efeito do estresse sobre a maturação
281 ovariana em tilápias do Nilo sugeriram que o estresse agudo, que consistiu na captura por rede,
282 seguido de tratamento profilático com solução salina e transferência para outra instalação,
283 acelera os estágios finais de maturação ovariana.

284 Assim, a intensidade e duração do estresse poder influenciar de forma positiva ou
285 negativa a fisiologia reprodutiva das fêmeas, podendo inibir completamente a desova (Small,
286 et al. 2004; Schrek et al., 2010).

287 Ainda segundo Jalabert e Zohar (1982), não é claro de qual estágio de crescimento os
288 próximos ovócitos serão recrutados para o desenvolvimento em ovócitos maduros.

289 Em *Oreochromis niloticus* e *Tilapia zillii* a maturação de um novo grupo de ovócitos
290 ocorre a partir de um pool de ovos pré-vitelogênicos (Babiker 1986; Coward e Bromage, 1998).

291 A diferença no recrutamento dos ovócitos pode ser influenciada pelo cuidado parental
292 com os alevinos e na interação entre as fêmeas (Jalabert e Zohar, 1982; Tacon et al., 1996).

293 Qiang e colaboradores (2021b) ao estudarem o desenvolvimento dos ovócitos em tilápia
294 do Nilo ainda relatam que nem todos os ovócitos chegaram a maturidade mas sofreram atresia.
295 Assim, os comportamentos fisiológicos anteriormente expostos, podem explicar o maior tempo
296 para desova entre as fêmeas classificadas com ovócitos em maturação do que as que tiveram
297 os ovócitos classificados como atrésicos.

298 O peso a desova na variedade UFLA CINZA foi superior a variedade UFLA vermelha
299 tendo também influência significativa do período de avaliação.

300 Tal fato pode ser explicado pela diferença de peso das fêmeas utilizadas. No ano de
301 2019, as fêmeas utilizadas, de ambas variedades, eram mais velhas e conseqüentemente mais
302 pesadas. As fêmeas utilizadas em 2020, eram provenientes do acasalamento das fêmeas
303 utilizadas em 2019 que, durante o período de crescimento passaram por inverno rigoroso,
304 impossibilitando que obtivessem peso semelhantes ao de suas mães.

305 Embora não tenhamos a idade das fêmeas utilizadas no ano aquícola de 2019, o tamanho
306 e peso corporal podem ser utilizados como indicativo da idade, sendo comum a utilização de
307 tal informação em detrimento da idade, visto a dificuldade de sua correta mensuração (Coward;
308 Bromage, 1999; Yoshida et al., 2015), o que nos permite afirmar que as fêmeas utilizadas no
309 ano aquícola de 2019 eram mais velhas (Tabela 2)

310 Gomez- Marquez et al. (2003), Komolafe e Arawomo (2007) afirmam ainda, que o peso
311 da fêmea tem maior influência na fecundidade absoluta do que a idade.

312 As demais variáveis de desempenho avaliadas (peso da desova, número de ovos em 1g,
313 FA, FR) não apresentaram diferenças entre as variedades e manejos utilizados, mas foram
314 significativamente influenciadas pelo período de avaliação, provavelmente em decorrência do
315 maior peso apresentado pelas fêmeas no ano de 2019.

316 Sabe-se que a ovogênese em tilápia é estimulada quando a temperatura da água está
317 acima de 22°C e, que a temperatura ideal para ocorrência de desova encontra-se entre 25 e 29°C
318 (Rothbard e Pruginin, 1975; Wohlfarth e Hulata, 1983). Logo, pode-se afirmar que as variações
319 de temperatura entre os dois anos propiciaram o mesmo ambiente térmico para as fêmeas
320 avaliadas reforçando que a diferença entre os períodos pode ter sido causada pelo peso das
321 fêmeas.

322 Komolafe e Arawomo (2007) ao examinarem a estratégia reprodutiva de *Oreochromis*
323 *niloticus* em um reservatório na Nigéria, encontram maior número de ovos em fêmeas mais
324 compridas e pesadas. Siraj et al. (1983), Galman et al. (1988) e Silva et al. (1997) também

325 relataram que o número de ovos produzidos por tilápia aumenta com o tamanho e peso das
326 fêmeas.

327 O fato de fêmeas maiores terem maior número de ovos, pode ser explicado pelo hábito
328 reprodutivo de incubação de ovos na boca (Babiker e Ibrahim, 1979; Lapeyre et al., 2019).
329 Assim, devido a limitação física de espaço, a quantidade de ovos incubados pode ser dependente
330 do tamanho da boca da fêmea.

331 Contudo, Moura e colaboradores (2011) ao avaliarem o desempenho reprodutivo de
332 tilápias do Nilo em diferentes classes de peso (Classe 1- 200 a 400g; Classe 2- 400 a 600g;
333 Classe 3- 600g a 1kg) ainda que tenha encontrado maior fecundidade absoluta nas fêmeas com
334 maior classe de peso, perceberam que a fecundidade relativa, número de pós- larvas
335 sobreviventes/g e taxa de eclosão eram maiores nas menores classes de peso.

336 Valentim e colaboradores (2015) ao avaliarem o efeito da idade materna (6 anos, 3 anos,
337 8 meses) sobre a fecundidade, produção de ovos e taxas de fertilização não encontraram
338 diferenças significativas na fecundidade absoluta nas diferentes idades, já a fecundidade relativa
339 foi maior nas fêmeas mais novas, indicando que fêmeas mais novas tendem a produzir maior
340 quantidade de ovos por grama de peso corporal (Getinet, 2008). Os autores ainda observaram
341 menor número de desovas e porcentagem de fêmeas que reproduziram nas tilápias mais velhas.

342 Coward e Bromage (1999) observaram que a fecundidade aumentou com o peso e
343 comprimento das fêmeas de *Tilapia zillii*, confirmando que a fecundidade esta
344 significativamente relacionada ao comprimento e peso do peixe, o que é comum em teleósteos.
345 Contudo, os autores observaram uma diminuição no número médio de desovas durante o
346 período de avaliação e maior intervalo entre desovas nas fêmeas mais pesadas. No entanto,
347 intervalos mais curtos entre desovas são características requeridas ao se trabalhar com
348 melhoramento genético (Ponzoni et al., 2007).

349

350 **6- Conclusão**

351 Embora o manejo de coleta de ovócitos tenha aumentado os dias para que ocorra a
352 desova, quando somente as fêmeas classificadas como maduras são consideradas, a média de
353 dias da montagem da reprodução até a ocorrência de desova é semelhante as fêmeas
354 selecionadas apenas pela visualização da papila urogenital. Assim, a classificação visual do
355 grau de maturação do ovócito é uma alternativa viável na seleção de fêmeas para a reprodução
356 quando essas não apresentam características externas que indiquem prontidão a desova.

357

358 **6- Agradecimentos**

359

360 Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal
361 de Lavras, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela
362 concessão da bolsa de estudos, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e
363 Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais
364 (FAPEMIG) pelo financiamento parcial da pesquisa.

365

366 **7- Referências**

367

368 Almeida, F. S., Lopes, C. M., Orsi, M. L., Sirol, R. N., Sodré, L. M. K. 2013. Genetic
369 monitoring by rapid markers for repopulation programs of *Salminus brasiliensis* (Pisces,
370 Characiformes). **Acta Scientiarum. Animal. Science.** ;35: 19–26.
371 <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v35i2.15904>

372

373 Babiker, M. M., Ibrahim, H. 1979. Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia*
374 *nilotica* (L.): gonadal maturation and fecundity. **J. Fish Biol.** 14,437-448.
375 <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1979.tb03541.x>

376

377 Babiker, M. M. 1986. Spawning periodicity and annual breeding seasons of *Tilapia nilotica* (L.)
378 in the White Nile. **Hydrobiologia**, 135, 71-79.

379

380 Barlow, G.W. Mating systems among Cichlid fishes, p. 173–190. In: Keenleyside, M.H. (Ed.),
381 **Cichlid Fishes: Behaviour, Ecology and Evolution**. Chapman and Hall, London, p. 404.
382 1991.

383

384 Bentsen, H. B., Gjerde, B., Nguyen, H. N., Rye, M., Ponzoni, R. W., de Vera, M. S. P., Bolivar,
385 H. L., Velasco, R. R., Danting, J. C., Dionisio, E. E., Longalong, F. M., Reyes, R. A., Abella,
386 T. A., Tayamen, M. M., Eknath, A. E. 2012. Genetic improvement of farmed tilapias: Genetic
387 parameters for body weight at harvest in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during five
388 generations of testing in multiple environments. **Aquaculture**, 338-341, 56–65.
389 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.01.027>

390

- 391 Bhujel, R. C. A review of strategies for the management of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)
392 broodfish in seed production systems, especially hapa-based systems. **Aquaculture** 181:37-59.
393 2000. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00217-3](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00217-3)
394
- 395 Biswas, A. K., Morita, T., Yoshizaki, G., Malta, M., Takeuchi, T. 2005. Control of reproduction
396 in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by photoperiod manipulation. *Aquaculture* 243, 229–
397 239. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.10.008>
398
- 399 Biswas, A.K., Takeuchi, T. 2003. Effects of photoperiod and feeding interval on food intake
400 and growth rate of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. **Fish. Sci.** 69 (5), 1010-1016. DOI:
401 10.1046 / j.1444-2906.2003.00720.x
402
- 403 Bromage, N., Porter, M., Randall, C. 2001. The environmental regulation of maturation in
404 farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. **Aquaculture**,
405 197, 63–98. DOI: [10.1016 / s0044-8486 \(01\) 00583-x](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00583-X)
406
- 407 Bromage, N. R., Cumaranatunga, P. R. T. 1988. Egg production in the rainbow trout. In: Muir,
408 J.F. and Roberts, R.J. (eds), **Recent Advances in Aquaculture**. Croom Helm, London and
409 Sydney, pp. 65–138.
410
- 411 Campos-Mendoza, A., McAndrew, B.J.; Coward, K.; Bromage, N. 2004. Reproductive response
412 of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning
413 periodicity, fecundity and egg size. **Aquaculture**, 231, 299–314.
414 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.10.023>
415
- 416 Coward, K., Bromage, N. R. 1999. Spawning periodicity, fecundity and egg size in laboratory
417 held stocks of a substrate-spawning tilapiine, *Tilapia zillii* (Gervais). **Aquaculture**, 171(3),
418 251-267. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(98\)00498-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00498-0)
419
- 420 Coward, K.; Bromage, N. R. 2005. Histological classification of oocyte growth and the
421 dynamics of ovarian recrudescence in *Tilapia zillii*. **Journal of Fish Biology**, 53, 285-302.
422 <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1998.tb00981.x>
423

- 424 Coward, K; Bromage, N. R; Little, D. C. 1998. Inhibition of spawning and associated
425 suppression of sex steroid levels during confinement in the substrate-spawning *Tilapia zillii*.
426 **Journal of Fish Biology**, 52, 152-165. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1998.tb01560.x>
427
- 428 de MOURA, P, S. et al. Desenvolvimento larval e influência do peso das fêmeas na fecundidade
429 da tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 6, núm. 3, jul-set, p. 531-
430 537. 2011. DOI: 10.5039 / agraria.v6i3a1396
431
- 432 Dias, M. A. D; Freitas, R. T. F; Arranz; S. E; Villanova, G. V; Hilsdorf, A. W.S. 2016.
433 Evaluation of the genetic diversity of microsatellite markers among four strains of *Oreochromis*
434 *niloticus*. **Animal Genetics**. 47, 345–353. DOI: [10.1111/age.12423](https://doi.org/10.1111/age.12423)
435
- 436 Doyle, R.W., Talbot, A. J. Effective population size and selection in variable aquaculture
437 stocks. **Aquaculture**, 57, 27–35.1986. DOI: 10.1016 / 0044-8486 (86) 90178-X
438
- 439 Eknath, A.E.; Bentsen, H.B.; Ponzoni, R.W.; Rye, M.; Nguyen, N.H.; Thodesen, J.; Gjerde, B.
440 2007.. Genetic improvement of farmed tilapias: Composition and genetic parameters of a
441 synthetic base population of *Oreochromis niloticus* for selective breeding. **Aquaculture**, 273,
442 1–14. 2007.
443
- 444 Fessehaye, Y; Bovenhuis, H; Rezk, M. A., Crooijmans, R., van Arendonk, A. M; Komen, H.
445 2009. Effects of relatedness and inbreeding on reproductive success of Nile tilapia
446 (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture** 294, 180–186. DOI: 10.1016 /
447 j.aquaculture.2009.06.001
448
- 449 Francolini M, Lora Lamia C, Bonsignorio D, Cotelli F. 2003. Oocyte development and egg
450 envelope formation in *Oreochromis niloticus*, a mouth-brooding cichlid fish. *J Submicrosc*
451 *Cytol Pathol*. 2003 Jan;35(1):49-60.
452
- 453 Freato, T. A., Freitas, R. T. F., Pimenta, M. E. S. G., Oliveira, G. R., Neto, R. V. R., Mattos, B.
454 O. 2012. Evaluation of Nile tilapia strains cultivated in cages under different feeding
455 programmes. **Brazilian Journal of Animal Science**, v. 41, p. 1332–1336.
456 <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000600002>
457

- 458 Galman, O. R; Moreau, J; Avtalion, R. 1988. Breeding characteristics and growth performance
459 of Philippine red tilapia. In: Pullin, R. S.V; Bhukaswan, T; Tonguthai, K; Maclean, J. L. **The**
460 **Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture**. ICLARM Conference
461 Proceedings 15, Department of Fisheries, Bangkok, Thailand, and International Center for
462 Living Aquatic Resources Management, p. 169-175.
463
- 464 Gennotte V, Sawadogo P, Milla S, Kestemont P, Mélard C, Rougeot C. 2012. Cortisol is
465 responsible for positive and negative effects in the ovarian maturation induced by the exposure
466 to acute stressors in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish Physiol Biochem*.
467 Dec;38(6):1619-1626. doi: 10.1007/s10695-012-9656-7.
468
- 469 Getinet, G. T. 2008. Effects of maternal age on fecundity, spawning interval, and egg quality
470 of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Journal of the World Aquaculture Society**
471 39:671-677. [https://doi: 10.1111 / j.1749-7345.2008.00197.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00197.x)
472
- 473 Goes, M. D., Goes, E. S. R., Ribeiro, R. P., Lopera- Barrero, N. M., Castro, P. L., Bignotto, T.
474 S., Bombardelli, R. A. 2017. Natural and artificial spawning strategies with fresh and
475 cryopreserved semen in *Rhamdia quelen*: Reproductive parameters and genetic variability of
476 offspring. **Theriogenology** 88: 254–263. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.09.029>
477
- 478 Gómez-Márquez, J. L., Peña- Mendoza, B., Salgado- Ugarte, I. H., Guzmán- Arroyo, M. 2003.
479 Reproductive aspects of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Coatetelco lake,
480 Morelos, Mexico. *Rev. Biol. Trop.* 51:221–228.
481
- 482 GRIER, H. J; URIBE, A. M. C; PATINO, R. 2009.The ovary, folliculogenesis, and oogenesis
483 in teleosts. In: Jamieson BGM, editor. **Reproductive Biology and Phylogeny of Fishes**
484 (*Agnathans and Neotelestomi*), Vol. 8A. Enfield, New Hampshire: Science Publishers. p.25-
485 84.
486
- 487 Hamzah, A., Ponzoni, R., Nguyen, H. N., Khaw, H. L., HoongYip, Y., Siti Azizah, M. N. 2014.
488 Performance of the Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT) strain over ten generations of
489 selection in Malaysia. *Journal of Tropical Agricultural Science* 37, 411 -429.
490 doi:10.1111/are.12608
491

- 492 Jalabert, B; Zohar, Y 1982. Reproductive physiology in cichlid fishes, with particular references
493 to *Tilapia* and *Sarotherodon*. In: **The Biology and Culture of Tilapia**. ICLARM conference
494 proceedings 7 (eds Pullin RSV, Lowe-McConnell RH). ICLARM, Manila, pp. 129–140.
495
- 496 Khaw, H, L., Ponzoni, R. W., Yee, H. Y., Aziz, M. A. B; Bijma, P. 2016. Genetic and non-
497 genetic indirect effects for harvest weight in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis*
498 *niloticus*). **Aquaculture**, 450, 154–161. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.07.033>
499
- 500 Komolafe, O. O; Arawomo, G. A. O. 2007. Reproductive strategy of *Oreochromis niloticus*
501 (Pisces: Cichlidae) in Opa reservoir, Ile-Ife, Nigeria. **Rev. Biol. Trop.** 55:595–602.
502 DOI: [10.15517/rbt.v55i2.6034](https://doi.org/10.15517/rbt.v55i2.6034)
503
- 504 Kronert, U., Hörstgen-Schwark, G., Langholz, H. J. 1989. Prospects of Selecting for Late
505 Maturity in Tilapia (*Oreochromis niloticus*) I. Family Studies under Laboratory Conditions.
506 **Aquaculture**, 77,113-121. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(89\)90195-6](https://doi.org/10.1016/0044-8486(89)90195-6)
507
- 508 Lapeyre, B. A., Müller-Belecke, A., Hörstgen-Schwark, G. 2009. Control of spawning activity
509 in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (L.) by temperature manipulation. **Aquac. Res.**
510 40, 1031–1036. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02194.x>
511
- 512 Longalong, F.M., Eknath, A.E. Development of technique for synchronization of natural
513 spawning in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Poster abstract. **Aquaculture** 137, 284. 1995.
514
- 515 Longalong, F. M., Eknath, A. E., Bentsen, H. B. Response to bidirectional selection for
516 frequency of early maturing females in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, 178,
517 13–25. 1999. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00132-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00132-5)
518
- 519 Lubzens, E., Young, G., Bobe, J., Cerda, J. 2010. Oogenesis in teleosts: How fish eggs are
520 formed. **Gen. Comp. Endocrinol.** 165:367–389. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.05.022>
521
- 522 Mair, G. C. 2004. Comparisons of reproductive parameters among improved strains of Nile
523 Tilapia *Oreochromis niloticus* L. Paper presented at the Proceeding of the Sixth International
524 Symposium on Tilapia in Aquaculture, Manila, Philippines (ed. by R. Bolivar, G. Mair & K.
525 Fitzsimmons).

526

527 Melo, R. M. C., Martins, Y. S., Teixeira, E. A., Luz, R. K., Rizzo, E., Bazzoli, N. 2014.
 528 Morphological and Quantitative Evaluation of the Ovarian Recrudescence in Nile Tilapia
 529 (*Oreochromis niloticus*) After Spawning in Captivity. **Journal of Morphology** 275:348–356.
 530 <https://doi.org/10.1002/jmor.20214>

531

532 Morais, R. D. V. S., Thomé, R. G., Lemos, F. S., Bazzoli, N., Rizzo, E. 2012. Autophagy and
 533 apoptosis interplay during follicular atresia in fish ovary: A morphological and
 534 immunocytochemical study. **Cell Tissue Res.** 347:467–478. [https://doi.org/10.1007/s00441-](https://doi.org/10.1007/s00441-012-1327-6)
 535 012-1327-6

536

537 Nguyen, N. H., Khaw, H. L., Ponzoni, R. W., Hamzah, A., Kamaruzzaman, N. 2007. Can sexual
 538 dimorphism and body shape be altered in Nile tilapia by genetic means? **Aquaculture**, 272S1,
 539 S38–S46. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.08.013>

540

541 Peters, H. M. 1983. Fecundity, egg weight and oocyte development in tilapias (Cichlidae,
 542 Teleostei) (ICLARM Translations 2). **International Center for Living Aquatic Resources**
 543 **Management**, Manila, Philippines, p.28.

544

545 Piamsomboon, P., Mehl, N. S., Sirivaidyapong, S. 2019. Assisted reproduction in Nile tilapia
 546 *Oreochromis niloticus*: Milt preservation, spawning induction and artificial fertilization.
 547 **Aquaculture**, Volume 507, 30 May, p.139-143.
 548 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.019>

549

550 Ponzoni, R. W., Nguyen, N. H., Khaw, H. L. 2007. Investment appraisal of genetic
 551 improvement programs in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture** 268 (187 199).
 552 DOI: 10.1016/j.aquaculture.2007.04.054

553

554 Qiang, J., He, J., Zhu, J.H., Tao, Y.F., Bao, J.W., Yan, Y., Xu, P., Zhu, X. 2021 a Optimal
 555 combination of temperature and photoperiod for sex steroid hormone secretion and egg
 556 development of *Oreochromis niloticus* as determined by response surface methodology.
 557 **Journal of Thermal Biology** 97- 102889.. DOI: 10.1016 / j.jtherbio.2021.102889

558

- 559 Qiang, J., Duan, XJ., Zhu, HJ., He, J., Tao, YF., Bao, JW., Zhu, XW., Xu, P. 2021b. Some
560 'white' oocytes undergo atresia and fail to mature during the reproductive cycle in female
561 genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture** 534,736278. DOI:
562 10.1016 / j.aquaculture.2020.736278
563
- 564 R Core Team R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for
565 Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018. URL <https://www.R-project.org/>.
566
- 567 Rezk, M. A., Ponzoni, R. W., Khaw, H. L., Kamel, E., Dawood, T., John, G. 2009. Selective
568 breeding for increased body weight in a synthetic breed of Egyptian Nile tilapia, *Oreochromis*
569 *niloticus*: response to selection and genetic parameters. **Aquaculture**, 293, 187–194. DOI:
570 10.1016 / j.aquaculture.2009.03.019
571
- 572 Rothbard, S; Prugini, Y. 1975. Induced spawning and artificial incubation of Tilapia.
573 **Aquaculture** 5, 315- 321. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(75\)90052-6](https://doi.org/10.1016/0044-8486(75)90052-6)
574
- 575 Schreck, C, B. 2010. Stress and fish reproduction: The roles of allostasis and hormesis. **General**
576 **and Comparative Endocrinology** 165, 549–556. DOI: 10.1016 / j.ygcn.2009.07.004
577
- 578 Schreck, C. B; Contreras- Sanchez, W; Fitzpatrick, M. S. 2001. Effects of stress on fish
579 reproduction, gamete quality, and progeny. **Aquaculture**, 197, 3-24.
580 [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00580-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00580-4)
581
- 582 Shalloof, K. A. S., Salama, H. M. M. 2008. Investigations on Some Aspects of Reproductive
583 Biology in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) Inhabited Abu-zabal Lake, Egypt. **Global**
584 **Veterinaria** 2 (6): 351-359.
585
- 586 Shoko, A. P., Limbu, S. M., Mrosso, H. D. J., Mgaya, Y. D. 2015. Reproductive biology of
587 female Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linnaeus) reared in monoculture and polyculture
588 with African sharp-tooth catfish *Clarias gariepinus* (Burchell). **Springerplus** 4, 275. DOI
589 10.1186/s40064-015-1027-2
590
- 591 Silva, J. W.B; Torres, I. M; Costa, H. J. M. S .1997. Number and diameter of oral hatching
592 eggs of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L., 1766). **Rev. Ciênc. Agron.** 28:1–4. 1

- 593 Siraj, S. S., Smitherman, R. O., Castillo- Galusa, S., Dunham, R.A. A. 1983.Reproductive traits
594 for three year classes of *Tilapia nilotica* and maternal effects of their progeny. In: Fishelson, L;
595 Yaron, Z. **International Symposium on Tilapia in Aquaculture Proceedings**. Tel Aviv
596 University, p. 210 -218.
597
- 598 Small, B. C. 2004. Effect of isoeugenol sedation on plasma cortisol, glucose, and lactate
599 dynamics in channel catfish *Ictalurus punctatus* exposed to three stressors. **Aquaculture**,
600 238:469–481. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.05.021>
601
- 602 Sonesson, A. K., Woolliams, J. A., Meuwissen, T. H. 2012. Genomic selection requires
603 genomic control of inbreeding. **Genet. Sel. Evol.** 44, 27. [https://doi.org/10.1186/1297-](https://doi.org/10.1186/1297-9686-44-27)
604 [9686-44-27](https://doi.org/10.1186/1297-9686-44-27)
605
- 606 Srisakultiew, P; Wee, K. L. Synchronous spawning of Nile tilapia through hypophysation and
607 temperature manipulation. In: Pullin, R.S.V., Bhukaswan, T., Toguthai, K. and Maclean, J.L.
608 (eds), **The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture** (ICLARM
609 Conference Proceedings 15). Department of Fisheries, Bangkok, Thailand and International
610 Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, pp. 275–284. 1988.
611
- 612 Statistical Analysis System Institute - SAS. SAS Institute. SAS/STAT® Software: help and
613 documentation release 9.1.3. Cary: SAS Institute, 2004.
614
- 615 Tacon, P., Ndiaye, P., Cauty, C., Menn, F. L., Jalabert, B. 1996. Relationships between the
616 expression of maternal behaviour and ovarian development in the mouthbrooding cichlid fish
617 *Oreochromis Niloticus*. **Aquaculture**, 146, 261-275. [https://doi.org/10.1016/S0044-](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01389-0)
618 [8486\(96\)01389-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01389-0)
619
- 620 Trong, T. Q., Van Arendonk, J. A. M., Komen, H. 2013a. Genetic parameters for reproductive
621 traits in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): II Fecundity and fertility. **Aquaculture**
622 416–417, 72–77. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.08.031>
623

- 624 Trong, T.Q., Van Arendonk, J. A. M., Komen, H. 2013b. Genetic parameters for reproductive
625 traits in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): I. Spawning success and time to spawn,
626 **Aquaculture**. 416–417, 57–64. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.08.032>
627
- 628 Valentin, F. N., Nascimento, N. F., Silva, R. C., Tsuji, E. A., Paes, M. C. F., Koberstein, T. C.
629 R. D., Nakaghi, L. S. O. 2015. Maternal age influences on reproductive rates in Nile tilapia
630 (*Oreochromis niloticus*). **R. Bras. Zootec.** 44(4):161-163, [https://doi.org/10.1590/S1806-](https://doi.org/10.1590/S1806-92902015000400005)
631 92902015000400005
632
- 633 Wohlfarth, G. W., HULATA, G. 1983. Applied genetics of tilapias. International centre for
634 Living Aquatic Resources Management (ICLARM), Manila, Philippines. 25p.
635
- 636 Worldfish Center. 2004. GIFT technology manual: an aid to tilapia selective breeding. Penang.
637
- 638 Yoshida, G, M., Oliveira, C. A. L., Kunita, N. M., Rizzato, G. S., Ribeiro, R. P. 2015.
639 Reproduction performance of female Nile tilapia under different environments and age classes.
640 **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 37, n. 3, p. 221 -226, July-Sept.
641 <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v37i3.25907>
642
643

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33

ARTIGO 2: É POSSÍVEL O AUMENTO DA EFICIÊNCIA REPRODUTIVA EM FÊMEAS DE TILÁPIAS DO NILO UTILIZANDO CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS COMO CRITÉRIO DE SELEÇÃO?

34 **É possível o aumento da eficiência reprodutiva em fêmeas de tilápias do Nilo utilizando**
35 **características reprodutivas como critérios de seleção?**

36 **RESUMO**

37 Embora a tilápia do Nilo seja a segunda espécie mais produzida mundialmente e a com mais
38 programas de melhoramento genético em desenvolvimento, a sua biologia reprodutiva é um
39 fator limitante no desenvolvimento da cadeia produtiva e no progresso genético da espécie. Sua
40 desova assíncrona dificulta a constância na produção de alevinos e, nos programas de
41 melhoramento genético prolongam a produção das famílias, aumentando os efeitos ambientais
42 comuns, e afetando negativamente a estimativa de parâmetros genéticos. Logo, a identificação
43 de fêmeas que tenham melhor desempenho reprodutivo pode ser uma alternativa para aumentar
44 a eficiência desses programas e ainda permitir que os incubatórios não trabalhem de forma
45 ociosa. Foram estimados os parâmetros genéticos das características reprodutivas: peso da
46 fêmea a desova (PFD), dias para desovar (DPD); peso da desova (PDD), número de ovos por
47 grama de desova (NOVOS), fecundidade absoluta (FA) e fecundidade relativa (FR) por meio
48 de inferência Bayesiana utilizando o programa computacional MTGSAM. O conjunto de dados
49 continham informações de desova de 172 fêmeas. As estimativas de herdabilidade variaram de
50 0,02 a 0,36. Os maiores valores de herdabilidade foram encontrados para PFD (0,21), PDD
51 (0,36) e FR (0,26), indicando que tais características são passíveis de seleção, podendo ser
52 incluídas em programas de melhoramento genético de tilápias como critérios de seleção e
53 promover a melhoria da eficiência reprodutiva das fêmeas.

54

55

56

57

58 **Palavras-chave:** desempenho reprodutivo, fecundidade, herdabilidade, *Oreochromis niloticus*

59

60

ABSTRACT

61

62 Although the Nile tilapia is the second most produced species in the world and the one with the
63 most genetic improvement programs in development, its reproductive biology is a limiting
64 factor in the development of the production chain and in the genetic progress of the species. Its
65 asynchronous spawning hinders the constancy in the production of fingerlings and, in genetic
66 improvement programs, they prolong the production of families, increasing the common
67 environmental effects, and negatively affecting the estimation of genetic parameters. Therefore,
68 the identification of females that have better reproductive performance can be an alternative to
69 increase the efficiency of these programs and still allow hatcheries not to work idle. The genetic
70 parameters of the reproductive characteristics were estimated: female weight to spawn (PFD),
71 days to spawn (DPD); spawning weight (PDD), number of eggs per gram of spawning (NEW),
72 absolute fecundity (FA) and relative fecundity (FR) through Bayesian inference using the
73 MTGSAM computer program. The dataset contained spawning information for 172 females.
74 Heritability estimates ranged from 0.02 to 0.36. The highest heritability values were found for
75 PFD (0.21), PDD (0.36) and FR (0.26), indicating that such traits are susceptible to selection
76 and can be included in tilapia breeding programs as criteria of selection and to promote the
77 improvement of the reproductive efficiency of the females.

78

79

80

81

82

83 **Keywords:** reproductive performance, fecundity, heritability, *Oreochromis niloticus*

84

85

86 **1.Introdução**

87 A tilápia do Nilo, é a segunda espécie mais produzida mundialmente, sendo cultivada
88 em pelo menos 78 países (FAO, 2020; Junning et al., 2019). No Brasil é a espécie mais
89 produzida, tornando- o quarto produtor mundial da espécie (Peixebr, 2021; FAO, 2020).

90 Esse fato se deve a tolerância da espécie a uma ampla gama de condições ambientais,
91 alta resistência ao estresse causado pelo manejo e doenças, capacidade de se produzir em
92 cativeiro, tolerância à manipulação, versatilidade alimentar, além de ser apreciada pelo mercado
93 consumidor (de ARAUJO et al., 2020; El- Sayed et al., 2005; Yilmaz et al., 2021; Tsadik, Bart,
94 2007; WU et al., 2021; Cao et al., 2021). Além disso, em países em desenvolvimento, a espécie
95 é importante não somente para atender a demanda local de proteína, mas também como fonte
96 local de trabalho (FAO, 2017).

97 Embora a fecundidade em peixes é alta comparada a outros animais, a tilápia é a espécie
98 com menor fecundidade entre eles, com produção de 300 a 1500 ovos por desova, além de
99 possuir desova assíncrona (Yaron et al., 2003; Gjedrem, 2005; Yoshida et al., 2017). Esses
100 fatores combinados, afetam desde o suprimento de alevinos até os programas de melhoramento
101 genético em desenvolvimento da espécie, já que torna inconstante a produção de alevinos e
102 aumenta o tempo necessário para obtenção do número de famílias necessárias para condução
103 das avaliações genéticas.

104 O prolongamento na produção das famílias aumenta o efeito de ambiente comum e
105 afetam negativamente a estimativa dos parâmetros genéticos (Ponzoni et al., 2011; Bentsen et
106 al., 2012)

107 Assim, nota-se que a eficiência reprodutiva desempenha papel fundamental na cadeia
108 produtiva e na eficácia dos programas de melhoramento genético, e que a utilização de
109 reprodutores que exibam características reprodutivas ideais poderia reduzir a necessidade de
110 uso de extensas instalações para manutenção de reprodutores para suprir as demandas
111 decorrentes da biologia reprodutiva da espécie (Srimai et al., 2019; Hamzah et al., 2014; Rana,
112 1988; Bhujel et al., 2007; Gjedrem, 2005).

113 Além disso, a capacidade de multiplicar com eficiência o material genético, depende da
114 fertilidade e fecundidade dos reprodutores selecionados (Gjerde, 2005). Assim, a estimativa de
115 herdabilidade de características reprodutivas é uma metodologia necessária para avaliar a
116 sustentabilidade dos programas de melhoramento, promover o progresso dos mesmos e,
117 permitir redução no estoque de reprodutores (Tan et al., 2019, Lapeyre et al., 2009).

118 Contudo, embora a tilápia do Nilo seja uma das espécies com maior número de
119 programas de melhoramento genético em andamento, pouca atenção tem se dado às

120 características reprodutivas, sendo escassos estudos que abordem o tema (Neira, 2010; Lhorente
121 et al., 2019; Charo- Karisa et al., 2007; Trong et al., 2013a; Trong et al., 2013 b; Hamzah et al.,
122 2014; Thoa et al., 2017; Yoshida et al., 2017).

123 Ainda que a fecundidade não seja de interesse em programas de melhoramento genético
124 de muitas espécies de peixes por apresentarem altos índices reprodutivos, esse tipo de
125 informação é importante para essas menos prolíficas como a tilápia do Nilo e, para espécies
126 onde o interesse se concentra na desova, como em esturjão (Admassu et al., 2015; Srimai et al.,
127 2019).

128 O conhecimento da herança genética das características reprodutivas pode auxiliar os
129 programas de melhoramento genético de tilápia no estabelecimento de critérios de seleção de
130 que possibilitem o atendimento da demanda constante do mercado por alevinos. Logo,
131 objetivou-se avaliar a possibilidade da utilização de critérios de seleção de características
132 reprodutivas a fim de selecionar fêmeas com maior eficiência reprodutiva através de estimativas
133 de parâmetros genéticos.

134

135 **2. Material e métodos**

136

137 **2.1. Material genético**

138 O estoque utilizado era proveniente de duas variedades mantidas no Setor de
139 Piscicultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA) no Brasil. A variedade denominada
140 UFLA CINZA, é composta do cruzamento da primeira importação de tilápia nilótica da
141 variedade Bouaké para o Brasil em 1971, originária da Costa do Marfim e alocadas nas
142 instalações da UFLA desde 1977, com indivíduos da variedade GIFT (Genetic Improvement of
143 Farmed Tilapia) trazidos para o Brasil em 2005 e alocadas na UFLA desde 2011 (Dias et al.,
144 2016; Freato et al., 2012). Foi caracterizada geneticamente por Dias et al. (2016) e trata-se de
145 um importante recurso genético já que sofreu seleção massal por várias décadas se tornando
146 fortemente adaptada a região que é caracterizada por um inverno rigoroso. A outra variedade é
147 a UFLA VERMELHA, caracterizada por apresentar herança autossômica dominante, oriunda
148 da variedade Red-Stirling, da Universidade de Stirling, importada para o Brasil em 2001 e
149 trazida para Universidade Federal de Lavras em 2015.

150

151 **2.2. Experimento**

152

153 Os dados utilizados no presente estudo foram obtidos da desova de 172 fêmeas de um
154 total de 284 acasalamentos referentes aos anos aquícolas 2019/2020 e 2020/2021,
155 respectivamente.

156 O experimento foi conduzido no Setor de Piscicultura da Universidade Federal de
157 Lavras (UFLA), no estado de Minas Gerais, no Sudeste do Brasil entre outubro de 2019 e
158 fevereiro de 2021, tendo sido aprovado anteriormente pela Comissão de Ética no Uso de
159 Animais (CEUA- UFLA) sob protocolo nº 037/2019.

160 Os animais utilizados no presente estudo foram advindos de duas variedades de tilápia
161 do Nilo: UFLA VERMELHA, e UFLA CINZA, ambas adaptadas ao clima da região, que
162 apresenta baixas temperaturas no período de inverno. As fêmeas foram acasaladas com machos
163 da mesma variedade (♂ UFLA VERMELHA x ♀ UFLA VERMELHA, ♂ UFLA CINZA x ♀
164 UFLA CINZA).

165 A seleção prévia dos reprodutores foi realizada por meio de visualização fenotípica. Os
166 machos foram escolhidos quando apresentavam papila urogenital hiperêmica e as fêmeas
167 quando apresentavam cavidade celomática distendida, volumosa, macia, e com a papila
168 urogenital proeminente e rosada, conforme recomendações do Manual da variedade GIFT
169 (WorldFish Center, 2004).

170 Metade das fêmeas de ambos grupos genéticos além da avaliação visual foram
171 submetidas a massagem da papila urogenital para verificação do grau de maturação dos
172 ovócitos a olho nu. Independente da classificação do grau de maturação dos ovócitos, todas as
173 fêmeas que foram selecionadas previamente pelos critérios de visualização fenotípica foram
174 avaliadas.

175 Os casais foram alocados em hapas de 1m³ por um período de 21 dias, na relação 1:1 (1
176 macho: 1 fêmea), após esse período os casais foram desfeitos e novos reprodutores alocados
177 nas hapas. No total, foram realizados quatro períodos de acasalamento na estação reprodutiva
178 2019/2020 e quatro períodos de acasalamento na estação reprodutiva 2020/2021.

179 Durante o período de reprodução, os casais eram alimentados duas vezes ao dia, com
180 ração comercial contendo 36% PB.

181 A verificação da desova era feita semanalmente, e quando presente, coletada através de
182 contra fluxo da orofaringe, com auxílio de piceta e béquer.

183 A desova coletada de cada casal foi transferida para incubadoras experimentais
184 individuais feitas de PVC, com capacidade de 500 mL por unidade e aeração constante. A
185 temperatura no sistema de incubação foi ajustada para 28±0,5°C.

186 Após absorção do saco vitelínico, as larvas de cada incubadora foram transferidas para
187 hapas de 1m³ instaladas em tanques de alvenaria de 5m de largura, 8 m de comprimento e 1,60
188 cm de altura. Cada tanque continha 16 hapas, e cada hapa uma família de irmãos completos.
189 Após atingirem peso de marcação, 40 representantes de cada família foram identificados por
190 meio de microchips ("Passive Integrated Transponder" ou PIT-tag) implantados na cavidade
191 visceral, sendo 20 machos e 20 fêmeas de cada família.

192 Posteriormente, foram transferidos para 4 tanques de alvenaria de 64 m³, sendo dois de
193 machos e 2 de fêmeas para que não houvesse reprodução durante o período de crescimento.

194 Após período de cultivo, de aproximadamente 180 dias coincidentes com parte do
195 outono, inverno e primavera, houve a despesca dos peixes e seleção de machos e fêmeas para a
196 próxima estação reprodutiva (2020/2021).

197 A seleção dos reprodutores, alocação dos casais e verificação da desova seguiram os
198 mesmos critérios da estação reprodutiva (2019/2020), se atentando, contudo, para que não
199 fossem formados casais consanguíneos.

200

201 **2.3. Características reprodutivas**

202

203 Nas fêmeas que apresentavam desova, após a coleta da mesma, elas eram pesadas
204 (PFD), e era calculado quantos dias após a formação dos casais foi observado desova (DPD).

205 A desova total coletada de cada fêmea foi pesada em balança de precisão digital (PDD)
206 e foram estimadas a fecundidade relativa (FR), número de ovos por grama de peso da fêmea e
207 a fecundidade absoluta (FA), número total de ovos por desova por fêmea. Uma amostra de 1g
208 de desova foi pesada e contada para determinação do número de ovos por grama de desova
209 (NOVOS).

210

211 **3. Análises estatísticas**

212

213 Análises unicaracter foram conduzidas para PFD, DPD, PDD, NOVOS, FA e FR.

214 Anteriormente, com o intuito de identificar os possíveis efeitos fixos para cada variável
215 analisada, foi realizada uma análise de variância através do pacote PROC GLM no programa
216 Statistical Analysis System (SAS, 2004).

217 Os possíveis efeitos fixos para as características avaliadas foram: tanque, manejo, grupo
218 genético e período.

219 O efeito fixo tanque refere-se ao local onde foram instaladas as hapas de reprodução.
 220 Cada tanque recebeu 16 hapas de 1m³, totalizando 5 tanques utilizados nas duas estações
 221 reprodutivas.

222 O efeito fixo manejo foi definido como fêmeas que receberam massagem na papila
 223 urogenital e fêmeas que foram selecionadas apenas pela visualização da papila.

224 O grupo genético refere-se as duas variedades de tilápia do Nilo utilizadas no presente
 225 estudo: UFLA VERMELHA e UFLA CINZA. Já os períodos foram classificados em 8, 4
 226 períodos de 21 dias de outubro de 2019 a janeiro de 2020, e 4 períodos de 21 dias de novembro
 227 de 2020 a fevereiro de 2021.

228 A Tabela 1 apresenta a significância dos efeitos fixos para cada variável analisada. O
 229 peso inicial da fêmea na data de montagem do acasalamento foi utilizado como covariável para
 230 todas as variáveis em análise.

231

232 Tabela 1. Significância dos efeitos fixos para peso da fêmea a desova (PFD), dias para desovar
 233 (DPD), peso da desova (PDD), número de ovos em 1g de desova (NOVOS), número
 234 de desovas no período de avaliação (NDESOVA), fecundidade absoluta (FA) e
 235 fecundidade relativa (FR).

236

	Efeitos fixos			
	Tanque	Manejo	GG	Período
PFD	Ns	Ns	*	*
DPD	Ns	*	Ns	ns
PDD	Ns	*	Ns	*
NOVOS	Ns	Ns	Ns	*
FA	Ns	Ns	Ns	*
FR	Ns	Ns	Ns	*

237 GG= grupo genético; *p< 0,05 e ns= não significativo

238

239 Para a estimação dos componentes de variância e parâmetros genéticos das
 240 características reprodutivas avaliadas, o conjunto de dados continha informação de xxx fêmeas
 241 de tilápias do Nilo mais as informações de pedigree de 257 animais. Utilizou-se o modelo
 242 animal descrito:

243

$$\gamma = \chi\beta + Z_1\alpha + e$$

244

245 em que, y é o vetor de observações das características analisadas; β é o vetor dos efeitos
 246 ambientais identificáveis para cada variável; α e e são os vetores dos efeitos genéticos aditivos
 247 diretos e dos resíduos, respectivamente. As matrizes X e Z_1 são referentes às incidências dos
 248 efeitos ambientais identificáveis e genéticos aditivos diretos, respectivamente.

249 Análises unicaracter foram conduzidas para as características PFD, DPD, PDD,
 250 NOVOS, FA e FR através de procedimentos bayesianos por meio das cadeias de Gibbs,
 251 resultantes de 1.000.000 de ciclos com períodos de descarte de 2000 ciclos e intervalo de
 252 retirada de 100 ciclos, utilizando-se o sistema computacional MTGSAM (*Multiple Trait Gibbs*
 253 *Sampling to Animal Model*) (TASSEL; VLECK, 1996).

254 A convergência das cadeias foi testada por meio do método de Heidelberger e Welch
 255 (1981), descrito por Cowles, Best e Vines (1995), utilizando a biblioteca CODA (Convergence
 256 Diagnosis and Output Analysis) implementada no Software R (versão 3.4.4-2018).

257

258 4. Resultados

259 A média e desvios padrão para as características reprodutivas avaliadas durante os
 260 quatro períodos de avaliação do ano de 2019/2020 e os quatro períodos do ano de 2020/2021
 261 são mostrados na Tabela 2.

262

263 Tabela 2- Médias e desvios padrão das variáveis de desempenho reprodutivo das
 264 fêmeas avaliadas.

Variável	Média	Desvio padrão
Peso da fêmea a desova (dias)	191,9	71,84
Dias para desovar (dias)	13,05	5,65
Peso da desova (g)	5,56	3,26
Nº de ovos em 1g	154,04	65,13
Fecundidade absoluta	787,03	533,40
Fecundidade relativa	4,20	2,66

265

266 Houve convergência para todas as cadeias obtidas nas análises unicaracter. Os
 267 componentes de variância e herdabilidade para as características reprodutivas analisadas são
 268 apresentadas na tabela 3.

269

270 Tabela 3. Estimativas dos valores de variância genética aditiva (σ^2_a), residual (σ^2_e), fenotípica
 271 (σ^2_p), herdabilidade (h^2) e seus respectivos intervalos de credibilidade nas
 272 características reprodutivas avaliadas

	σ^2_a	σ^2_e	σ^2_p	h^2
PFD	106,58 (59,75-172,89)	403,65 (319,61-507,10)	510,24 (416,16-623,05)	0,21 (0,12-0,32)
DPD	1,01 (0,29-2,64)	30,12 (24,45-37,13)	31,13 (25,41-38,11)	0,03 (0,00-0,08)
PDD	44,11 (31,74-60,36)	79,68 (62,26-100,81)	123,78 (99,49-153,27)	0,36 (0,28-0,44)
NOVOS	532,10 (78,82-1759,13)	3280,64 (2143,15- 4315,07)	3812,74 (3083,60- 4698,32)	0,14 (0,02-0,44)
FA ^a	6,08 (6,08-0,33)	0,02 (0,02-0,03)	0,02 (0,02-0,03)	0,02 (0,00-0,14)
FR	20,23 (14,09-28,55)	56,63 (44,92-70,64)	76,86 (62,29-94,71)	0,26 (0,20-0,34)

273 PFD= peso da fêmea a desova, DPD= dias para desovar, PDD= peso da desova,
 274 NOVOS= número de ovos em 1g de desova, FA= frequência absoluta, FR= frequência
 275 relativa

276 ^a Componentes de variância multiplicados por 1000.

277

278 As estimativas dos componentes de co (variância) para FA e DPD foram baixas, e
 279 passaram pelo zero, demonstrando a participação reduzida da variância genética aditiva e
 280 predominância da participação da variância dos efeitos ambientais não identificáveis na
 281 variação total, resultando em valores de herdabilidade de 0,02 e 0,03 para fecundidade absoluta
 282 e dias para desovar, respectivamente.

283 As características PFD, PDD, NOVOS e FR apresentaram valores de herdabilidade mais
 284 elevados e, embora tenham tido amplos intervalos de credibilidade, nenhuma das estimativas
 285 de herdabilidade foram nulas, sugerindo a existência de variabilidade genética de origem
 286 aditiva, mesmo que em menor grau.

287

288 **5. Discussão**

289 As estimativas de herdabilidade para PFD encontradas no presente estudo são
290 semelhantes as relatadas por Hamzah et al (2014). Su et al. (1997) encontraram valores mais
291 baixos (0,09) ao avaliarem a herdabilidade para peso da fêmea na desova em truta arco – íris.

292 A herdabilidade para FA foi menor do que a relatada por Hamzah e colaboradores
293 (2014), embora os valores médios de números de ovos por grama de fêmea, caracterizado como
294 fecundidade relativa (FR) tenham apresentado resultados semelhantes (4 ovos/g fêmea). No
295 entanto os autores não estimaram a herdabilidade para FR. Perterson et al. (2004), Gunasekera
296 et al. (1996), e Lapeyre et al. (2009) também encontraram valores de fecundidade relativa
297 semelhantes aos deste trabalho.

298 Logo, considerando tal fato e, o valor de herdabilidade de 0,26 para FR, a utilização
299 dessa característica é mais indicada para uso como critério de seleção.

300 Além disso, Mair et al. (2004) ao compararem parâmetros reprodutivos de quatro
301 variedades de tilápia nilótica, observaram que a fecundidade absoluta aumentou com o tempo,
302 enquanto a fecundidade relativa permaneceu embora não tenham encontrado nenhum tenham
303 encontrado correlações significativas entre essa e a idade das fêmeas.

304 Yoshida et al. (2017) avaliou a herdabilidade para o volume de ovos em tilápia e
305 encontraram o valor de 0,02. Embora a forma de medição da quantidade de ovos realizada pelos
306 autores tenha sido diferente da realizada no presente trabalho, os resultados são semelhantes e
307 também indicam reduzida participação da variância pelos efeitos genéticos aditivos.

308 Já Trong et al. (2013b) encontraram valores de herdabilidade semelhante aos descritos
309 neste estudo para FA e valores abaixo do que aqui relatados para FR. Cabe ressaltar, que no
310 estudo realizado por Trong et al. (2013) as fêmeas tinham peso médio de 697,5; 402,2; 414,8 e
311 654,9 g para relação 1 macho: 1 fêmea, 7 machos para 15 fêmeas, e 1 macho para 10 fêmeas
312 em anos diferentes, respectivamente. Já no presente estudo, as fêmeas tinham peso médio de
313 191,90g e a relação 1 macho: 1 fêmea. Assim, as discrepâncias encontradas nos estudos
314 comparados podem ser explicadas pela diferença nos pesos corporais das fêmeas avaliadas e
315 nas relações macho: fêmeas utilizadas. Estudos apontam que fêmeas mais pesadas tendem a
316 diminuir a frequência das desovas e aumentar o número de ovos por desova (Tsadik, 2008;
317 Almeida et al., 2013; Yoshida et al., 2015).

318 O número total de ovos por desova por fêmea tem como fator limitante o tamanho da
319 fêmea, haja visto que a tilápia nilótica tem como hábito reprodutivo a incubação de ovos na
320 boca. (Komolafe; Arawomo, 2007). Além disso, o tamanho da gônada tende a aumentar
321 proporcionalmente ao tamanho do corpo (Gjedrem, 2005). Logo fêmeas maiores possuem
322 maior capacidade física e morfológica para produzir e incubar os ovos. (Shoko et al., 2015).

323 Assim, a herdabilidade baixa para FA encontrada no presente estudo pode ser explicada
324 pelo alto desvio padrão para essa característica acompanhado de valores médio de (191,90
325 $\pm 71,84$) para peso da fêmea a desova (Tabela 1), o que demonstra a alta influencia ambiental
326 da característica. Além disso, por se tratar de uma espécie de desova assíncrona, ou seja, não
327 tem os ovócitos liberados de uma só vez, o uso de tal informação pode não ser fidedigna da sua
328 capacidade reprodutiva e, por tal fato não são indicadas como critério de seleção (Wootton,
329 1979; Rana, 1988).

330 Já em relação a proporção macho e fêmea, estudos evidenciam que quando se há maiores
331 densidades masculinas há um aumento na agressão e competição entre machos, levando a uma
332 possível redução da oportunidade de desova das fêmeas (Grant et al., 1995; Mills, Reynolds,
333 2003). Muntaziana e colaboradores (2011) observaram que alguns ovos não foram fertilizados
334 devido a competição entre os machos.

335 No entanto, Chapweteka e colaboradores (2016) encontraram melhor desempenho
336 reprodutivo quando utilizaram a proporção de 1 macho para 5 fêmeas.
337 Contudo, o design de acasalamento de 1 macho: 1 fêmea é o mais indicado se tratando de
338 programas de melhoramento genético, visto que possibilita maior controle sobre o pedigree, já
339 que existem estudos que relatam "roubo" de ovos entre as fêmeas (Fessehayet et al., 2006).

340 A baixa herdabilidade para DPD sugere a dificuldade de melhorar essas características
341 por seleção e estão de acordo com as observadas por TRONG et al. (2013), evidenciando que
342 o tempo para desovar é fortemente influenciado por fatores biológicos, sociais e, dependem
343 dentre outros fatores do momento mais favorável para o sucesso da progênie (Alba et al., 2019;
344 Cowan et al., 2017).

345 Cabe ressaltar, que as baixas herdabilidades encontradas para FA e DPD, como bem
346 colocado por Thoa et al. (2007), não significa que não há variação genética para permitir o
347 escopo para seleção, já que a herdabilidade é um parâmetro populacional e, como esperado, as
348 características reprodutivas são amplamente influenciadas por fatores ambientais.

349 A herdabilidade para PDD juntamente com os valores das variâncias genética aditiva
350 (σ^2_a), indicam boas possibilidades de ganho genético e, indicada para ser utilizada como critério
351 de seleção.

352 Duponchelle et al. (2000), avaliando variações na fecundidade e tamanho de ovos em
353 tilápias do Nilo, concluíram que o peso de desova parece ser a característica menos variável
354 entre populações.

355 Legendre & Ecoutin (1989) também observaram que embora haja a variação no tamanho
356 e peso dos ovos, o peso da desova tende a ser constante e concluem que a quantidade de material

357 biológico produzido tende a ser constante e determinada geneticamente, tendo o ambiente
358 influencia na divisão do material gonadal e, conseqüentemente no tamanho dos ovos gerados.
359 Esses resultados reforçam o uso da característica PDD como critério de seleção já que além do
360 valor de herdabilidade apresentado parece ter pouca variação fenotípica ao longo da vida
361 produtiva da fêmea.

362 As correlações genéticas entre as características analisadas não foram exibidas para o
363 presente estudo porque apresentaram intervalos de credibilidade que passavam pelo zero,
364 indicando que tal valor era nulo.

365 A ampla magnitude associada aos intervalos de credibilidade para as estimativas de
366 correlação, a princípio, pode ter sido ocasionada ao limitado tamanho amostral, a utilização de
367 apenas duas gerações e a fatores ambientais não controlados durante o cultivo.

368 No entanto, correlações genéticas entre diversas características reprodutivas de tilápias
369 do Nilo foram estimadas em estudos realizados por Hamzah et al (2014), Trong et al. (2013ab)
370 e Thoa et al. (2017). Embora tais trabalhos tenham utilizado tamanho amostral superior ao
371 presente trabalho, foram observados valores baixos e não significativos, com altos valores de
372 desvios padrão entre várias correlações genéticas analisadas. Tal fato indica, que talvez as
373 correlações nulas encontradas no presente trabalho não tenham sido causadas apenas pelas
374 limitações descritas e sim pela natureza poligênica das características (Puppin et al., 1991).

375 De modo geral, para as características PFD, PDD, NOVOS e FR, mesmo se tratando de
376 características reprodutivas que são relatadas por apresentarem alta contribuição de fatores
377 ambientais (Srimai et al., 2019), os valores de herdabilidade encontrados indicam que o fenótipo
378 pode ser um bom indicador do genótipo do indivíduo.

379 Em conclusão, as herdabilidades obtidas para características reprodutivas indicam a
380 presença de variação genética para as características analisadas na população estudada
381 permitindo que sejam utilizadas como critérios de seleção para aumento da eficiência
382 reprodutiva em fêmeas de tilápias do Nilo.

383 Embora a medição de algumas características reprodutivas seja trabalhosa, a utilização
384 dessas como critérios de seleção podem ser promissoras no progresso genético da espécie.

385 A alta plasticidade de características reprodutivas em tilápia do Nilo indica a
386 necessidade de monitoramento no desempenho reprodutivo em programas de melhoramento
387 genético.

388

389 **6. Agradecimentos**

390 Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e
391 Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro; e a
392 Universidade Federal de Lavras (UFLA) pelo apoio.

393

394 **REFERÊNCIAS**

395

396 ADMASSU, D; ABERA, L; TADESSE, Z. Fecundity and breeding season of the African
397 catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell), in Lake Babogaya, Ethiopia. **Global Journal of**
398 **Agriculture and Agricultural Sciences**. Volume 3, Issue 8, Pg. 295-303. 2015.

399

400 ALMEIDA, D. B. et al. Reproductive performance in female strains of Nile tilapia,
401 *Oreochromis niloticus*. **Aquacult Int** 21:1291–1300, 2013.

402

403 BENTSEN, H, B et al. Genetic improvement of farmed tilapias: genetic parameters for body
404 weight at harvest in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during five generations of testing in
405 multiple environments. **Aquaculture** 338: 56-65. 2012.

406

407 BHUJEL, R. C; LITTLE, D. C; HOSSAIN, A. Reproductive performance and the growth of
408 pre-stunted and normal Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodfish at varying feeding rates.
409 **Aquaculture** 273, 71–79.2007.

410

411 CAO, J. et al. Distant hybridization and gynogenesis between Nile tilapia *Oreochromis*
412 *niloticus* and Jaguar cichlid *Parachromis managuensis*. **Animal Reproduction Science**.232.
413 2021.

414

415 CHAPWETEK, D; MZENGEREZA, K; ZIDANA, H.Fry Production in Tilapia Rendalli
416 Stocked in Suspended Earthen Pond Hapas at Different Sex Ratios. S. **Int J Marine Sci Ocean**
417 **Technol.** 3(5), 50-54.

418

419 CHARO-KARISA, H. et al. Phenotypic and genetic parameters for body measurements,
420 reproductive traits and gut length of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) selected for growth in
421 low-input earthen ponds. **Aquaculture** 273, 15–23. 2007.

422

- 423 COWAN, M., AZPELETA, C., LÓPEZ-OLMEDA, J.F., Rhythms in the endocrine system of
424 fish: a review. **J. Comp. Physiol. B.** 187, 1057–1089. 2017.
- 425
- 426 COWLES, M. K.; BEST, N.; VINES, K. **Convergence diagnostics and output analysis.**
427 Version 0.40. London: MRC Biostatistics, p.91, 1995.
- 428
- 429 de ALBA, G. et al. Daily rhythms in the reproductive axis of Nile tilapia (*Oreochromis*
430 *niloticus*): Plasma steroids and gene expression in brain, pituitary, gonad and egg. **Aquaculture**
431 507 : 313–321. 2019.alba
- 432
- 433 de Araújo; F. C. T. et al. Effects of genotype × environment interaction on the estimation of
434 genetic parameters and gains in Nile tilapia. **Journal of Applied Genetics.** 61 (4): 575-580.
435 2020 <https://doi.org/10.1007/s13353-020-00576-2>
- 436
- 437 DIAS, M. A. D.; FREITAS, R. T. F.; ARRANZ, S. E.; VILLANOVA, G. V.; HILSDORF, A.
438 W. S. Evaluation of the genetic diversity of microsatellite markers among four strains of
439 *Oreochromis niloticus*. **Stichting International Foundation for Animal Genetics**, 47, p. 345–
440 353, 2016.
- 441
- 442 DUPONCHELLE, F; CECCHI, P; CORBIN, D; NUÑEZ, J; LEGENDRE, M. Variations in
443 fecundity and egg size of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, from man-made lakes of
444 C^ote d'Ivoire. **Environmental Biology of Fishes** 57: 155–170, 2000.
- 445
- 446 EL-SAYED, A. F. M; MANSOUR, C. R; EZZAT, A. A. Effects of dietary lipid source on
447 spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different
448 water salinities. **Aquaculture**, 248: 187– 196. 2005.
- 449
- 450 FAO, 2017. **A world overview of species of interest to fisheries.** *Oreochromis niloticus*. In:
451 FIGIS Species Fact Sheets [Online]. FAO, Rome Available. [http://www.fao.org/](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en#tcNA00EA)
452 [fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en#tcNA00EA](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en#tcNA00EA)
- 453
- 454 FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action.**
455 Rome.<https://doi.org/10.4060/ca9229en> .2020.
- 456

- 457 FREATO, T. A., FREITAS, R. T. F., PIMENTA, M. E. S. G., OLIVEIRA, G. R., NETO, R.
458 V. R., MATTOS, B. O. 2012. Evaluation of Nile tilapia strains cultivated in cages under
459 different feeding programmes. **Brazilian Journal of Animal Science**, v. 41, p. 1332–1336.
460 <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000600002>
461
- 462 GJEDREM, T. **Selection and Breeding Programs in Aquaculture**. Springer, Dordrecht, The
463 Netherlands, 2005.
- 464
- 465 GJERDE, B., **Design of breeding programs**. In: Gjedrem, T. (Ed.), Selection and Breeding
466 Program in Aquaculture. Springer, Netherlands, pp. 173–195. 2005.
- 467
- 468 GJERDE, B.; MENGISTU, S. B.; ODEGARD, J.; JOHANSEN, H.; ALTAMIRANO, D. S.
469 Quantitative genetics of body weight, fillet weight and fillet yield in Nile tilapia (*Oreochromis*
470 *niloticus*). **Aquaculture** 342-343, p.117-124, 2012.
- 471
- 472 GRANT, J.W.A.; BRYANT, M.J.; SOOS, C.E. Operational sex ratio, mediated by synchrony
473 of female arrival, alters the variance of male mating success in Japanese medaka. **Anim.**
474 **Behav.**, 49: 367-375. 1995.
- 475
- 476 GUANASEKERA, R. M; SHIM, K. F; LAM, T. J. Effect of dietary protein level on spawning
477 performance and amino acid composition of eggs of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*.
478 **Aquaculture** 146, 121- 134. 1996.
- 479
- 480 HAMZAH, A. et al. Genetic parameters and correlated responses in female reproductive traits
481 in the GIFT strain. **Aquaculture Research**, 1–11. 2014.
- 482
- 483 HAMZAH, A. et al. Performance of the Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT) Strain
484 Over Ten Generations of Selection in Malaysia. **Pertanika J. Trop. Agric. Sci.** 37 (4), p.411 -
485 429, 2014.
- 486
- 487 HAMZAH, A.; NGUYEN, H. N.; MEKKAWY, W.; PONZONI, R. W.; KHAW, H. L.; YEE,
488 H. Y.; BAKAR, K. R. A.; NOR, S. A. M. Flesh characteristics: estimation of genetic parameters
489 and correlated responses to selection for growth rate in the GIFT strain. **Aquaculture**
490 **Research**, 47, p.2139–2149, 2016.

- 491
492 JUNNING, C. et al. **Top 10 species groups in global aquaculture 2017**. WAPI factsheet June,
493 7. 2019. <http://www.fao.org/3/ca5224en/ca5224en.pdf>
494
- 495 KOMOLAFE, O.O; ARAWOMO, G.A.O Reproductive strategy of *Oreochromis niloticus*
496 (Pisces: Cichlidae) in Opa reservoir, Ile-Ife, Nigeria. **Rev. Biol. Trop.** (Int. J. Trop. Biol. ISSN-
497 0034-7744) Vol. 55 (2): 595-602, June 2007.
498
- 499 LAPEYRE, B.A., MÜLLER-BELECKE, A., HÖRSTGEN-SCHWARK, G., 2009. Control of
500 spawning activity in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (L.) by temperature
501 manipulation. **Aquac. Res.** 40, 1031–1036. 2009.
502
- 503 LEGENDRE, M; ECOUTIN, J. M. Aspects of the reproductive strategy of *Sarotherodon*
504 *melanotheron*: comparison between a natural population (Ebrie Lagoon, C^ote d'Ivoire) and
505 different cultured populations. pp. 326–338. In: R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.-B.
506 Amon Kothias & D. Pauly (ed.) **The Third International Symposium on Tilapia in**
507 **Aquaculture**, ICLARM Conf. Proc. 41, Abidjan. 1996.
508
- 509 LHORENTE, J. P. et al. Advances in genetic improvement for salmon and trout aquaculture:
510 the Chilean situation and prospects. **Reviews in Aquaculture** 11, 340–353. 2019.
511
- 512 MAIR, G, C. Comparisons of reproductive parameters among improved strains of Nile Tilapia
513 *Oreochromis niloticus* L. **Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture**,
514 Manila, Philippines (ed. by R. Bolivar, G. Mair & K. Fitzsimmons). 2004.
515
- 516 MILLS, S.C.; REYNOLDS, J. D. Operational sex ratio and alternative reproductive behaviours
517 in the European bitterling, *Rhodeus sericeus*. **Behav. Ecol. Sociobiol.**, 54: 98- 104. 2003.
518
- 519 MUNTAZIANA, M.P.A.; RAHIM, A. A.; AMIN, S.M.N. Effect of broodfish sex ratio on seed
520 production of red tilapia in suspended hapa. **Journal of Fisheries and Aquatic Science** 6 (7):
521 862-866. 2011.
522

- 523 NEIRA, R. Breeding in aquaculture species: genetic improvement programs in developing
524 countries. In: **9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production. Leipzig,**
525 Germany, p. 8. 2010.
- 526
- 527 PEIXE BR - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA PISCICULTURA - **ANUÁRIO Peixe BR** da
528 Piscicultura. 2021. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2021/>. Acesso em: 15
529 março de 2021.
- 530
- 531 PERTERSON M.S. et al. Reproduction in non-native environments: establishments of Nile
532 tilapia in coastal Mississippi watersheds. **Copeia** 4, 842–849. 2004.
- 533
- 534 PONZONI, R. W; NGUYEN, N. H; KHAW, H. L. Investment appraisal of genetic
535 improvement programs in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture** 269, 187–199.
536 2007.
- 537
- 538 PUPPIN, R. S. V; EKNATH, A. E; GJERDEM, B; TAYAMEN, M. M; MACARANAS, J. M;
539 ABELLA, T. A. The genetic improvement of farmed tilapias GIFT project: the story so far.
540 NAGA, the ICLARM Quarterly, April, 3-6. 1991.
- 541
- 542 R CORE TEAM (2018). R: A language and environment for statistical computing. R
543 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- 544
- 545 RANA K. Reproductive biology and the hatchery rearing of tilapia eggs and fry. In: **Recent**
546 **Advances in Aquaculture**, Vol 3 (ed. by J.F. Muir & R.J. Roberts), pp.343–406. Croom Helm,
547 London and Sydney and Timber press, Portland, OR, USA. 1988.
- 548
- 549 STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS. SAS Institute. SAS/STAT®
550 Software: help and documentation release 9.1.3. Cary: SAS Institute, 2004.
- 551
- 552 SHOKO, A.P. et al. Reproductive biology of female Nile tilapia *Oreochromis niloticus*
553 (Linnaeus) reared in monoculture and polyculture with African sharptooth catfish *Clarias*
554 *gariepinus* (Burchell). **Springerplus** 4. 2015.
- 555
- 556 SRIMAI, W. et al. Genetic parameters of reproductive traits in male and female North African

- 557 catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). **Aquaculture** 513. 2019.
- 558
- 559 SU, G. S; LILJEDAHN, L. E; GALL, G. A. Genetic and environmental variation of female
560 reproductive traits in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture** 154, 115–124. 1997.
- 561
- 562 TAN, J. et al. Evaluation of genetic parameters for reproductive traits and growth rate in
563 the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in brackish water. **Aquaculture** 511.
564 2019.
- 565
- 566 TASSELL, C. P. van; VLECK, L. D. van. Multiple-trait Gibbs sampler for animal models:
567 flexible programs for Bayesian and likelihood-based (co)variance component inference.
568 **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74, n. 11, p. 2586-2597, Nov. 1996.
- 569
- 570 THOA, N.P., HAMZAH, A., NGUYEN, N.H., Genetic variation and correlated changes in
571 reproductive performance of a red tilapia line selected for improved growth over three
572 generations. **Anim. Reprod. Sci.** 184, 94–101. 2017.
- 573
- 574 TRONG, T. Q., VAN ARENDONK, J. A. M., KOMEN, H. Genetic parameters for
575 reproductive traits in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): II Fecundity and fertility.
576 **Aquaculture** 416–417, 72–77. 2013.
- 577
- 578 TRONG, T.Q., VAN ARENDONK, J.A.M., KOMEN, H. Genetic parameters for reproductive
579 traits in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): I. Spawning success and time to spawn,
580 **Aquaculture**. 416–417, 57–64. 2013.
- 581
- 582 TSADIK, G. G.; BART, A.N. Effects of feeding, stocking density and water-flow rate on
583 fecundity, spawning frequency and egg quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.).
584 **Aquaculture**, v.272, n.1, p.380-388. 2007.
- 585
- 586 TSADIK, G.G. Effects of maternal age on fecundity, spawning interval, and egg quality of Nile
587 tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.).**Journal of the World Aquaculture Society** 39(5), 671-
588 677. 2008.
- 589

- 590 WOOTTON, R. J., Energy costs of egg production and environmental determinants of
591 fecundity in teleost fishes. In: Miller, P.J. Ed., **Fish Phenology: Anabolic Adaptiveness in**
592 **Teleosts. Symposium of the Zoological Society of London.** Academic Press, London, 44, p.
593 133–159. 1979.
- 594
- 595 WORLD FISH CENTER. GIFT Technology Manual: An Aid to Tilapia Selective Breeding,
596 Penang, Malaysia. 2004.
- 597
- 598 WU, S. et al. Identification and characterization of CD152 in Nile tilapia (*Oreochromis*
599 *niloticus*) playing roles in host immune response against bacterial pathogens. **Aquaculture**,
600 545.2021.
- 601
- 602 YILMAZ, S. et al. The impact of acute cold water stress on blood parameters, mortality rate
603 and stress-related genes in *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambicus* and their hybrids.
604 **Journal of Thermal Biology**, 100. 2021.
- 605
- 606 Yaron, Z. et al. Regulation of fish gonadotropins. In: **International Review of Cytology**.
607 Academic Press, pp.
608 131-185. 2003.
- 609
- 610 YOSHIDA, G. M. et al. Reproduction performance of female Nile tilapia under different
611 environments and age classes. **Acta Sci Anim Sci** 37(3): 221-226. 2015.
- 612
- 613 YOSHIDA, G. M., OLIVEIRA, C. A. L., KUNITA, N. M., RIZATTO, G. S., RIBEIRO, R. P.
614 Genetic parameters in female reproductive traits of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Anais**
615 **da Academia Brasileira de Ciências** 89(3 Suppl.): 2515-2523. 2017.