

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO GENÉTICA E DE EFEITOS AMBIENTAIS EM
CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DE TILÁPIA DO
NILO

Autor: Grazyella Massako Yoshida
Orientador: Prof.^a Dr.^a Eliane Gasparino
Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro – 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO GENÉTICA E DE EFEITOS AMBIENTAIS EM
CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DE TILÁPIA DO
NILO

Autor: Grazyella Massako Yoshida
Orientador: Prof.^a Dr.^a Eliane Gasparino
Coorientador: Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro

Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração Produção Animal.

MARINGÁ
Estado do Paraná
Fevereiro – 2014

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

Y65a Yoshida, Grazyella Massako
Avaliação genética de efeitos ambientais em características reprodutivas de tilápia do Nilo / Grazyella Massako Yoshida. -- Maringá, 2013.
63 f. : il. col., figs., tabs., mapas

Orientador: Prof^a. Dr^a. Eliane Gasparino.
Co-orientadora: Prof.^a Dr.^a nome da orientadora.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro..., Departamento..., Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2013.

1. Tilapia do Nilo - Efeito da idade. 2. Tilapia Nilo - Efeito do Ambiente. 3. Tilápia do Nilo - Herdabilidade. 4. Tilapia - Variedade Genética. 5. Tilápia do Nilo - Desovas. Oreochromis niloticus. 6. Oreochromis niloticus. I. Gasparino, Eliane, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. III. Título.

CDD 21.ed.639.3774



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**AVALIAÇÃO GENÉTICA E DE EFEITOS
AMBIENTAIS EM CARACTERÍSTICAS
REPRODUTIVAS DE TILÁPIA DO NILO**

Autora: Grazyella Massako Yoshida
Orientadora: Prof^a Dr^a Eliane Gasparino

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

APROVADA em 21 de fevereiro de 2014.

Prof. Dr. Lauro Daniel
Vargas Mendez

Prof. Dr. Aldrin Vieira Pires

Prof^a Dr^a Eliane Gasparino
(Orientadora)

*“Não sei se estou perto ou longe demais, se peguei o rumo certo ou errado.
Sei apenas que sigo em frente, vivendo dias iguais de forma diferente.
Já não caminho mais sozinha, levo comigo cada recordação, cada vivência, cada lição.
E, mesmo que tudo não ande da forma que eu gostaria, saber que já não sou a mesma de ontem
me faz perceber que valeu a pena.
Procure ser uma pessoa de valor, em vez de procurar ser uma pessoa de sucesso.
O sucesso é só consequência.”*

(Albert Einstein)

Aos meus pais, pelo amor incondicional.

Ao meu irmão, irmã e cunhado, pelo incentivo e apoio.

As minhas sobrinhas, por serem o meu amor maior.

Com orgulho, DEDICO

Aos Professores:

Dr. Ricardo Pereira Ribeiro,

Dr.^a Eliane Gasparino e

Dr. Carlos Antonio Lopes de Oliveira,

pela orientação, ensinamentos e os anos de convivência.

De coração, OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente na minha vida e tornar tudo isto possível.

Aos meus pais, Luiz Yoshida e Neusa Yoshida, por serem o alicerce na minha vida, pela compreensão, pelo conforto e aconchego junto deles. Pelo amor.

A minha irmã, irmão e cunhado, Érica, Aristeu e Jorge, pelo carinho, amizade, apoio, incentivo e amor.

As minhas sobrinhas, Yukari e Ayumi, por colorirem e encherem de alegria a minha vida. Verdadeiro presente de Deus.

Ao Ditian e a Batian, por serem o meu verdadeiro exemplo na minha vida.

A Tia Cecília e Tia Shigueko, por serem minhas mães na ausência e na presença dela e por serem peças essenciais no que eu sou hoje.

A minha Orientadora, Prof^a. Eliane Gasparino, pela oportunidade de ingressar no mestrado. Pelos ensinamentos, paciência, confiança, amizade e os preciosos conselhos ao longo destes anos. Pela indicação e influência nas minhas decisões que me conduziram para esta nova fase, trazendo realização profissional e felicidade. Uma verdadeira MÃE! Sempre acolhedora e com palavras confortantes.

Ao meu Orientador/Coorientador, Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro, por todos estes anos de convivência, pela oportunidade de crescimento e toda a confiança depositada em mim e ao meu trabalho. Um pessoa de caráter admirável! Exemplo de paciência, calma, bondade, honestidade e sabedoria. Meu exemplo de pessoa e profissional.

Ao Prof. Dr. Carlos Antonio Lopes de Oliveira, que sempre será o meu orientador, coorientador, desorientador, professor, PAI, chefinho e amigo. De todos estes anos de convívio, levarei somente as boas recordações. As boas conversas, os conselhos, os ensinamentos e a amizade.

Aos amigos: Natalí Miwa Kunita, Miriam Yumi Makatu, Gabriel Soriani Rizzato e Daniela Koga. Vocês são os “irmãos que Deus me permitiu escolher”. Sempre presentes na minha vida, com palavras boas, conselhos fundamentais, verdadeiros amigos.

A Universidade Estadual de Maringá, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, a todos os professores do Departamento de Zootecnia e do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade da realização deste sonho e por fazerem parte da minha trajetória acadêmica.

Aos funcionários da Codapar e do Rio do Corvo: Vitor, Cleiton, Palmeiras, Geraldo, Sr. Mário e Sr. Pedrão pela ajuda, brincadeiras e amizade. Sem vocês tudo ficaria mais difícil.

Aos colegas do PeixeGen e colegas do curso: Luiz Alexandre Filho, Melanie Digmayer, Fernanda Tanamati, Vitor Casadio, Renato Umbelino, Pedro Castro, Ricardo Kabuki, Stefania da Silva e Ana Paula Del Vesco, pelo companheirismo, conselhos e muitas risadas.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão da bolsa.

A todos que não foram mencionados, mas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

*“Agradecer o bem que recebemos é retribuir um pouco do bem que nos foi feito”
(Augusto Branco)*

MUITO OBRIGADA!

BIOGRAFIA

GRAZYELLA MASSAKO YOSHIDA, filha de Luiz Siro Yoshida e Neusa Yoshiko Yaguinuma Yoshida, nasceu na cidade de Maringá, Estado do Paraná, no dia 19 de junho de 1987.

Em fevereiro de 2012, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá.

Em março de 2012, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, em nível de mestrado, área de concentração em Produção Animal, realizando estudos com Melhoramento Genético Animal, sob orientação da Prof.^a Dr.^a Eliane Gasparino e coorientação do Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro.

Aos vinte e um dias do mês de fevereiro de 2014, submeteu-se a banca examinadora para a defesa da Dissertação.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
1.1 Situação atual da aquicultura no mundo e no Brasil.....	1
1.2 Tilápia: biologia e reprodução	2
1.3 Melhoramento genético de espécies aquícolas	5
LITERATURA CITADA	9
2. OBJETIVOS GERAIS	14
3. PERFORMANCE REPRODUTIVA DE FÊMEAS DE TILÁPIAS DO NILO EM DIFERENTES AMBIENTES E CLASSES DE IDADE.....	15
3.1 Introdução	16
3.2 Material e Métodos	17
3.2.2 Coleta dos dados	18
3.2.3 Análises estatísticas.....	19
3.4 Resultados	20
3.5 Discussão	20
3.6 Conclusão.....	24
Referências.....	24

4. AVALIAÇÃO GENÉTICA PARA CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DE FÊMEAS DE TILÁPIA DO NILO UTILIZANDO INFERÊNCIA BAYESIANA.....	28
4.1 Introdução	29
4.2 Material e Métodos	30
4.2.1 Origem dos reprodutores.....	30
4.2.2 Experimento	31
4.2.3 Coleta de dados	32
4.2.4 Análise dos dados.....	32
4.3. Resultados	35
4.3.1 Parâmetros genéticos.....	35
4.3.2 Porcentagem de famílias coincidentes e correlação de Spearman	36
4.4 Discussão	36
4.4.1 Herdabilidade	36
4.4.2 Repetibilidade	38
4.4.3 Porcentagem de famílias coincidentes e correlação de Spearman	39
4.5 Conclusões	40
Referências.....	40

LISTA DE TABELAS

3. PERFORMANCE REPRODUTIVA DE FÊMEAS DE TILÁPIAS DO NILO EM DIFERENTES CLASSES DE IDADE15

Tabela 1. Idade mínima e máxima das fêmeas divididas em classes e a quantidade (n) de animais nos respectivos locais em que foram avaliados reprodutivamente... 27

Tabela 2. Probabilidade de desova (%), probabilidade de desovas múltiplas (%), frequência de desovas e coeficiente de contrastes ortogonais de tilápias do Nilo em três locais diferentes de acordo com a idade..... 27

Tabela 3. Volume médio (ml), volume total (ml) de ovos por fêmea e coeficiente de contrastes ortogonais em dois locais diferentes de acordo com a idade. 27

4. PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DE FÊMEAS DE TILÁPIA DO NILO UTILIZANDO INFERÊNCIA BAYESIANA.....28

Tabela 1. Quantidade de fêmeas, proporção de macho e fêmeas e número de famílias por ano de avaliação de acordo com os locais em que se realizou a reprodução..... 45

Tabela 2. Estimativas dos valores de variância genética aditiva (σ_a^2), resíduos (σ_e^2), fenotípica (σ_p^2), herdabilidade (h^2) e seus respectivos intervalos de credibilidade para sucesso de desova, desovas múltiplas e número de desovas em tilápias do Nilo. 45

Tabela 3. Estimativas dos valores de variância genética aditiva (σ_a^2), variância ambiental permanente (σ_{pe}^2), fenotípica (σ_p^2), herdabilidade (h^2), ambiente

permanente (Pe^2) e repetibilidade (r) para volume de ovos produzidos em tilápias do Nilo e seus respectivos intervalos de credibilidade (IC).	45
Tabela 4. Correlação de Spearman (acima da diagonal) e porcentagem de coincidência das dez melhores famílias (abaixo da diagonal) entre os valores genéticos das características sucesso de desova (SD), desova múltipla (DM) e frequência de desova (FD) de tilápia do Nilo nos três diferentes locais de avaliação.....	46

LISTA DE FIGURAS

4. PARÂMETROS GENÉTICOS PARA CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DE FÊMEAS DE TILÁPIA DO NILO UTILIZANDO INFERÊNCIA BAYESIANA.....28

Figura 1. Valores genéticos (expressos em termos de *liability*) para a característica sucesso de desova das dez melhores famílias nos três locais de avaliação.... 46

Figura 2. Valores genéticos (expressos em termos de *liability*) para a característica desovas múltiplas das dez melhores famílias nos três locais de avaliação. ... 46

Figura 3. Valores genéticos para a característica frequência de desovas das dez melhores famílias nos três locais de avaliação. 47

RESUMO

Objetivou-se com a realização deste trabalho verificar o efeito de três classes de idade e diferentes locais de avaliação na performance reprodutiva de fêmeas de tilápias do Nilo, bem como estimar os parâmetros genéticos para as características reprodutivas utilizando a metodologia de inferência Bayesiana. O conjunto de dados continha informação de 451 fêmeas de tilápias do Nilo cultivadas em dois ambientes diferentes na cidade de Maringá – PR e em ambiente em Alfenas – MG. A verificação de desovas foi realizada uma vez por semana no período de outubro de 2012 a março de 2013, correspondendo a 23 semanas de avaliação. Para as análises estatísticas, utilizou-se o procedimento Proc Genmod do programa estatístico SAS e para a estimação dos parâmetros genéticos o programa computacional MTGSAM *Threshold*. As características estudadas foram sucesso de desova, número de desovas, frequência de desovas e volume de ovos/fêmea. Nas análises estatísticas, o Local 2 apresentou resultados inferiores aos demais locais para a maioria das características estudadas ao utilizar fêmeas de Idade 2. Diferenças estatísticas não foram observadas entre Idade 1 e 2 para o mesmo local de avaliação. A Idade 3 presente no Local 3 apresentou resultados superiores ao comparar com fêmeas de Idade 2, para todas as características avaliadas. As estimativas de herdabilidade obtidas foram de 0,14, 0,16, 0,53 e 0,02 para sucesso de desova, desovas múltiplas, frequência de desovas e volume de ovos respectivamente e a repetibilidade obtida para volume de ovos foi de 0,28. Os resultados obtidos indicam que fêmeas mais velhas apresentam performance

reprodutiva superior, as de Idade 1 e 2 e, deve-se evitar o uso de animais em hapas individuais. Os valores de herdabilidade evidenciam a obtenção de ganhos genéticos se utilizadas as características reprodutivas como critério de seleção.

Palavras-chave: desovas, herdabilidade, *Oreochromis niloticus*, variedade Tilamax

ABSTRACT

The aim of this work was to investigate the effect of three different age classes and different reproductive environments in Nile tilapia female performance, as well as, to estimate the genetic parameters for reproductive traits using the Bayesian inference methodology. The data set contained information from 451 female Nile tilapia evaluated in two different environments in Maringá, Paraná State and in an environment in Alfenas, Minas Gerais State. The spawning observation was carried once a week from October 2012 to March 2013, corresponding to 23 weeks of evaluation. For statistical analysis it was used the procedure Proc Genmod for the SAS statistical program and for the estimation of genetic parameters the computer program MTGSAM Threshold. The traits studied were spawning success, number of spawning, spawning frequency and volume of eggs/female. In statistical analyzes, Local 2 was inferior to the other Locals for the most of traits when using female of age 2. Statistical differences were not observed between Age 1 and 2 for the same Local of evaluation. The Age 3 present at Local 3 showed superior results when compared with female of age 2 for all traits. The heritability estimates were 0.14, 0.16, 0.53 and 0.02 for spawning success, multiple spawning, spawning frequencies and volume of eggs respectively and repeatability obtained for egg volume was 0.28. The results indicate that older females have higher reproductive performance than female of age 1 and 2 and should avoid the use of animals in individual hapas. Heritability estimates show genetic gain if used reproductive traits as selection criteria.

Key words: age, heritability, *Oreochromis niloticus*, spawning, Tilamax strain

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Situação atual da aquicultura no mundo e no Brasil

A aquicultura é o setor de fornecimento de alimentos de origem animal em maior crescimento, com produção de 60 milhões de toneladas no ano de 2010 (FAO, 2013). O crescimento da população mundial, o aumento dos padrões de vida nos países em desenvolvimento e o maior conhecimento a respeito dos benefícios nutricionais do consumo de peixes para a saúde humana tem contribuído com o avanço da aquicultura (FAO, 2012).

Nos últimos anos o consumo de peixes atingiu níveis históricos, em 2010 foi relatado o consumo médio de 18,6 kg/pessoa/ano (FAO, 2012). Com base no aumento médio anual da produção de peixes e mariscos de 7,7% e 8,5% para algas marinhas avaliado ao longo dos últimos dez anos (FAO, 2009), estima-se que até o ano de 2020 a produção seja de 132 milhões de toneladas de peixes, crustáceos e moluscos e 43 milhões de toneladas de algas marinhas (Gjedrem et al., 2012a)

A China é o maior produtor mundial de pescado provindo da aquicultura. No ano de 2010, a sua produção foi superior a 60% de todo pescado produzido, correspondendo a valores próximos a 37 milhões de toneladas. A Ásia como um todo é detentor de 90% da produção aquícola (FAO, 2012). O Brasil, nos anos de 2009-2010, ocupava o 17º lugar no *ranking* dos maiores produtores de pescado no mundo, contribuindo com 0,61% do total proveniente da aquicultura (FAO, 2010).

O grande potencial hídrico do Brasil, o clima favorável e a produção comercial de peixes em tanques-redes, podem fazer do país um dos maiores produtores do mundo (Rotta & Queiroz, 2003). No ano de 2011, a produção aquícola apresentou incremento de 31,1% em relação ao ano anterior, correspondendo a 628.704,3 toneladas, das quais 86,6% é representado pela

piscicultura continental. A região Sul, destaca-se como o maior produtor de pescado do país, perfazendo 28,2% da produção nacional, seguido pela região Nordeste, Norte, Sudeste e Centro-Oeste. No entanto, deve-se salientar que o maior crescimento foi observado na região Norte, com crescimento médio de 126% em relação ao ano de 2010 (MPA, 2011).

A espécie de água doce mais produzida no mundo é a carpa, representando 71,9% (24,2 milhões de toneladas) do pescado proveniente da piscicultura. No Brasil, a tilápia, seguido pelo tambaqui são as espécies mais produzidas e juntas somam 66,6% do total de pescados provindo da piscicultura (MPA, 2011).

A tilápia apresentou nos últimos cinco anos crescimento médio na produção superior a 14% ao ano (Kubitza, 2011), podendo ser apelidada carinhosamente como “frango d’água” pelo rápido e eficiente crescimento, sendo considerada por muitos como a “espécie quase perfeita para a aquicultura” (Cressey, 2009).

1.2 Tilápia: biologia e reprodução

Tilápias representam um grande número de espécies de peixes de água doce da família *Cichlidae*, inicialmente classificadas dentro de um único gênero, *Tilapia* (Trewavas, 1966). Estudos subsequentes dividiram este gênero em três grupos, de acordo com o modo de reprodução, hábito alimentar e biogeografia: *Tilapia* (desova ocorre em ninhos com substratos no fundo dos corpos d’água), *Sarotherodon* (constroem ninhos e os ovos são incubados pelos machos e pelas fêmeas) e *Oreochromis* (constroem ninhos e a incubação dos ovos é realizada unicamente pelas fêmeas) (Trewavas, 1983).

O nome comum “tilápia” é referido a mais de 70 espécies, no entanto a maior parte das que apresentam importância para a aquicultura são do gênero *Oreochromis*, divididas em três principais espécies: *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo), *Oreochromis mossambicus* (tilápia Mossambica) e *Oreochromis aureus* (tilápia Azul) (Rana, 1997). A linhagem *O. niloticus* se destaca por ser a espécie de tilápia mais cultivada (Bentsen et al., 2012; Neira, 2010; Ponzoni et al., 2011).

As características de rápido crescimento, rusticidade, reprodução em cativeiro, hábito alimentar onívoro, aceitação de alimentação artificial e baixa conversão alimentar (Beveridge, 1996; El-Sayed, 2006), contribuem para que a tilápia seja a terceira espécie mais cultivada no mundo, atrás somente da carpa e do

salmão (El-Sayed, 2006; Fessehaye, 2006) e com potencial para se tornar a espécie mais importante no mundo (Fitzsimmons et al., 2011).

A utilização de tanques-redes tem favorecido o crescimento da produção de tilápias, pois exige investimentos iniciais inferiores quando comparado com viveiros escavados. Os tanques-redes podem ser utilizados em diferentes ambientes aquáticos e as altas densidades de estocagem possibilitam maior produção e conseqüentemente o retorno mais rápido do investimento (Marengoni, 2006; Rotta & Queiroz, 2003).

No entanto, é necessário que a produção de alevinos acompanhe o crescimento da produção de tilápias, para que a demanda seja suprida, evitando que a fase de engorda trabalhe de forma ociosa. Para que os animais apresentem crescimento uniforme e desempenho superior durante o processo de engorda, é importante que os alevinos sejam padronizados e invertidos sexualmente de forma correta (Bhujel, et al., 2001; Coward & Bromage, 2000).

A técnica comumente utilizada para a inversão sexual é a adição na ração do hormônio sintético 17- α -metilt testosterona e a alimentação das pós-larvas com esta ração por até 30 dias (Popma & Green, 1990). A utilização do hormônio masculinizante tem como função principal a inversão de fêmeas genótípicas em machos fenotípicos, ou seja, a produção de lotes monossexuais masculinos. Esta técnica impede a reprodução precoce das fêmeas, pois alguns trabalhos relataram fêmeas de 30 gramas aptas a reprodução (De Graaf et al., 1999; El-Sayed et al., 2003; Mansour, 2001), acarretando no desvio de energia para a reprodução, quando esta deveria ser utilizada para o crescimento (Meurer et al., 2005).

A reprodução quando realizada em ambiente natural é caracterizada pela construção de ninhos no fundo dos tanques. O macho dominante constrói um ninho circular escavando o substrato com a boca, mantém continuamente a defesa do ninho e atrai as fêmeas para o acasalamento e oviposição (Baerends & Baerends-van Roon, 1950; Fryer & Iles, 1972; Rana, 1988). As fêmeas desovam nos ninhos e após fertilização, os ovos são coletados e incubados na cavidade bucal. O cuidado materno é seguido por um longo período e as pós-larvas podem procurar abrigo na boca da fêmea quando se sentirem ameaçadas (Rana, 1988).

Em produções de larga escala de alevinos, alguns problemas como a baixa fecundidade e desovas assíncronas podem ser observadas em fêmeas de tilápias do Nilo (Hughes & Behrends, 1983; Little et al., 1993). Para contornar esta situação e

em razão do aumento da demanda de alevinos de tilápias, tem sido utilizado número elevado de reprodutores no plantel (Campos-Mendoza et al., 2004) e a utilização de tanques escavados ou hapas de polietileno instaladas nos viveiros para a reprodução. O primeiro caso é técnica chamada coleta de nuvens, as pós-larvas são coletadas com auxílio de rede de malha fina e posterior classificação dos animais para o início da inversão sexual (Kubitza, 2000). Quando utilizados hapas, os ovos fertilizados, são coletadas diretamente da cavidade bucal das fêmeas. Em seguida os ovos são incubados artificialmente em incubadoras com fluxo e temperatura da água controlada, até a absorção completa do saco vitelínico e posterior transferência das pós-larvas para estruturas de inversão sexual (Little et al., 1995).

Na reprodução de tilápias, a genética apresenta grande importância. Contudo, os fatores ambientais desempenham papel fundamental na expressão do potencial genético dos animais (Duponchelle et al., 1997). Desta forma, os níveis de oxigênio dissolvido, temperatura da água, pH (Popma & Lovshin, 1996), salinidade (Watanabe et al., 1985), fotoperíodo (Ridha & Cruz, 2000), pluviosidade (Lowe-McConnell, 1982) e alimentação (Bombardelli et al., 2009; El-Sayed et al., 2003; Nascimento, 2010; Pereira et al., 2009) são os fatores ambientais que mais influenciam no desempenho reprodutivo de tilápias.

Fatores relacionados ao manejo, como a densidade de estocagem dos reprodutores têm grande influência na porcentagem de desova, apresentando relação inversa (Lovshin, 1982). A baixa densidade de estocagem e a adequada razão macho:fêmea resultam na alta produção de alevinos (Hughes & Behrends, 1983). Tsadik & Bart (2007) verificaram que a densidade de 3 fêmeas/m² apresentou maior produção de ovos quando comparado com 10 fêmeas/m². No entanto, Little (1992) menciona que a densidade de 6 peixes/m² é a melhor para que haja boa interação entre machos e fêmeas, resultando na maior produção de alevinos. Quando se trata da razão macho:fêmea é sugerido 1:2 ou 1:3 (macho:fêmea) como a razão para maximizar a produção de ovos (Hughes & Behrends, 1983; Siddiqui & Al-Harbi, 1997).

A reprodução parcelada com vários ciclos durante o ano é outra característica reprodutiva da tilápia. Fatores ambientais, variedade utilizada, tamanho das fêmeas, estado nutricional e condições de cultivo exercem grande influência no aumento ou redução do intervalo entre desovas (El-Sayed, 2006). Intervalo entre desovas variando de 14 a 55 dias já foram relatadas por Campos-Mendoza et al. (2004). A

coleta de ovos na boca ou a extrusão das fêmeas são práticas que contribuem para a redução do intervalo entre desovas e permitem a utilização mais eficiente das fêmeas, melhorando a sincronia de desovas (Campos-Mendoza et al., 2004; Coward & Bromage, 2000; Little et al., 1993; Ridha & Cruz, 2000).

Considerando que a tilápia do Nilo apresenta fecundidade variando de 100 a 3000 ovos/desova (Duponchelle et al., 1997), a redução de dias do intervalo entre desovas pode resultar em ovos menores, pois há redução no tempo de vitelogênese (Coward & Bromage, 2000; Tacon et al., 1996). A vantagem é a maior quantidade de ovos produzidos em menor tamanho, porém os animais se tornam mais suscetíveis a ectoparasitos e mortalidade dos ovos e larvas (Rana, 1985, 1988; Rana & Macintosh, 1988).

Quando se trata da idade em que as fêmeas apresentam o melhor desempenho reprodutivo, poucos foram os trabalhos já realizados e ainda não há uma concordância de resultados, sendo necessários mais estudos que investiguem este efeito.

Ao verificar o efeito da idade na reprodução de tilápias do Nilo, Tsadik (2008) verificou que em fêmeas mais velhas a frequência de desovas é reduzida, o intervalo de dias entre desovas são mais prolongadas e conseqüentemente há maior produção de ovos/desova. Por outro lado, ao utilizar animais híbridos (*O. niloticus* x *O. aureus*), Siddiqui & Al-Harbi (1997) observaram que animais de um ano produzem mais ovos quando comparados com fêmeas de dois, três e quatro anos. Ridha & Cruz (1989) sugerem o descarte de *Oreochromis spirulus* com idade superior a três anos por apresentarem reduzido desempenho reprodutivo. No entanto, em estudo com truta arco-íris os ovos produzidos por fêmeas de três anos de idade apresentam maior sobrevivência quando comparadas com fêmeas de dois anos (Bromage & Cumarantunga, 1988).

1.3 Melhoramento genético de espécies aquícolas

Os programas de melhoramento genético trouxeram substancial contribuição para a agricultura e pecuária. Milhares de raças, linhagens e variedades foram produzidas como resultado de décadas de seleção e domesticação de animais terrestres e plantas (Lind et al., 2012). O primeiro programa de melhoramento de espécies terrestre foi desenvolvido perto do ano de 1930 e desde então vem

apresentando ganhos genéticos contínuos (Gjedrem, 2005). Estima-se que a razão entre o custo e benefício da utilização de animais melhorados seja na ordem de 1:5 a 1:50 dependendo da espécie (Mitchell et al., 1982).

Em espécies aquícolas, o melhoramento genético iniciou na década de 1970 com salmão e truta (Gall & Cross, 1978; Gjedrem, 2012a; Gjedrem & Bentsen, 1997). Os altos valores de herdabilidade para as características de maior importância econômica combinada com a alta fecundidade e o curto intervalo de gerações, variando de um a quatro anos na maioria das espécies (Gjedrem, 2012b), permite ganhos genéticos na ordem de 10-20% por geração para taxa de crescimento, valor cinco a seis vezes maior quando comparado com as espécies terrestres (Gjedrem & Baranski, 2009).

Apesar do alto potencial de ganho genético das espécies aquícolas, o melhoramento genético segue em passos curtos. Calcula-se que no ano de 2010 não mais que 10% da produção aquícola seja baseada em estoques melhorados (Gjedrem et al., 2012a; Neira, 2010; Rye et al., 2010). A exceção é somente para o salmão do Atlântico, em que 100% do produzido na Noruega (Gjerde et al., 2007) e 97% dos animais produzidos no mundo no ano de 2002 eram provenientes de estoques melhorados geneticamente (Gjedrem, 2004; Gjedrem & Baranski, 2009), demonstrando que é possível a produção de uma espécie aquícola baseada somente em material melhorado.

Ao implantar um programa de melhoramento genético alguns fatores devem ser levados em consideração como o domínio das técnicas de produção, reprodução, formulação dos objetivos e critérios de seleção, delineamento do sistema de avaliação genético, seleção dos animais e definição dos sistemas de acasalamentos, desenho do sistema de disseminação do estoque melhorado e monitoramento do programa Ponzoni (2006).

A formulação do objetivo de seleção é de grande importância, pois normalmente está ligado a características de maior importância econômica e determina como chegar com o programa de melhoramento. O critério de seleção são as características utilizadas para a estimação dos valores genéticos e mérito genético dos animais. Está estreitamente relacionado com o objetivo de seleção, mas não são necessariamente idênticas (Ponzoni, 2006). A grande variabilidade genética aditiva das características de interesse econômico, precocidade reprodutiva e alta prolificidade das espécies aquícolas permite que os objetivos de seleção

possam ser mudados com relativa facilidade, podendo incluir e retirar características a fim de redirecionar o programa (Eknath et al. 1991; Gjedrem, 2000).

A maior parte dos programas de melhoramento genético utilizam como critério de seleção as características de taxa de crescimento. Os incontestáveis ganhos obtidos para esta característica podem ser observados no salmão do Atlântico, que durante cinco gerações de seleção obteve ganho acumulado de 113% quando comparado com estoques selvagens (Thodesen et al., 1999). Em tilápias do Nilo, durante cinco anos de condução do projeto GIFT obteve o acumulado de 86% de ganho (Bentsen et al., 2003).

Além das taxas de crescimento, outras características de importância econômica devem ser avaliadas para a utilização em programas de melhoramento genético. As grandes diferenças nas estratégias reprodutivas entre as espécies, a fecundidade em condições comerciais de cultivo e o intervalo de gerações devem ser consideradas em um programa de melhoramento genético, pois o bom desempenho reprodutivo é fundamental para que ocorra o melhoramento (Gjedrem, 2005).

Estimativas de parâmetros genéticos para características reprodutivas de truta arco-íris foram obtidas por Gall & Huang (1988a, b), obtendo estimativas de herdabilidade de 0,32 para volume de ovos e 0,20 para peso a maturidade sexual. Su et al. (1997) encontraram herdabilidades de 0,52 para volume de ovos e 0,13 para fertilidade. Em tilápias do Nilo, trabalhos objetivando selecionar animais mais tardios obtiveram herdabilidade para índice gonadossomático de fêmeas de 0,42 sob condições laboratoriais (Kronert et al., 1989; Oldorf et al., 1989) e 0,50 em condições a campo (Oldorf et al., 1989).

De acordo com Rauw et al. (1998), o longo período de seleção para aumento da eficiência produtiva, tem resultado em problemas fisiológicos, imunológicos e reprodutivos na maioria das espécies. A correlação genética próxima de zero entre desenvolvimento de gônadas e peso corporal de tilápias do Nilo evidencia que a seleção para maturidade sexual pode ser eficiente quando combinada com velocidade de crescimento (Kronert et al., 1989), tal resultado discorda do encontrado por Longalong et al. (1999), sugerindo que a seleção para peso corporal pode resultar em animais mais precoces.

A obtenção das famílias de irmãos completos e meios-irmãos em curto período de tempo é muito difícil dentro dos programas de melhoramento de tilápias. O acasalamento em hapas individuais na razão 1:1 (macho:fêmea), bem como a privação do comportamento natural de construção de ninhos pelos machos (Trong et al., 2013) pode resultar em períodos superiores a três meses para a obtenção das famílias (Ponzoni et al., 2011), acarretando no aumento do efeito de ambiente comum de família e reduzindo acurácia das estimativas dos valores genéticos (Bentsen et al., 2012). Diante de tal situação, Trong et al. (2013) realizaram estudos que indicaram alta herdabilidade para sucesso de desova ao longo dos 20 dias iniciais da estação reprodutiva, sendo esta a característica mais favorável para a seleção. Os mesmos autores evidenciaram que a seleção para peso a despesca não afeta o sucesso de desova em tilápias do Nilo, variedade GIFT, por causa da correlação genética positiva entre estas características.

A avaliação genética é fundamental para que se proceda a seleção dos animais a partir dos valores genéticos estimados para a característica estabelecida como critério de seleção. Logo, a estimação dos parâmetros genéticos são importantes para a mensuração da magnitude da variância genética aditiva e (co)variâncias, tornando possível a estimação acurada do valor genético dos candidatos a seleção (Gall & Neira, 2004). Devendo ressaltar que as estimativas dos parâmetros genéticos são intrínsecas a população e ao ambiente em que foram avaliados (Santos, 2009).

Visto que no Brasil, a Universidade Estadual de Maringá é pioneira no melhoramento genético de tilápias do Nilo, faz-se necessário a avaliação genética de características que vão além das relacionadas com as taxas de crescimento para a população estabelecida no país. Sendo sugerido no presente estudo, as características de performance reprodutiva.

LITERATURA CITADA

- Baerends, G.P., Baerends-Van Roon, J.M., 1950. An introduction to the study of the ethology of cichlid fishes. **Behavior Supplement** 1, 1-242.
- Bentsen, H.B., Gjerde, B., Nguyen, N.H., Rye, M., Ponzoni, R.W., Palada De Vera, M.S., Bolivar, H.L., Velasco, R.R., Danting, J.C., Dionisio, E.E., Longalong, F.M., Reyes, R.A., Abella, T.A., Tayamen, M.M., Eknath, A.E., 2012. 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.
- Bentsen, H.M., Eknath, A.E., Rye, M., Thodesen, J., Gjerde, B., 2003. Genetic improvement of farmed tilapias. Response to selection for growth performance in the GIFT project. **International Association for Genetics in Aquaculture VIII** 33 (1), (9–15 November, Puerto Varas, Chile, 68 pp.).
- Beveridge, M.C.M., 1996. **Cage aquaculture**. 2. ed. Oxford: Fishing News Books. 346 p.
- Bhujel, R., Turner, W.A., Yakupitiyage, A., Little, D.C., 2001. Impacts of environmental manipulation on the reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Journal of Aquaculture in the Tropics** 16(3), 179–209.
- Bombardelli, R.A., Hayashi, C., Natali, M.R.M., Sanches, E.A., Piana, P.A., 2009. Desempenho reprodutivo e zootécnico e deposição de lipídios nos hepatócitos de fêmeas de tilápia-do-Nilo alimentadas com rações de diversos níveis energéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38(8), 1391-1399.
- Bromage, N. R., Cumarantunga, R., 1988. Egg production in the rainbow trout. In MUIR, J. F., ROBERTS, R. (ed) **Recent advances in aquaculture**. London: Croom Helm, p. 63-138.
- Campos-Mendoza, A., Mcandrew, B.J., Coward, K., Bromage, N., 2004. Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. **Aquaculture** 231(1), 299-314.
- Coward, K., Bromage, N.R., 2000. Reproductive physiology of female tilapia broodstock. **Reviews in Fish Biology and Fisheries** 10, 1–25.
- Cressey, D., 2009. The only way to meet the increasing demand for fish is through aquaculture. **Nature** 458, 398-400.
- De Graaf, G.J., Galemoni, F. & Huisman, E.A., 1999. Reproductive biology of pond-reared Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. **Aquaculture Research** 30, 25–33.
- Duponchelle, F., Pouyaud, L., Legendre, M., 1997. Variation in reproductive characteristics of *Oreochromis niloticus* populations: genetic or environmental effects. In: Fitzsimmons, K. Ed., *Tilapia Aquaculture: Proceedings from the 4th International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, NRAES-106, Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, NY, 808 pp.
- Eknath, A.E., Bentsen, H.B., Gjerde, B., Tayamen, M.M., Abella, T.A., Circa, A.V., Gjedrem, T., Pullin, R.S.V., 1991. **Approaches to national fish breeding programs: pointers from a tilapia pilot study**. NAGA: the ICLARM Q, 14(2), 10-12.
- El-Sayed, A.F.M., 2003. Effects of fermentation methods on the nutritive value of water hyacinth for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. **Aquaculture** 218, 471– 478.

- El-Sayed, A.F.M., 2006. **Tilapia culture**. CABI. XVI, Wallingford. 277 pp.
- El-Sayed, A.F.M., Mansour, C.R., Ezzat, A.A., 2003. Effects of dietary protein level on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different water salinities. **Aquaculture** 220(1), 619-632.
- FAO – Food and Agriculture Organization, 2010. **Food and Agriculture Organization of the United Nation**. World Supply and Demand of Tilapia, Globefish, FAO, UN.
- FAO - Food and Agriculture Organization, 2012. **State of the World Fisheries and Aquaculture 2012**. FAO, Rome, p. 209.
- FAO - Food and Agriculture Organization, 2009. **State of the World's Fisheries and Aquaculture 2008**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO - Food and Agriculture Organization, 2013. **The State of Food and Agriculture 2013: Food systems for better nutrition**. Rome.
- Fessehaye, Y., 2006. Natural mating in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). Implications for reproductive success, inbreeding and cannibalism Wageningen University, Cultured Fishes. **Aquaculture Breeding, Reproduction and Genetics**. 146 pp.
- Fitzsimmons, K., Martinez-Garcia, R., Gonzalez-Alanis, P., 2011. Why tilapia is becoming the most important food fish on the planet? In: Liu, L.P., Fitzsimmons, K. (Eds.), Proceedings of the 9th International Symposium on tilapia in Aquaculture, Shanghai, pp. 1–8.
- Fryer, G., Iles, T.D., 1972. **The Cichlid Fishes of the Great Lakes of Africa: Their Biology and Evolution**. Edinburgh: Oliver & Boyd.
- Gall G.A.E., Cross S.J., 1978. Genetic studies of growth in domesticated rainbow trout. **Aquaculture** 13, 225-234.
- Gall, G. A., Neira, R., 2004. Genetic analysis of female reproduction traits of farmed coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). **Aquaculture** 234(1), 143-154.
- Gall, G.A.E., Huang, N., 1988a. Heritability and selection schemes for rainbow trout: body weight. **Aquaculture** 73, 43–56.
- Gall, G.A.E., Huang, N., 1988b. Heritability and selection schemes for rainbow trout: female reproductive performance. **Aquaculture** 73, 57– 66.
- Gjedrem, H.M., Bentsen, H.B., 1997. Past, present, and future of genetic improvement in salmon aquaculture. **ICES Journal of Marine Science** 54, 1009-1014.
- Gjedrem T., 2000. Genetic improvement of cold-water fish species. **Aquaculture Research** 31, 25-33.
- Gjedrem, T., 2012a. Genetic improvement for the development of efficient global aquaculture: A personal opinion review. **Aquaculture** 344, 12-22.
- Gjedrem, T., 2005. **Selection and breeding programs in aquaculture**. Springer, 361 pp.
- Gjedrem, T., 2004. **Status for breeding programs in aquaculture**. Fish Breeder's Round-table 2004, Håholmen, 16–18 June, Norway.
- Gjedrem, T., Baranski, M., 2009. **Selective Breeding in Aquaculture: An Introduction**. Springer, Heidelberg. 221 pp.
- Gjedrem, T., Robinson, N., Rye, M., 2012b. The importance of selective breeding in aquaculture to meet future demands for animal protein: A review. **Aquaculture** 350, 117-129.

- Gjerde, B., Sonesson, A.K., Storset, A., Rye, M., 2007. **Selective breeding and genetics Atlantic salmon**. The Research Council of Norway. Aquaculture Research: From Cage to Consumer, pp. 268–284.
- Hughes, D.G., Behrends, L.L., 1983. Mass production of *Tilapia nilotica* seed in suspended net enclosures. In: Fishelson, L., Yaron, Z. (Eds.), *Tilapia Aquaculture. Proceedings of the International Symposium on Tilapia Aquaculture*, Israel Tel Aviv University, Nazareth, pp. 394 – 401.
- Kronert, U., Hörstgen-Schwark, G., Langholz, H.J., 1989. Prospects of selecting for late maturity in tilapia (*Oreochromis niloticus*): I. Family studies under laboratory conditions. *Aquaculture* 77(2), 113-121.
- Kubitza, F., 2011. Status of tilapia production in Brazil. In *Aquaculture for a Changing World*, Natal, Rio Grande do Norte: **World Aquaculture Society**, pp. 598.
- Kubitza, F., 2000. **Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial**. Ed. AquaImagem, Jundiaí, SP, 285p.
- Lind, C.E., Ponzoni, R.W., Nguyen, N.H., Khaw, H.L., 2012. Selective breeding in fish and conservation of genetic resources for aquaculture. **Reproduction in Domestic Animals** 47(s4), 255-263.
- Little D.C., Macintosh D.J., Edwards P., 1993. Improving spawning synchrony in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture and Fisheries Management** 24, 399–405.
- Little, D.C., Lin, C.K., Turner, W.A., 1995. Commercial scale tilapia fry production in Thailand. **World Aquaculture** 26(4), 20–24.
- Little, D.C., 1992. **The development of fry production and nursing strategies for the Nile tilapia *Oreochromis niloticus***. Final Report, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 24 pp.
- Longalong, F.M., Eknath, A.E., Bentsen, H.B., 1999. Response to bi-directional selection for frequency of early maturing females in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture** 178, 13–25.
- Lovshin, L.L., 1992. 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, 432 pp.
- Lowe-McConnell, R.H., 1982. Tilapias in fish communities, pp. 83–113. 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, 432 pp.
- Mansour, C.R., 2001. **Nutritional requirements of Nile tilapia broodstock reared at different water salinities**. Tese (Doutorado), Universidade de Alexandria, Alexandria, Egito.
- Marengoni, N.G., 2006. Produção de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (linhagem Chitralada), cultivada em tanques-rede, sob diferentes densidades de estocagem. **Archivos de Zootecnia** 55(210), 127-138.
- Meurer, F., Hayashi, C., Boscolo, W.R., Schamber, C.R., Bombardelli, R.A., 2005. Fontes protéicas suplementadas com aminoácidos e minerais para tilápia do Nilo durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34(1), 1-6.
- Ministério da Pesca e Aquicultura, 2011. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011**. p. 60.

- Mitchell, G.C., Smith, M., Makower, P.J., Bird, W.N., 1982. An economic appraisals of pig improvement in Great Britain. Genetic and production aspect. **Animal Production** 35, 215-224.
- Nascimento, T.S.R., 2010. **Vitamina E em dietas para reprodutoras de tilápia-do-nilo**. 2010. 59 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Neira, N., 2010. Breeding in aquaculture species: genetic improvement programs in developing countries. **9th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, Leipzig, Germany, p. 8.
- Oldorf, W., Kronert, U., Balarin, J., Haller, R., Hörstgen-Schwark, G., Langholz, H.J., 1989. Prospects of selecting for late maturity in tilapia (*Oreochromis niloticus*): II. Strain comparisons under laboratory and field conditions. **Aquaculture** 77(2), 123-133.
- Pereira, T.S., Fabregat, T.E.H.P., Fernandes, J.B.K., Boscolo, C.N., Castillo, J.D.A., Koberstein, T.C.R.D., 2009. Selênio orgânico na alimentação de matrizes de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum Animal Sciences** 31(4), 433-437.
- Ponzoni, R.W., 2006. **Genetic improvement effective dissemination: Keys to prosperous and sustainable aquaculture industries**. IN: PONZONI, R. W., ACOSTA, B. O., PONNIAH, A.G. Development of aquatic animal genetic improvement an dissemination programs. Malaysia. Worldfish Center, p. 1-6.
- Ponzoni, R.W., Nguyen, N.H., Khaw, H.L., Hamzah, A., Bakar, K.R.A., Yee, H.Y., 2011. Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to the work conducted by the World Fish Center with the GIFT strain. **Reviews in Aquaculture** 3, 27-41.
- Popma, T.J., Green, B.W. **Sex reversal of tilapia in earthen ponds: aquaculture production manual**. Alabama: Auburn University, 1990. (Research and development series, 35).
- Popma, T.J., Lovshin, L.L., 1996. Worldwide prospects for commercial production of tilapia. Research and development series no. 41, Department of Fisheries and Allied Aquacultures Auburn University, AL, USA, 23 pp.
- Rana, K. J. 1988. 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.
- Rana, K.J., 1997. **Status of global production and production trends**. FAO Fish. Circ. No. 886. FAO, Rome.
- Rana, K.J., 1985. Influence of egg size on the growth, onset of feeding, point-of-no-return, and survival of unfed *Oreochromis mossambicus* fry. **Aquaculture** 46, 119-131.
- Rana, K.J., Macintosh, D.J., 1988. 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.
- Rauw, W.M., Kanis, E., Noordhuizen-Stassen, E.N., Grommers, F.J., 1998. Undesirable side effects of selection for high production efficiency in farm animals: a review. **Livestock Production Science** 56, 15-33.
- Ridha, M.T., Cruz, E.M., 2000. Effect of light intensity and photoperiod on Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. seed production. **Aquaculture Research** 31(7), 609-617.

- Ridha, M., Cruz, E.M., 1989. Effect of age on the fecundity of the tilapia *Oreochromis spilurus*. **Asian Fisheries Science** 2, 239-247.
- Rotta, M.A., Queiroz, J.F., 2003. Boas práticas de manejo (BPMs) para produção de peixes em tanques-redes. Corumbá: Embrapa Pantanal. 27 p (Documentos, n. 47).
- Rye, M., Gjerde, B., Gjedrem, T., 2010. Genetic development programs for aquaculture species in developed countries. 9th World Congress on Genetics Applied to Livestock production, Leipzig, Germany, August 1–6, p. 8.
- Santos, A.I., 2009. **Interação genótipo:ambiente e estimação de parâmetros genéticos em tilápias**. 2009. 85p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.
- Siddiqui, A.Q., Al-Harbi, A.H., 1997. Effects of sex ratio, stocking density and age of hybrid tilapia on seed production in concrete tanks in Saudi Arabia. **Aquaculture International** 5(3), 207-216.
- Su, G.S., Liljedahl, L.E., Gall, G.A.E., 1997. Genetic and environmental variation of female reproductive traits in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture** 154, 115– 124.
- Tacon, P., Ndiaye, P., Cauty, C., Le Menn, F., Jalabert, F., 1996. Relationships between the expression of maternal behavior and ovarian development in the mouthbrooding cichlid fish *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture** 146, 261–275.
- Thodesen, J., Grisdale-Helland, B., Helland, S.J., Gjerde, B., 1999. Feed intake, growth and feed utilization of offspring from wild and selected Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture** 189, 237–246.
- Trewavas, E., 1966. A preliminary review of fishes of the genus *Tilapia* in the eastward-flowing Rivers of Africa, with proposals for two new specific names. **Rev. Zool. Bot. Afr.** 74, 394–424
- Trewavas, E., 1983. Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. British Museum (Natural History), p. 583.
- Trọng, T.Q., Arendonk, J.A.M., Komen, K., 2013. Genetic parameters for reproductive traits in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): I. Spawning success and time to spawn. **Aquaculture** 416-417, 57-64.
- Tsadik, G.G., 2008. 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.
- Tsadik, G.G., Bart, A.N., 2007. Effects of feeding, stocking density and water-flow rate on fecundity, spawning frequency and egg quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture** 272(1), 380-388.
- Watanabe, W.O., Kuo, C.M., 1985. Observations on the reproductive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in laboratory aquaria at various salinities. **Aquaculture** 49(3), 315-323, 1985.

2. OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o desempenho reprodutivo de tilápias do Nilo, verificando em qual classe de idade e ambiente reprodutivo as fêmeas apresentam a melhor performance e estimando os parâmetros genéticos para características inerentes a reprodução, utilizando inferência Bayesiana.

3. PERFORMANCE REPRODUTIVA DE FÊMEAS DE TILÁPIAS DO NILO EM DIFERENTES AMBIENTES E CLASSES DE IDADE

Resumo – Objetivou-se com este trabalho verificar a performance reprodutivas de fêmeas de tilápia do Nilo em diferentes classes de idade e ambientes reprodutivos. O conjunto de dados foi composto por 451 fêmeas avaliadas em dois ambientes diferentes na cidade de Maringá – PR (hapas de 10 m³ - Local 1 e hapas de 1 m³ – Local 2) e em ambiente em Alfenas – MG (Local 3). As fêmeas foram divididas em três classes de idade, correspondendo a animais na faixa de um (Idade 1), dois (Idade 2) e três anos (Idade 3). A verificação de desovas foi realizada uma vez por semana no período de outubro/2012 a março/2013, correspondendo a 23 semanas de avaliação. Foi verificada a presença de ovos individualmente em cada fêmea e quando observado, os ovos eram retirados da boca e se anotava o número do microchip do referido animal. As características estudadas foram sucesso de desova, desovas múltiplas, frequência de desovas e volume de ovos/fêmea. Realizaram as análises estatísticas utilizando o procedimento Proc Genmod do programa estatístico SAS. O Local 2 apresentou resultados inferiores aos demais locais para as características desova múltipla, frequência de desova e volume de ovos/fêmea ao utilizar animais de Idade 2. Diferenças estatísticas não foram observadas entre Idade 1 e 2 para o mesmo local de avaliação, no entanto a Idade 3 presente no Local 3 apresentou resultados superiores ao comparar com fêmeas de Idade 2. Desta forma, evitar o uso de animais em hapas individuais e manter fêmeas mais velhas no plantel podem melhorar os resultados reprodutivos.

Palavras-chave: desova, *Oreochromis niloticus*, variedade Tilamax, volume de ovos

Reproductive performance of Nile tilapias female in different age classes

Abstract - The aim of this study was to determine the reproductive performance of Nile tilapia females in different age classes and reproductive environments. The data set was composed of 451 females evaluated in two different environments in Maringá – PR (hapas with 10 m³ – Local 1 and 1 m³ – Local 2) and in an environment in Alfenas – MG (Local 3). The females were divided in three age classes, corresponding to animals in the range of one (Age 1), two (Age 2) and three years (Age 3). The spawning

observation was carried once a week from October 2012 to March 2013, corresponding to 23 weeks of evaluation. It was verified the eggs presence individually in each female, when observed the eggs were removed from mouth and it was noted the number of the microchip in the animal. The traits studied was spawning success, multiple spawning, spawning frequency and egg volume/female. The statistical analyzes were performed using SAS statistical program using the procedure Proc Genmod. Local 2 showed lower results than other locations for multiple spawning, spawning frequency and eggs volume/female when using animals in Age 2. Statistical differences were not observed between Age 1 and 2 for the same evaluation local, however in Age 3 present in Local 3 the results are greater than females in Age 2. Therefore, avoid the use of animals in individual hapas and maintain older females on the broodstock can improve reproductive results.

Key words: egg volume, *Oreochromis niloticus*, Tilamax strain, spawning

3.1 Introdução

Existem várias características biológicas que favorecem o cultivo da tilápia *Oreochromis niloticus*, tornando essa espécie a segunda de água doce mais produzida no mundo e a mais cultivada no Brasil, representando 46,6% (MPA, 2011). O comportamento da desova assíncrona e a baixa fecundidade, associada a fatores ambientais no ciclo reprodutivo como fotoperíodo, temperatura, alimentação, salinidade e precipitação (Coward & Bromage, 2000) tornam o fornecimento de alevinos um desafio e faz com que os alevinocultores tenham que manter grande número de reprodutores em seus plantéis, para garantir a produção constante.

No Brasil, a reprodução de tilápias tem sido realizada comumente em tanques escavados, hapas, tanques de concreto e vintanques. Apesar do maior custo com a aquisição dos hapas, problemas com colmatção e níveis baixos de oxigênio este é o sistema mais utilizado, em razão da fácil identificação de animais com problemas e melhoria na sincronia da desova (Little et al., 1993). Todavia, a utilização de hapas com alta densidade pode reduzir a frequência de desovas e a quantidade de ovos/desova (Coward et al., 1998), sendo sugerido que a densidade varie de 4 a 6 peixes/m² (Little, 1992; Ridha & Cruz, 1999; Tsadik & Bart, 2007a) como as densidades adequadas para se obter a maior produção de alevinos.

Quanto a idade das matrizes, apesar de algumas evidências apontarem o melhor desempenho reprodutivo de fêmeas mais jovens (Tsadik, 2008; Ridha & Cruz, 1989),

pouco se sabe a respeito deste fator. A utilização do número restrito de animais em sistemas de recirculação de água, com fatores ambientais controlados, diferem dos sistemas de produção em larga escala e o processo de melhoramento genético objetivando o aumento da velocidade de ganho em peso, podem mascarar os resultados e alterar o comportamento reprodutivo de tilápias (Mair et al., 2004; Ridha, 2010).

Sabendo-se da necessidade de manter grande número de reprodutores por causa da baixa fecundidade, muitas técnicas são desenvolvidas com o objetivo de melhorar a performance reprodutiva de tilápias, como o controle da temperatura, fotoperíodo (Biswas et al., 2005; Campos-Mendoza et al., 2004; Ridna & Cruz, 2000), exigências nutricionais e suplementações (El-Sayed et al., 2003; Bombardelli et al., 2009; Nascimento, 2010; Pereira et al., 2009) e utilização de diferentes variedades de tilápias (Mair et al., 2004; Ridna, 2010; Tsadik & Bart, 2007b).

Desta forma, em busca da otimização do uso das matrizes e em razão de não estar bem estabelecido o efeito da idade da fêmea na performance reprodutiva de tilápias do Nilo melhoradas geneticamente, objetivou-se com este trabalho verificar em qual classe de idade e em qual ambiente reprodutivo estes animais apresentam o seu melhor desempenho.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Experimento

Os reprodutores utilizados para o desenvolvimento deste trabalho são parte dos animais da quarta e quinta geração do Programa de Melhoramento Genético de tilápias do Nilo, variedade Tilamax, da Universidade Estadual de Maringá – PR, avaliados nos anos de 2010, 2011 e 2012. Os animais foram identificados individualmente por meio de PITT - “*Passive Integrated Transponder Tags*” com peso médio de 10 gramas e durante cerca de sete meses foram avaliados em sistema de tanques-rede no Município de Diamante do Norte - PR (22°39'21" S e 52°51'36" W). Os melhores indivíduos de cada família (grupo de irmãos completos) foram selecionados, considerando como critério de seleção a característica ganho em peso diário ao final do período de cultivo e foi realizada avaliação do desempenho reprodutivo das fêmeas obtidas a partir desta seleção em três locais diferentes:

Local 1 - 159 fêmeas e 53 machos (3 fêmeas: 1 macho) foram distribuídos em cinco hapas de polietileno com 10 m³ (1 m de profundidade x 2 m de largura x 5 m de comprimento), malha de abertura de 1 mm², na densidade aproximada de 4,2

peixes/m², mantidos em viveiro escavado de 360 m² e profundidade média de um metro.

Local 2 - 127 fêmeas acasaladas na proporção de 1 fêmeas: 1 macho, alocados individualmente em hapas de polietileno de 1 m³ (1 x 1 x 1 m), malha de abertura de 1 mm² em viveiro escavado de 400 m², coberto por estufa agrícola e profundidade média de um metro. Os dois ambientes (Local 1 e 2) localizam-se na Estação Experimental de Piscicultura da Universidade Estadual de Maringá (UEM - Codapar), Distrito de Floriano (23°31'25" S e 52°03'12" W), Município de Maringá - PR.

Local 3 - 165 fêmeas e 64 machos (2,6 fêmeas: 1 macho), mantidos em quatro hapas de polietileno, duas de 28 m² (1 x 2 x 14 m) e duas de 14 m² (1 x 2 x 7 m), malha de abertura de 1 mm², densidade aproximada de 2,8 peixes/m², alojados em viveiro escavado de 360 m² e profundidade média de um metro localizado no Município de Alfenas - MG (37°25'19,1" N e 122°05'06" W).

As fêmeas foram divididas em três classes de idade, correspondendo a animais com um, dois e três anos de idade. Nos Locais 1 e 2, foram distribuídas fêmeas de Idade 1 e 2 e no Local 3 havia representantes da Idade 2 e 3, como observado na Tabela 1.

3.2.2 Coleta dos dados

A verificação de desova foi realizada em todos os locais uma vez por semana durante o período de outubro de 2012 a março de 2013, correspondendo a 23 semanas dias de avaliação. Para os Locais 1 e 3 as coletas foram feitas restringindo os reprodutores a pequena área do hapa, os animais foram capturados individualmente e, verificou-se a presença de ovos na boca, quando observado, realizou-se a lavagem bucal para a retirada dos ovos com o auxílio de bacias plásticas e anotando o número do microchip referente à fêmea em que se obteve a desova.

No Local 2, os reprodutores foram mantidos em hapas individuais, alocados em trios dentro do tanque, sendo um macho entre duas fêmeas. Desta forma, os acasalamentos bem como as coletas foram realizadas com o auxílio de puçás, verificou-se a manifestação de sinais de desova eminente (ventre abaulado, papila urogenital avermelhada e intumescida), quando identificado estes sinais, o macho era colocado no hapa da fêmea e o casal permanecia junto até observação da desova

ou se observados melhores condições de desova da outra fêmea que compunha o trio. A coleta e anotação do número do microchip procedeu-se da mesma forma que nos outros locais, no entanto para os Locais 1 e 2 junto com as informações de desovas, mediu-se também o volume de ovos produzidos por fêmea utilizando proveta graduada de 100 ml.

3.2.3 Análises estatísticas

O conjunto de dados para a realização das análises estatísticas continha informação total de 451 fêmeas utilizadas para estimar a probabilidade de desova (ocorrência ou não de desovas), desovas múltiplas (fêmeas que apresentaram mais de uma desova) e frequência de desovas (número de desovas obtidas por fêmea durante o período de avaliação). A probabilidade de desova e desovas múltiplas, foram consideradas como características de limiares, sendo 1 em caso positivo (ocorrência de desova e ocorrência de desovas múltiplas) e 0 caso contrário. A frequência de desovas foi considerada como característica contínua, com valores variando de zero a dez desovas. Para a característica volume médio ovos/fêmea (volume total de ovos/fêmea ÷ número de desovas/fêmea) e volume total de ovos/fêmeas utilizaram informações de 145 fêmeas do Local 1 e 2 e para todas as estimativas, o modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + I_j(L_i) + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} = valor observado para a fêmea k, no local i e na idade j;

μ = média;

L_i = efeito do local de desova i (i = Local 1, 2 e 3 para probabilidade de desova, número de desovas e desovas múltiplas e Local 1 e 2 para volume médio e volume total de ovos/fêmea);

$I_j(L_i)$ = efeito do local i dentro da idade j (j = idade 1, 2 e 3 - Tabela 1)

e_{ijk} = erro aleatório.

As análises estatísticas foram realizadas pelo procedimento Proc Genmod do programa estatístico SAS (SAS Institute, 1992), implementaram os Modelos Lineares Generalizados, considerando distribuição binomial para as variáveis estudadas, com exceção das características frequência de desovas, volume médio e total de ovos/fêmea, que se utilizou distribuição normal, com função de ligação

logarítmica. Incluiu-se também a análise de contrastes ortogonais entre fêmeas mais novas e mais velhas dentro de cada local.

3.4 Resultados

Dentro dos locais de avaliação 1 e 2, não foram observados diferenças estatísticas ($p \geq 0,05$) ao comparar as classes de idades 1 e 2 para probabilidade de desova, probabilidade de desovas múltiplas e frequência de desovas. No entanto, no Local 3, a Idade 3 apresentou valores maiores ao ser comparada com a Idade 2, para todas as características estudadas.

Quando se trata de animais de mesma classe de idade, não houve diferenças significativas ($p \geq 0,05$) entre os locais em que as fêmeas foram avaliadas para a probabilidade de desova. Para a característica probabilidade de desovas múltiplas e frequência de desovas, o desempenho no Local 2 foi inferior aos demais locais (Tabela 2). Com valores para probabilidade de desovas múltiplas de 43,84, 18,46 e 43,32 para Local 1, 2 e 3 respectivamente e valores de frequência de desovas de 1,534, 0,80 e 1,623 para Local 1, 2 e 3 respectivamente (Tabela 2). A classe de Idade 3, presente somente no Local 3, foi a que apresentou o maior número de desovas (3,486) diferenciando ($p < 0,05$) da Idade 2 (1,632).

Os maiores volumes de ovos/fêmea ($p < 0,05$) foram observados no Local 1 e Idade 2, correspondendo ao volume médio e total de 16,219 e 43,395 mL/fêmea respectivamente. No Local 2, para ambas as características não se observou diferenças entre as idades. Ao comparar os dois locais, observou-se diferenças somente na Idade 2 para o volume médio (Local 1 – 16,219 e Local 2 – 12,158) e volume total de ovos (Local 1 – 43,395 e Local 2 – 16,105), indicando que as fêmeas mais velhas no Local 1 apresentaram maior produção de ovos (Tabela 3).

Considerando a ausência de diferenças estatísticas entre as Idades 1 e 2, realizou-se a análise de contrastes ortogonais com o intuito de identificar possíveis diferenças entre as idades, contudo os resultados dos contrastes corroboraram com os obtidos anteriormente e reafirmam a melhor performance reprodutiva das fêmeas da classe de Idade 3.

3.5 Discussão

Em sistemas de produção utilizando hapas instaladas em viveiros escavados, semelhante ao utilizado neste trabalho, Bombardelli et al. (2009) obtiveram

percentual de fêmeas desovantes variando de 44 a 66% ao utilizar animais da variedade Tailandesa e alimentá-las com rações de diferentes níveis energéticos. Coward & Bromage (1999) realizaram a reprodução em sistema *indoor* (em laboratório) com o objetivo de verificar a periodicidade de desovas, fecundidade e tamanho dos ovos de *Tilapia zilli*, estes autores observaram desovas em 66% das fêmeas e 31% apresentaram mais de uma desova durante o período experimental de 80 dias. Estes resultados estão de acordo com os obtidos para probabilidade de desova e desovas múltiplas respectivamente, nas classes de Idade 1 e 2.

A frequência de desovas é uma característica que pode apresentar valores variáveis por ser dependente de fatores como nutrição (Bhujel, 2000), intensidade de luz, fotoperíodo (Campos-Mendoza et al., 2004; Koiller & Avtalion, 1985) e pluviosidade (McConnell, 1982). Desta forma, valores médios de 0,65, 9,09, 4,71, 2,74 e 3,72 desovas/fêmea de tilápias do Nilo foram reportados por Bhujel et al. (2007), Campos-Mendoza et al. (2004), El-Sayed et al. (2003), Pereira et al. (2009) e Tsadik & Bart (2007a) respectivamente, em experimentos com diferentes objetivos, bem como diferentes idades e períodos de avaliação. Os valores estão em conformidade com os estimados no presente estudo. No entanto, a alta frequência de desovas encontradas por Campos-Mendoza et al. (2004) justifica-se pelas condições ambientais estarem próximas das exigidas para tilápias do Nilo, além da utilização de diferentes fotoperíodos, sugerindo que longos períodos de luz (18 horas de luz: 6 horas de escuro) podem contribuir para aumentar o número de desovas.

O tamanho e o peso corporal são grandes indicativos da idade dos animais (Coward & Bromage, 1999) e na maioria dos trabalhos com reprodução, utiliza-se o peso corporal como parâmetro para selecionar os animais experimentais, pela padronização e a dificuldade da mensuração correta da idade. Desta forma, Bhujel (2000) relatou menor frequência de desovas em fêmeas maiores além da preferência por animais menores pela facilidade de manejo, sendo descartadas comumente as fêmeas com peso superior a 300 gramas, ao contrário do obtido neste trabalho, indicando que determinadas suposições a respeito da melhor idade das matrizes devem ser mais estudadas.

A maior frequência de desovas e volume de ovos produzidos por fêmeas mais velhas verificadas no presente trabalho, discordam com o encontrado por Coward & Bromage (1999), em que observaram desovas em apenas 31% das fêmeas com peso

corporal acima dos 350 gramas, contra 100% de desovas para as fêmeas com peso inferior a 49 gramas. Em estudos para investigar o efeito da idade na reprodução de tilápias do Nilo, Tsadik (2008) observou redução de 6 para 3 desovas/fêmea ao comparar reprodutores de quatro e 24 meses de idade respectivamente, concluindo que fêmeas com mais de 30 meses apresentam maior fecundidade (ovos/desova), tamanho e peso de ovo. Enquanto a frequência de desovas, porcentagem de fertilização e eclosão reduzem em fêmeas mais velhas. Woodhead (1978) sugere que o avanço da idade faz com que o ovário se torne preenchido por tecido conjuntivo, acompanhado por espessamento da parede e conseqüente redução do tecido germinal, características naturais de senescência, que afetam a capacidade reprodutiva.

No presente trabalho, o Local de reprodução 2 (em hapas de 1 m³) apresentou frequência de desovas inferior aos demais locais, especialmente para a Idade 2. As fêmeas deste local podem ter sido subestimadas, por se tratar de reprodutor utilizadas para a obtenção de famílias (grupo de irmãos completos e meios-irmãos) para comporem a nova geração de animais a serem avaliados no Programa de Melhoramento Genético de Tilápias do Nilo da Universidade Estadual de Maringá. Desta forma, quando a fêmea obtinha mais de três desovas de machos diferentes, esta era substituída por outra fêmea que nunca havia desovado a fim de aumentar o número de famílias. Outro fator que pode ter comprometido a reprodução deste grupo de animais, é a inclusão do macho no hapa da fêmea, mantendo assim a razão de um macho para uma fêmea, contribuindo para o aumento da agressividade, resultando em ferimentos nas fêmeas e em algumas situações até mesmo mortalidade, havendo assim a necessidade de reposição deste animal.

Utilizando fêmeas de tilápias do Nilo, variedade GIFT, na faixa de peso de 660 gramas e reproduzidas em sistemas *indoor*, Nascimento (2010) encontrou volume de ovos crescente com o aumento dos níveis de inclusão de vitamina E, na dieta dos reprodutores, variando de 6,64 a 11,08 mL de ovos/fêmea, estes resultados estão de acordo com os valores médios de volume estimados para a Idade 1 nos Locais 1 e 2 e condiz com os animais de mesma faixa de peso utilizado no trabalho citado.

Os resultados obtidos neste trabalho apontam melhor desempenho reprodutivo nos animais de classe de Idade 3. A melhor performance reprodutiva de fêmeas mais velhas fica mais evidente ao verificar superioridade de 58 e 114% para

desovas múltiplas e frequência de desova respectivamente quando comparado com a classe de idade que apresentou o segundo melhor desempenho, discordando estudos realizados por Ridha & Cruz (1989) e Tsadik (2008) ao testar desempenho reprodutivo em diferentes idades para *Oreochromis spirulus* e *Oreochromis niloticus* respectivamente. As taxas de fertilização acima dos 70% e eclosão superior a 90%, relatados por Valenti (2007) em fêmeas com idade variando de 24 a 48 meses corroboram com a possibilidade de manter as fêmeas por mais tempo no plantel.

O processo de melhoramento genético da tilápia do Nilo, objetivando o aumento da velocidade de crescimento, pode estar afetando negativamente a fecundidade e a produção de alevinos de tilápia da variedade GIFT (Bhujel, 2000; Ridha, 2010), além de ser observado a correlação positiva entre maior crescimento e maturação precoce (Longalong et al., 1999). A baixa fecundidade relativa e absoluta na variedade GIFT foi confirmada por Mair et al. (2004) ao realizar trabalhos para verificar o crescimento e reprodução de diferentes variedades de tilápia do Nilo e a ausência de machos e fêmeas com as gônadas desenvolvidos na idade em que se espera mais de 50% dos animais já maduros, pode ser um indicativo que estes animais sejam mais tardios sexualmente, discordando com Longalong et al. (1999). Animais com desenvolvimento sexual mais tardio pode ser uma das explicações para a melhor performance reprodutiva de fêmeas mais velhas, visto que o início da reprodução ocorre em idade mais avançada é possível que o pico de produção também seja observado mais tarde.

Quando se trata de reprodução de tilápias, é observado que alguns fatores ambientais podem ter maior importância que outros, porém os melhores resultados são obtidos ao considerar o ambiente e genética em conjunto, procurando oferecer as melhores condições para a obtenção do máximo desempenho. Desta forma, ao tomar a decisão de manter as fêmeas por mais tempo no plantel alguns fatores devem ser levados em conta, como a necessidade de maior área para a alocação destas fêmeas, visto que podem atingir facilmente peso superior a dois quilos, maior dificuldade de manejo e sobretudo a atenção com a renovação do plantel com o surgimento de animais com melhor potencial genético. Além disso, sabe-se que a identificação do grupo de fêmeas que apresentam melhor performance reprodutiva independentemente da idade pode se tornar de grande importância econômica, uma vez que mantendo somente os animais com estas características, o produtor poderá

ter redução nos gastos com alimentação, redução do número de reprodutores, utilização mais eficiente das fêmeas e da mão de obra.

3.6 Conclusão

Melhor performance reprodutiva pode ser obtida ao utilizar fêmeas de três anos e ao evitar a reprodução em hapas de volume reduzido.

Referências

- Bhujel, R.C., Little D.C., Hossain A., 2007. Reproductive performance and the growth of pre-stunted and normal Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodfish at varying feeding rates. **Aquaculture** 273, 1, 71-79.
- Bhujel, R.C., 2000. A review of strategies for the management of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodfish in seed production systems, especially hapa-based systems. **Aquaculture** 181 (1), 37-59.
- Biswas, A.K., Morita, T., Yoshizaki, G., Maita, M., Takeuchi, T., 2005. Control of reproduction in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) by photoperiod manipulation. **Aquaculture** 243(1), 229-239.
- Bombardelli, R.A., Hayashi, C., Natali, M.R.M., Sanches, E.A., Piana, P.A., 2009. Desempenho reprodutivo e zootécnico e deposição de lipídios nos hepatócitos de fêmeas de tilápia-do-Nilo alimentadas com rações de diversos níveis energéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia** 38(8), 1391-1399.
- Campos-Mendoza, A., Mcandrew, B.J., Coward, K., Bromage, N., 2004. Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. **Aquaculture** 231(1), 299-314.
- Coward, K., Bromage, N.R., 2000. Reproductive physiology of female tilapia broodstock. **Reviews in Fish Biology and Fisheries** 10, 1, 1-25.
- Coward, K., Bromage, N.R., 1999. Spawning periodicity, fecundity and egg size in laboratory-held stocks of a substrate-spawning tilapiine, *Tilapia zillii* (Gervais). **Aquaculture** 171(3), 251-267.
- Coward, K., Bromage, N.R., Little, D.C., 1998. Inhibition of spawning and associated suppression of sex steroid levels during confinement in the substrate spawning *Tilapia zillii*. **Journal of Fish Biology** 52, 152-165.
- El-Sayed, A.F.M., Mansour, C.R., Ezzat, A.A., 2003. Effects of dietary protein level on spawning performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) broodstock reared at different water salinities. **Aquaculture** 220(1), 619-632.

- Koiller, M., Avtalion, R.R., 1985. A laboratory scale recycling water unit for tilapia breeding. **Aquacultural Engineering** 4(4), 235-246.
- Little, D.C., Macintosh, D.J., Edwards, P., 1993. Improving spawning synchrony in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture Research** 24(3), 399-405.
- Little, D.C., 1992. The development of fry production and nursing strategies for the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Final Report, **Asian Institute of Technology**, Bangkok, Thailand, pp. 24.
- Longalong, F.M., Eknath, A.E., Bentsen, H.B., 1999. Response to bidirectional selection for frequency of early maturing females for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture** 178, 13-25.
- Mair, G.C., Lakapunrat, S., Jere, W.L., Bart, A., 2004. Comparisons of reproductive parameters among improved strains of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. In **Proceeding of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture**, Manila, Philippines (ed. by R. Bolivar, G. Mair & K. Fitzsimmons), p. 142-156.
- McConnell, R.H.L., 1982. Tilapias in fish communities. In: **International Conference on the Biology and Culture of Tilapias**, Bellagio (Italy), 2-5 Sep 1980.
- Ministério da Pesca e Aquicultura, 2011. Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011. p. 60.
- Nascimento, T.S.R., 2010. Vitamina E em dietas para reprodutoras de tilápia-do-nilo. 2010. 59 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Pereira, T.S., Fabregat, T.E.H.P., Fernandes, J.B.K., Boscolo, C.N., Castillo, J.D.A., Koberstein, T.C.R.D., 2009. Selênio orgânico na alimentação de matrizes de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, 31(4), 433-437.
- Ridha, M.T., Cruz, E.M., 1999. Effect of different broodstock densities on the reproductive performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), in a recycling system. **Aquaculture Research** 30(3), 203-210.
- Ridha, M.T., Cruz, E.M., 2000. Effect of light intensity and photoperiod on Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. seed production. **Aquaculture Research** 31(7), 609-617.
- Ridha, M.T., Cruz, E.M., 1989. Effect of age on the fecundity of the tilapia *Oreochromis spilurus*. **Asian Fisheries Science** 2, 239-247.

- Ridha, M.T., 2010. Comparative Study on Seed Production in Two Strains of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. **The Journal of Asian Fisheries Society** 23, 1-8.
- SAS Institute. SAS/STAT software: changes and enhancements. Cary: SAS Institute, 1992. (SAS technical report P-229, release 6.07).
- Tsadik, G.G., 2008. 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.
- Tsadik, G.G., Bart, A.N., 2007a. Characterization and comparison of variations in reproductive performance of Chitralada strain Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture Research** 38(10), 1066-1073.
- Tsadik, G.G., Bart, A.N., 2007b. Effects of feeding, stocking density and water-flow rate on fecundity, spawning frequency and egg quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture**, 272(1), 380-388.
- Valentin F.N., 2007. Efeito da idade das matrizes de tilápia do nilo *Oreochromis niloticus* no desenvolvimento embrionário e larval. 2007. 53 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- Woodhead, A.D., 1979. Senescence in fishes. In: Miller, P.J. Ed., Fish Phenology: Anabolic Adaptiveness in Teleosts. **Symposium of the Zoological Society of London**, Academic Press, London, UK, 44, pp.179-205.

Tabela 1. Idade mínima e máxima das fêmeas divididas em classes e a quantidade (n) de animais nos respectivos locais em que foram avaliados reprodutivamente.

	Idade 1		n	Idade 2		n	Idade 3		n
	Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo		Mínimo	Máximo	
Local 1	289	343	86	609	651	73	-	-	-
Local 2	289	343	61	585	662	65	-	-	-
Local 3	-	-	-	594	651	95	986	1033	70

Tabela 2. Probabilidade de desova (%), probabilidade de desovas múltiplas (%), frequência de desovas e coeficiente de contrastes ortogonais de tilápias do Nilo em três locais diferentes de acordo com a idade.

Idade	Probabilidade de desovas			Probabilidade de desovas múltiplas			Frequência de desovas		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Local 1	70,93Aa	58,90Aa	-	44,19Aa	43,84Aa	-	1,49Aa	1,53Aa	-
Local 2	67,21Aa	50,77Aa	-	36,07Aa	18,46Ab	-	1,10Aa	0,80Ab	-
Local 3	-	61,05Ba	87,14A	-	43,32Ba	70,00A	-	1,63Ba	3,49A
L1I1 vs L1I2	ns			ns			ns		
L2I1 vs L2I2	ns			ns			ns		
L3I2 vs L3I3	p<0,05			p<0,05			p<0,05		

Estimativas seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha, diferenciam entre si a $p<0,05$, para mesmo local em diferentes idades. Estimativas seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferenciam entre si a $p<0,05$, para mesma idade em locais diferentes.

Coefficientes de contrastes ortogonais: L1I1 vs L1I2 (co=0, Local 1 Idade 1 = 1, Local1 Idade 2 = -1), L2I1 vs L2I2 (co=0, Local 2 Idade 1 = 1, Local2 Idade 2 = -1), L3I2 vs L3I3 (Local 3 Idade 2 = 1, Local 3 Idade 3 = -1). ns = não significativo, $p<0,05$ significativo pela análise de contrastes ortogonais.

Tabela 3. Volume médio (mL), volume total (mL) de ovos por fêmea e coeficiente de contrastes ortogonais em dois locais diferentes de acordo com a idade.

	Volume médio		Volume total	
	Idade 1	Idade 2	Idade 1	Idade 2
Local 1	11,205Ba	16,219Aa	24,650Ba	43,395Aa
Local 2	10,772Aa	12,158Ab	13,435Aa	16,105Ab
L1I1 vs L1I2	p<0,05		p<0,05	
L2I1 vs L2I2	ns		ns	

Estimativas seguidas de letras maiúsculas distintas, na mesma linha, diferenciam entre si a $p<0,05$, para mesmo local em diferentes idades. Estimativas seguidas de letras minúsculas distintas, na mesma coluna, diferenciam entre si a $p<0,05$, para mesma idade em locais diferentes.

Coefficientes de contrastes ortogonais: L1I1 vs L1I2 (co=0, Local 1 Idade 1 = 1, Local1 Idade 2 = -1), L2I1 vs L2I2 (co=0, Local 2 Idade 1 = 1, Local2 Idade 2 = -1). ns = não significativo, $p<0,05$ significativo pela análise de contrastes ortogonais.

4. AVALIAÇÃO GENÉTICA PARA CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DE FÊMEAS DE TILÁPIA DO NILO UTILIZANDO INFERÊNCIA BAYESIANA

Resumo - Objetivou-se estimar parâmetros genéticos para características reprodutivas de tilápias do Nilo utilizando inferência Bayesiana. O conjunto de dados continha informação de 451 fêmeas de tilápias do Nilo avaliadas em dois locais diferentes em Maringá (hapas de 10 m³ e 1 m³) e em um ambiente em Alfenas - MG. A verificação de desovas foi realizada uma vez por semana no período de outubro de 2012 a março de 2013, correspondendo a 23 semanas de avaliação. Realizou-se análises unicaracter para as características sucesso de desova, desovas múltiplas, frequência de desovas e volume de ovos/fêmea utilizando o programa computacional MTGSAM *Threshold*. As estimativas de herdabilidade obtidas foram de 0,14, 0,16, 0,53 e 0,02 para sucesso de desova, desovas múltiplas, frequência de desovas e volume de ovos/fêmea respectivamente, indicando que se procedido à seleção utilizando as características de performance reprodutiva como critério de seleção, pode-se obter alto ganho genético e melhorar a eficiência reprodutiva do plantel.

Palavras-chave: frequência de desovas, herdabilidade, *Oreochromis niloticus*, sucesso de desova, variedade Tilamax, volume de ovos

Genetic parameters for reproductive traits of Nile tilapia female using Bayesian inference

Abstract –The aim of this study was to estimate genetic parameters for reproductive traits of Nile tilapia using Bayesian inference. The data set contained information from 451 female Nile tilapia evaluated in two different environments in Maringá, Paraná State (mating hapas with 10 and 1 m³) and in an environment in Alfenas, Minas Gerais State. Spawning observation was realized once a week from October 2012 to March 2013, corresponding to 23 weeks of evaluation. Single-trait analyzes were conducted for the traits spawning success, multiple spawning, spawning frequency and volume of eggs/female using the software MTGSAM. The heritability estimates were 0.14, 0.16, 0.53 and 0.02 for spawning success, multiple spawning, spawning frequency and volume of eggs respectively, indicating that if

carried out the selection using the reproductive performance trait as a selection criterion, can get high genetic gain and improve the reproductive efficiency of the broodstock.

Key words: Tilamax strain, heritability, *Oreochromis niloticus*, spawning frequency, spawning success, volume of eggs

4.1 Introdução

O peixe é uma importante fonte de nutrientes e há evidências que ligam o seu consumo com o melhor desenvolvimento e aprendizado em crianças, além da proteção contra doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (FAO, 2000), tais benefícios têm contribuído para o aumento da demanda de peixes e coloca a aquicultura frente as principais criações da pecuária nacional (MPA, 2010).

A grande extensão litorânea e áreas de água doce em diferentes países permitem a estimativa do aumento no crescimento da aquicultura mundial em 20 vezes, podendo atingir 132 milhões de toneladas de peixes e crustáceos e 43 milhões de toneladas de algas marinhas até o ano de 2020 (Gjedrem et al., 2012). O aumento da utilização de animais melhorados geneticamente pode contribuir para atingir as estimativas da produção aquícola. A grande variação genética ligada as características de crescimento, possibilita ganhos genéticos na ordem de 10 a 20% por geração, valores que estão acima do encontrado para animais terrestres (Gjedrem & Baranski, 2009).

As características de crescimento são as mais estudadas como objetivo de seleção em espécies aquícolas (Quinton et al., 2005; Rutten et al., 2004; Su et al., 2002; Trong et al., 2013a). E, quando se trata de tilápia do Nilo, as características de rendimento de filé (Gjerde et al., 2012; Rye et al., 2011; Turra et al., 2012), taxa de sobrevivência (Santos et al., 2011) e resistência as baixas temperaturas da água (Charo-Karisa et al., 2005) também já foram estudadas como objetivo de seleção em programas de melhoramento genético da espécie.

No entanto, um dos principais problemas na produção de tilápias é a redução do crescimento dos animais pela maturação sexual que ocorre precocemente nas fêmeas (Mair et al., 2004). Desta forma, estudos objetivando a seleção de fêmeas tardias foram realizados por Horstgen-Schwark & Langholz (1998), Kronert et al. (1989) e Oldorfi et al. (1989) apresentando bons resultados quando associado as fêmeas de maturação tardia com as características de crescimento, corroborando com o relatado por Charo-

Karisa et al. (2007) que sugeriu a baixa correlação genética entre peso corporal e maturidade sexual a despesca, indicando a possibilidade de realizar simultaneamente a seleção para maturação tardia e velocidade de crescimento.

Quanto as estimativas de parâmetros genéticos para as características reprodutivas em tilápias do Nilo, poucos foram os estudos realizados anteriormente. Trong et al. (2013b) objetivaram verificar o sucesso de desova (desovou e não desovou) e se a seleção para crescimento tem acarretado no prolongamento da estação reprodutiva para a obtenção das famílias em programas de melhoramento genético. Estimações de parâmetros genéticos para fertilidade e fecundidade indicaram que a seleção para peso a despesca não influenciaram negativamente as características número de ovos/fêmea, fecundidade relativa (número total de ovos produzidos por fêmea/peso corporal) e número de larvas, no entanto fêmeas selecionadas para maior peso a despesca tendem a produzir ovos menores (Trong et al., 2013c).

Objetivou-se com a realização deste trabalho estimar os parâmetros genéticos para características reprodutivas de fêmeas de tilápias do Nilo utilizando inferência Bayesiana.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Origem dos reprodutores

As 451 fêmeas utilizadas para a realização deste trabalho foram obtidas a partir de progênes do acasalamento de 120 fêmeas e 60 machos de tilápias do Nilo *Oreochromis niloticus*, variedade Tilamax, do Programa de Melhoramento de tilápias do Nilo da Universidade Estadual de Maringá, referentes as estações reprodutivas dos anos de 2009/10, 2010/11 e 2011/12, correspondendo respectivamente a utilização de 15, 27 e 19 melhores famílias selecionadas a partir do valor genético para ganho em peso ao final do período de cultivo.

Nas três estações reprodutivas, os animais foram mantidos em hapas individuais de 1 m³ de volume dentro de viveiro escavado na Estação Experimental de Piscicultura da Universidade Estadual de Maringá (UEM - Codapar), Distrito de Floriano (23°31'25" S e 52°03'12" W), Município de Maringá – PR e realizaram os acasalamentos na proporção de um macho para duas fêmeas. Os acasalamentos e a verificação de desovas foram realizadas duas vezes por semana, quando observada a desova, o macho era retirado do hapa da fêmea e as larvas eram mantidas junto da mãe até o final da estação reprodutiva.

Ao final do período de reprodução, 100 alevinos divididos em dois grupos iguais de cada uma das famílias geradas foram transferidas para a estrutura de alevinagem e mantidos em hapas de 1 m³ até o peso médio de 10 gramas. Quando atingiam este peso, realizava-se a identificação individual de 50 animais de cada família por meio de PITT - “*Passive Integrated Transponder Tags*” e após uma semana, estes animais foram transferidos para o sistema de cultivo em tanques-redes no Município de Diamante do Norte - PR (22°39'21" S e 52°51'36" W) sendo avaliados por cerca de sete meses. Ao final do período de cultivo, procedeu-se a seleção das melhores famílias, considerando o ganho em peso diário ao final do cultivo como critério de seleção, para comporem o grupo de animais a serem utilizados na avaliação reprodutiva.

Este processo foi realizado durante a estação reprodutiva dos anos de 2009/10 e 2010/11, quando houve substituição de 100% dos reprodutores e no ano de 2011/12, utilizaram-se os mesmos reprodutores do ano anterior para gerar os animais a serem avaliados neste trabalho. Desta forma, os filhos produzidos na estação reprodutiva do ano de 2009/10 formaram o grupo de animais da quarta geração e os animais produzidos nos anos de 2010/11 e 2011/12 corresponderam aos animais da quinta geração do Programa de Melhoramento de Tilápias.

4.2.2 Experimento

A avaliação da performance reprodutiva das fêmeas foi realizada em três diferentes ambientes (Tabela 1):

- Local 1: 159 fêmeas, representantes de 11 e 9 famílias geradas nas estações reprodutivas dos anos de 2010/11 e 2011/12 respectivamente, avaliadas na cidade de Maringá – PR (22°39'21" S e 52°51'36" W), utilizaram hapas de 10 m² dentro de viveiro escavado de 360 m² e profundidade média de 1,0 metro.

- Local 2: 127 fêmeas, representantes de 23 e 18 famílias geradas nas estações reprodutivas dos anos de 2010/11 e 2011/12 respectivamente, na cidade de Maringá-PR (22°39'21" S e 52°51'36" W), utilizaram hapas de 1 m³, instaladas em viveiro escavado de 360 m², profundidade média de 1,0 metro e coberto por estufa agrícola.

- Local 3: 165 fêmeas, representantes de 15 e 9 famílias geradas nas estações reprodutivas dos anos de 2009/10 e 2010/11 respectivamente, na cidade de Alfenas

– MG (37°25'19,1" N e 122°05'06" W), utilizaram hapas de 14 e 28 m³, alojados em viveiro escavado de 360 m² e profundidade média de 1,0 metro.

4.2.3 Coleta de dados

O período de avaliação correspondeu a 23 semanas e foi realizado entre os meses de outubro de 2012 a março de 2013. Realizaram as coletas semanalmente, restringindo os reprodutores a uma pequena área do hapa, capturando os animais e verificando a presença de desovas individualmente, quando identificada a presença de ovos na boca, realizava-se a lavagem bucal para a retirada dos ovos e se anotava o número do microchip referente a fêmea que apresentou desova.

Em Maringá, nos hapas de 1 m³, em razão do reduzido volume dos hapas, o acasalamento bem como a coleta foi realizado com o auxílio de puçás, verificou-se a manifestação de sinais de desova eminente (ventre abaulado, papila urogenital avermelhada e intumescida) semanalmente e quando identificados estes sinais, o macho era colocado no hapa da fêmea, permanecendo o casal junto até a observação da desova ou se observados melhores condições de desova da outra fêmea. Para os Locais 1 e 2, juntamente com a informação de desova, mediu-se também o volume de ovos produzidos por cada fêmea utilizando proveta graduada de 100 mL.

4.2.4 Análise dos dados

As características estudadas no presente trabalho foram sucesso de desova (ocorrência ou não de desovas); desovas múltiplas (fêmeas que apresentaram mais de uma desova) e frequência de desovas (número de desovas obtidas por fêmea durante o período de avaliação), estas características foram mensuradas nos três locais de avaliação e nos Locais 1 e 2, coletou-se também a informação de volume de ovos/fêmea/desova.

Para a estimação dos componentes de co(variância) e parâmetros genéticos das características sucesso de desova, desovas múltiplas e frequência de desovas o conjunto de dados continha informação de 451 fêmeas de tilápias do Nilo mais as informações de pedigree de 679 animais, referentes aos pais e avôs das fêmeas em avaliação na matriz de parentesco. Utilizou-se o modelo animal descrito:

$$y = X\beta + Z_1a + e$$

em que, y é o vetor de observações das características analisadas; β é o vetor dos efeitos ambientais identificáveis (idade e local); a e e são os vetores dos efeitos genéticos

aditivos diretos e dos resíduos, respectivamente. As matrizes X e Z_1 são referentes às incidências dos efeitos ambientais identificáveis e genéticos aditivos diretos, respectivamente.

A distribuição conjunta de y , a e ε foi assumida como sendo normal multivariada, inclusive para as características sucesso de desova e desovas múltiplas na escala contínua (*liability*), como segue:

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ \varepsilon \end{bmatrix} \sim \text{NMV} \left\{ \begin{bmatrix} X\beta \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} V & Z_1GR \\ GZ_1' & G & \emptyset \\ R & \emptyset & R \end{bmatrix} \right\},$$

em que:

$$V = Z_1GZ_1' + R,$$

G é a matriz de (co)variância dos valores genéticos,

$$G = A\sigma_a^2,$$

sendo que:

A é a matriz de parentesco;

σ_a^2 é o componente de variância genética aditiva;

R é a matriz de (co)variância residual, sendo:

$$R = I_n\sigma_e^2, \text{ em que,}$$

I_n é a matriz identidade, de ordem igual ao número de observações;

σ_e^2 é o componente de variância residual.

Para a característica volume de ovos, utilizou-se a informação de 145 fêmeas e teve a inclusão no modelo animal do efeito de ambiente permanente:

$$y = X\beta + Z_1a + Z_2Pe + e$$

em que, y é o vetor de observações da característica volume de ovos; β é o vetor dos efeitos ambientais identificáveis (idade e local); a , Pe e e são os vetores dos efeitos genéticos aditivos diretos, ambiente permanente e dos resíduos, respectivamente. As matrizes X , Z_1 e Z_2 são referentes às incidências dos efeitos ambientais identificáveis, genéticos aditivos diretos e efeito ambiental permanente, respectivamente.

A distribuição conjunta de y , a , Pe e ε foi assumida como sendo normal multivariada:

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ Pe \\ \varepsilon \end{bmatrix} \sim \text{NMV} \left\{ \begin{bmatrix} X\beta \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \begin{bmatrix} V & Z_1 G Z_2 P e R \\ G Z_1' & G & \emptyset & \emptyset \\ P e Z_2' & \emptyset & P e & \emptyset \\ R & \emptyset & \emptyset & R \end{bmatrix} \right\},$$

em que:

$$V = Z_1 G Z_1' + Z_2 P e_2' + R,$$

G é a matriz de (co)variância dos valores genéticos,

$$G = A \sigma_a^2,$$

sendo que:

A é a matriz de parentesco;

σ_a^2 é o componente de variância genética aditiva;

Pe é a matriz de (co)variância do efeito ambiental permanente,

$$Pe = I_m \sigma_{Pe}^2,$$

sendo que:

I_m é a matriz de identidade, de ordem igual ao número de grupos de irmãos completos;

σ_{Pe}^2 é o componente de variância devido ao efeito ambiental permanente;

R é a matriz de (co)variância residual, em que:

$$R = I_n \sigma_e^2,$$

sendo que,

I_n é a matriz identidade, de ordem igual ao número de observações;

σ_e^2 é o componente de variância residual.

Realizaram análises unicaracter para as características sucesso de desova, desovas múltiplas, frequência de desovas e volume de ovos por meio de inferência Bayesiana, utilizando o programa computacional *MTGSAM Threshold – Multiple Trait Gibbs Sampler for Animal Models* (Van Tassel et al., 1998). Para a sucesso de desova e desovas múltiplas, consideraram como características limiares, sendo 1 em caso positivo (ocorrência de desova e ocorrência de desovas múltiplas) e 0 caso contrário. Para a frequência de desovas e volume, consideraram características contínuas.

As distribuições posteriores para os componentes de (co)variância e parâmetros genéticos foram obtidas utilizando inicialmente 1.100.000 ciclos, com amostras retiradas a cada 10 ciclos, após a eliminação dos 100.000 ciclos iniciais. A análise de

convergência das cadeias geradas foi realizada pelo critério de Heidelberger & Welch, descrito por Cowles et al. (1995), utilizando-se a biblioteca CODA (*Convergence Diagnosis and Output Analysis*), implementada no programa R (version 2.15.2).

A estimativa do valor de repetibilidade foi obtida a partir das amostras *a posteriori* dos componentes de variância, geradas em análises unicaracter da característica volume de ovos/fêmea, usando a seguinte expressão:

$$r = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2}{\sigma_p^2}$$

em que σ_a^2 , σ_{pe}^2 e σ_p^2 são as variâncias genéticas aditivas, ambientais permanentes e fenotípicas, respectivamente.

Foram estimadas as correlações de Spearman entre os valores genéticos de todos os animais preditos nas análises unicaracter para as características sucesso de desova, desovas múltiplas e frequência de desovas utilizando o PROC CORR do programa estatístico SAS (SAS Institute, 1992). Adicionalmente, calculou-se o percentual de coincidência entre as dez melhores famílias.

4.3. Resultados

4.3.1 Parâmetros genéticos

Houve indicação de convergência para todas as cadeias geradas.

As estimativas dos componentes de co(variância) para a sucesso de desova e desovas múltiplas em tilápias do Nilo demonstraram a participação reduzida da variância genética aditiva e maior participação da variância dos efeitos ambientais não identificáveis na variação total, resultando em valores de herdabilidade de 0,142 e 0,165 para sucesso de desova e desovas múltiplas, respectivamente. Comportamento inverso foi observado para a frequência de desovas, em que os efeitos genéticos aditivos corresponderam a mais de 50% do fenótipo dos animais (Tabela 2).

O volume de ovos/fêmea, mensurada somente em Maringá, apresentou reduzida participação da variância pelos efeitos genéticos aditivos e maior valor do efeito de ambiente permanente, correspondendo a 0,83 e 10,33, respectivamente, da variância total (39,017). A baixa estimativa de herdabilidade (0,02) sugere a maior participação do efeito de ambiente permanente (0,26) e dos efeitos não

identificáveis. A estimativa de baixa magnitude da repetibilidade (0,28) indica a necessidade de mais observações coletadas do mesmo animal, a fim de reduzir os efeitos temporários e conseqüentemente a redução da variação fenotípica. A reduzida amplitude dos intervalos de credibilidade para as características estudadas permitem concluir que as estimativas destes parâmetros foram bem precisas (Tabela 3).

4.3.2 Porcentagem de famílias coincidentes, correlação de Spearman e valores genéticos para as dez melhores famílias

Observa-se que nos Locais 1 e 3 grande parte das famílias ranqueadas como as melhores, para a característica sucesso de desova, também são observadas como as melhores para desovas múltiplas e frequência de desova, com porcentagem de famílias coincidência de 80% em ambos os Locais (Tabela 4). No Local 2, verifica-se menor porcentagem de famílias coincidentes, com valores variando de 40 a 70% de coincidências entre sucesso de desova e desovas múltiplas e entre sucesso de desova e frequência de desovas respectivamente.

Verificou-se forte associação dos valores genéticos entre as características reprodutivas, com valores de correlação de Spearman superiores a 0,71 com exceção da correlação entre sucesso de desova e desovas múltiplas no Local 2, que apresentaram correlação de 0,595.

Para a característica frequência de desovas, ficou evidente que as famílias avaliadas no Local 3, apresentaram valores genéticos superiores as avaliadas nos Locais 1 e 2. A maior amplitude de valores genéticos das dez melhores famílias foi observada no Local 3, para a frequência de desovas. O valor genético da família H1 correspondeu a -0,044 desovas e a família J1, 3,454 desovas a mais que a média da população (Tabela 4).

4.4 Discussão

4.4.1 Herdabilidade

Nas espécies terrestres como bovinos (Azevêdo et al., 2006 e Boligon & Albuquerque, 2010), suínos (Fávero & Figueredo, 2009; Torres Filho et al., 2005) e aves (Martins, 2012) as características reprodutivas são altamente influenciadas pelos efeitos ambientais e conseqüentemente apresentam baixa herdabilidade. No entanto, quando se fala de melhoramento de espécies aquícolas, poucos são os

trabalhos que estimam os efeitos genéticos para tais características e mais escassos ainda quando se trata de tilápias do Nilo. De forma geral, têm se relatado valores de herdabilidade de média magnitude para as características reprodutivas. Em trabalhos com salmão do Pacífico (*Oncorhynchus kisutch*), Gall & Neira (2004) encontraram estimativas de herdabilidade variando de 0,24 a 0,33 para intervalo de dias da desova entre as gerações e comprimento do salmão no momento da desova, respectivamente. Em estudos com truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) realizados por Su et al. (1997), a baixa herdabilidade (0,09) foi verificada para peso da fêmea na desova.

As características sucesso de desova e desovas múltiplas apresentaram estimativas de herdabilidade de 0,14 e 0,16 respectivamente. Estes valores são próximos aos valores de 0,17 e 0,12 encontrados por Santos et al. (2011) e Yoshida et al. (2013a) respectivamente para peso a despesca de tilápias do Nilo avaliadas em tanques-redes no estado do Paraná e inferiores ao valor de 0,55 encontrado por Trong et al. (2013a) para peso a despesca, que são as características comumente utilizadas como critérios de seleção em programas de melhoramento genético de espécies aquícolas.

Em tilápias do Nilo, as estimativas de parâmetros genéticos de características reprodutivas são mais voltadas para as que precedem a desova, como peso de gônadas, índice gonadossomático, idade a maturidade sexual (Charo-Karisa et al., 2007) e maturidade sexual tardia (Kronert et al., 1989; Oldorf et al., 1989). Estimativas de herdabilidade de 0,18 e 0,57 foram obtidas para peso de gônada (Charo-Karisa et al., 2007) e estágio de maturidade sexual (Kronert et al., 1989; Oldorf et al., 1989) respectivamente.

Ao estudar a hipótese da seleção para crescimento estar acarretando no prolongamento de período para a obtenção das famílias em programas de melhoramento genético de tilápias do Nilo, Trong et al. (2013b) obtiveram estimativas de herdabilidade para sucesso de desova variando de 0,02 a 0,14 ao décimo segundo e vigésimo dia de avaliação respectivamente, coincidindo com a herdabilidade de 0,14 observado no presente trabalho.

A observação fenotípica de fêmeas que apresentaram desovas e desovas múltiplas não foi um bom indicativo do valor genético destes animais. A herdabilidade de média magnitude evidencia a grande variação devido aos efeitos ambientais, dificultando a seleção dos animais utilizando o fenótipo. No entanto, a característica

frequência de desovas, apresentou herdabilidade correspondendo a 0,53, indicando que o fenótipo é um bom indicativo do genótipo dos indivíduos e possibilitando a utilização desta característica como critério de seleção. A identificação do grupo de fêmeas que apresentam maior número de desovas pode ser também uma alternativa prática para melhorar o desempenho reprodutivo do plantel ao manter fêmeas que apresentam maior frequência de desovas.

No presente trabalho, o volume de ovos produzidos apresentou herdabilidade de 0,02, inferior ao valor de 0,30 encontrado por Gall & Huang (1988) em truta arco-íris. Em estimativas utilizando o procedimento REML, Su et al. (1997) observaram que 55% da variação do volume de ovos produzidos foram pelos efeitos genéticos em truta arco-íris. Os valores superiores de herdabilidade encontrados por ambos os autores ao comparar com o presente trabalho, pode ser explicado pelo fato da truta arco-íris apresentar desova síncrona (Scott, 1987; Tyler et al., 1990), ou seja, apresenta uma desova anual em que todos os oócitos são liberados em uma única vez, diferentemente da tilápia do Nilo que tem comportamento de desovas assíncronas (Coward & Bromage, 2000). A desova de tilápias pode ocorrer em intervalos inferiores a 21 dias (Campos-Mendoza et al., 2004; Ridha, 2010) e segundo relatado por Tsadik (2008) o aumento da frequência de desova acarreta na redução do número de ovos/desova, tornando a frequência de desovas uma fonte da variação para o volume de ovos produzidos.

Estimativas de parâmetros genéticos para características de fecundidade em tilápias do Nilo foram estimadas por Trong et al. (2013b), os valores de herdabilidade entre 0,05 e 0,08 corroboram com o encontrado para volume de ovos no presente trabalho. A grande variação por causa dos fatores ambientais e o reduzido número de informações coletados para a característica volume de ovos podem justificar a magnitude da herdabilidade estimada.

4.4.2 Repetibilidade

Anteriormente ao presente trabalho, poucos foram os estudos que estimaram a repetibilidade para características relacionadas com a reprodução de peixes. Aspbury & Basolo (2002) obtiveram alta repetibilidade (0,72) para escores de preferência das fêmeas por machos de maior tamanho na espécie ornamental *Heterandria formosa*. Sadler et al. (1992) observaram para o parâmetro data de desova (intervalo de desova entre as gerações) em truta arco-íris a repetibilidade de 0,50. Nos trabalhos citados, os

autores precisariam de número reduzido de observações para realizar a seleção de forma acurada, divergindo do observado para volume de ovos em tilápias do Nilo.

Recentemente Trong et al. (2013a) observaram baixa repetibilidade (0,04-0,17) para sucesso de desova em tilápias do Nilo. Para características de fecundidade, Trong et al. (2013b) encontraram repetibilidade máxima de 0,17. A repetibilidade expressa a proporção da variação devido aos efeitos ambientais permanentes e as diferenças genéticas entre os indivíduos, além de estabelecer o limite superior da herdabilidade para volume de ovos (Falconer & Mackay, 1996). Desta forma, o valor de 0,02 para herdabilidade e a repetibilidade de 0,28 para a característica volume de ovos indicam que o aumento de informações do mesmo indivíduo para este parâmetro irá reduzir a variância dos efeitos temporários de ambiente. A consequente redução da variância fenotípica irá aumentar a acurácia, possibilitando obtenção de 0,28 como valor máximo de herdabilidade (Pereira, 2008).

4.4.3 Porcentagem de famílias coincidentes, correlação de Spearman e valores genéticos para as dez melhores famílias

No Local 2, foram observadas famílias coincidentes em menor quantidade (40 - 70%). Tal situação pode ser decorrente ao maior número de famílias utilizadas, sendo assim a maior variabilidade genética pode ter acarretado na mudança de classificação das famílias para as características estudadas.

Os valores de correlação de Spearman indicam pequena alteração de posto entre as características sucesso de desova, desovas múltiplas e frequência de desovas, demonstrando que pode haver resposta correlacionada se elencada umas destas características como critério de seleção. A maior mudança de posto foi observada no Local 2, entre as características sucesso de desova e desovas múltiplas (0,595). Este valor pode ter sido resultado do reduzido número de fêmeas que apresentaram desovas múltiplas.

Famílias coincidentes, ranqueadas como as dez melhores a partir de seus valores genéticos, entre os locais de avaliação para as características sucesso de desova, desovas múltiplas e frequência de desovas, apresentadas nas Figuras 1, 2 e 3, evidenciam a superioridade genética destas famílias independentemente do local em que são avaliadas.

Em trabalhos objetivando realizar a seleção precoce de tilápias do Nilo cultivadas no estado do Paraná, Yoshida et al. (2013a) associaram o peso vivo e ganho

em peso diário total medidos ao longo do período de cultivo e obtiveram correlação de Spearman e porcentagem de coincidência das 29 melhores famílias, superiores a 0,76 e 75%, respectivamente. E, ao verificar a correlação de postos entre o ganho em peso diário total e as características morfométricas, Yoshida et al. (2013 b) observaram valores variando entre 0,63 e 1,00. Estes resultados demonstram que para as características de crescimento e morfométricas, observa-se também grupos de animais que apresentam desempenho superior.

A grande variação por causa dos efeitos genéticos e ambientais que influenciam na reprodução de tilápias são indicativos que ainda há muito que melhorar no desempenho dos reprodutores (Macaranas et al., 1997; Pullin & Lowe-McConnell, 1982) e apesar das características reprodutivas serem determinadas por vários genes (Puppin et al., 1991) os resultados obtidos no presente trabalho indicam que os efeitos genéticos aditivos podem ser explorados realizando a seleção dos melhores indivíduos.

4.5 Conclusões

As estimativas de média magnitude para herdabilidade indicam a obtenção de consideráveis ganhos genéticos se procedida a seleção utilizando as características reprodutivas como critério de seleção.

Referências

- Aspbury, A.S., Basolo, A.L., 2002. Repeatable female preferences, mating order and mating success in the *poeciliid* fish, *Heterandria formosa*. **Behavioral Ecology and Sociobiology** 51(3), 238-244.
- Azevêdo, D.M.M.R., Martins Filho, R., Lôbo, R.N.B., Malhado, C.H.M., Lôbo, R.B., Moura, A.D.A.A., Pimenta Filho, E.C., 2006. Desempenho reprodutivo de vacas Nelore no Norte e Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia** 35(3), 988-996.
- Boligon, A.A., Albuquerque, L.D., 2010. Correlações genéticas entre escores visuais e características reprodutivas em bovinos Nelore usando inferência bayesiana. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 45(12), 1412-1418.
- Campos-Mendoza, A., McAndrew, B.J., Coward, K., Bromage, N., 2004. Reproductive response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. **Aquaculture** 231(1), 299-314.

- Charo-Karisa, H., Bovenhuis, H., Rezk, M.A., Ponzoni, R.W., Van Arendonk, J.A., Komen, H., 2007. 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(1), 15-23.
- Charo-Karisa, H., Rezk, M.A., Bovenhuis, H., Komen, H., 2005. Heritability of cold tolerance in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, juveniles. **Aquaculture** 249(1), 115-123.
- Coward, K., Bromage, N.R., 2000. Reproductive physiology of female tilapia broodstock. **Reviews in Fish Biology and Fisheries** 10(1), 1-25.
- Cowles, M. K., Best, N., Vines, K. 1995. Convergence diagnostics and output analysis. MRC Biostatistics Unit, UK. Version 0.40.
- Falconer, D.S., Mackay, T.F.C., 1996. Introduction to Quantitative Genetics. Longman, Harlow-GB.
- FAO, 2000. Analysis of data collected in Luapula Province, Zambia by the Tropical Diseases Research Centre (TDRC) and the Food Health and Nutrition Information System (FHANIS). Project GCP/ZAM/052/BEL Improving Household Food and Nutrition Security in the Luapula Valley, Zambia. Rome, FAO.
- Fávero, J.A., Figueiredo, E.A.P., 2009. Evolução do melhoramento genético de suínos no Brasil. **Revista Ceres** 56(4), 420-427.
- Gall, G.A., Neira, R., 2004. Genetic analysis of female reproduction traits of farmed coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). **Aquaculture** 234(1), 143-154.
- Gall, G.A.E., Huang, N., 1988. Heritability and selection schemes for rainbow trout: female reproductive performance. **Aquaculture** 73, 57-66.
- Gjedrem, T., Baranski, M., 2009. Selective Breeding in Aquaculture: An Introduction. Springer, Heidelberg. 221 pp.
- Gjerde, B., Mengistu, S.B., Ødegård, J., Johansen, H., Altamirano, D.S., 2012. Quantitative genetics of body weight, fillet weight and fillet yield in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture** 342-343, 117-124.
- Gjedrem, T., Robinson, N., Rye, M., 2012. The importance of selective breeding in aquaculture to meet future demands for animal protein: A review. **Aquaculture** 350, 117-129.
- Hörstgen-Schwark, G., Langholz, H.J., 1998. Prospects of selecting for late maturity in tilapia (*Oreochromis niloticus*): III A selection experiment under laboratory conditions. **Aquaculture** 167(1), 123-133.
- Kronert, U., Hörstgen-Schwark, G., Langholz, H.J., 1989. Prospects of selecting for late maturity in tilapia (*Oreochromis niloticus*): I. Family studies under laboratory conditions. **Aquaculture** 77(2), 113-121.

- Macaranas, J.M., Mather, P.B., Lal, S.N., Vereivalu, T., Lagibalavu, M., Capra, M.F., 1997. Genotype and environment: a comparative evaluation of four tilapia stocks in Fiji. **Aquaculture** 150, 11–24.
- Mair, G.C., Lakapunrat, S., Jere, W.L., Bart, A., 2004. Comparisons of reproductive parameters among improved strains of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* L. In Proceeding of **the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture**, Manila, Philippines (ed. by R. Bolivar, G. Mair & K. Fitzsimmons), p. 142-156..
- Martins, L.S., Osório, M.T.M., Silveira, J.C., Osório, J.S.L., Esteves, R.M.G., Lehmen, R.I., Oliveira, L.V., 2012. Melhoramento genético de frangos de corte **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia** 6(18), Ed. 205, Art. 1371.
- Ministério Da Pesca E Aquicultura, 2010. Produção pesqueira e aquícola - Estatística 2008 e 2009. p. 12-17.
- Oldorf, W., Kronert, U., Balarin, J., Haller, R., Hörstgen-Schwark, G., Langholz, H.J., 1989. Prospects of selecting for late maturity in tilapia (*Oreochromis niloticus*): II. Strain comparisons under laboratory and field conditions. **Aquaculture** 77(2), 123-133.
- Pereira, J.C.C., 2008. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. FEPMVZ Editora, Belo Horizonte-MG.
- Pullin, R.S.V., Eknath, A.E., Gjerdem, B., Tayamen, M.M., Macaranas, J.M., Abella, T.A., 1991. **The genetic improvement of farmed tilapias GIFT project: the story so far**. NAGA, the ICLARM Quarterly, April, 3–6.
- Pullin, R.S.V., Lowe-McConnell, R.H., 1982. Eds. Consensus statement and research requirements, pp. 353–358. **In: The biology and culture of tilapias**, ICLARM Conference Proceedings 7, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, 432 pp.
- Quinton, C.D., Mcmillan, I., Glebe, B.D., 2005. Development of an Atlantic salmon (*Salmo salar*) genetic improvement program: Genetic parameters of harvest body weight and carcass quality traits estimated with animal models. **Aquaculture** 247(1), 211-217.
- Ridha, M.T., 2010. Spawning performance and seed production from hybridization between *Oreochromis spilurus* and the GIFT strain of the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture Research** 41(11), e723-e729.
- Rutten, M.J.M., Bovenhui, H., Komen, H., 2004. Modeling fillet traits based on body measurements in three Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture** 231, 113-122.
- Rye, M., Wang, Y.X., Yang, K.S., Bentsen, H.B., Gjedrem, T., 2011. Genetic improvement of tilapias in China: Genetic parameters and selection responses in

- growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after six generations of multi-trait selection for growth and fillet yield. **Aquaculture** 322, 51-64.
- Sadler, S.E., Mcleod, D., McKay, L.R., Moccia, R.D., 1992. Selection for early spawning and repeatability of spawn date in rainbow trout. **Aquaculture** 100(1), 103.
- Santos, A.I., Ribeiro, R.P., Vargas, L., Mora, F., Alexandre Filho, L., Fornari, D.C., Oliveira, S.N.D., 2011. Bayesian genetic parameters for body weight and survival of Nile tilapia farmed in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 46(1), 33-43.
- SAS Institute. **SAS/STAT software: changes and enhancements**. Cary: SAS Institute, 1992. (SAS technical report P-229, release 6.07).
- Scott, A.P., 1987. Reproductive endocrinology of fish. In: Chester-Jones C, Ingleton PM, Phillips JG, editors. **Fundamentals of Comparative Vertebrate Endocrinology**. New York: Plenum Press. pp 223–256.
- Su, G.S., Liljedahl, L.E., Gall, G.A., 1997. Genetic and environmental variation of female reproductive traits in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture** 154, 115–124.
- Su, G.S., Liljedahl, L.E., Gall, G.A., 2002. Genetic correlations between body weight at different ages and with reproductive traits in rainbow trout. **Aquaculture** 213(1), 85-94.
- Torres Filho, R.A., Torres, R.A., Lopes, P.S., Pereira, C.S., Euclides, R.F., Araújo, C.V., Breda, F.C., 2005. Estimativas de parâmetros genéticos para características reprodutivas de suínos; Genetic parameters estimates for reproductive traits in swine. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** 57(5), 684-689.
- Trọng, T.Q., Arendonk, J.A.M., Komen, K., 2013b. Genetic parameters for reproductive traits in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): I. Spawning success and time to spawn. **Aquaculture** 416-417, 57-64.
- Trọng, T.Q., Arendonk, J.A.M., Komen, K., 2013c. Genetic parameters for reproductive traits in female Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): II. Fecundity and fertility. **Aquaculture** 416-417, 72-77.
- Trọng, T.Q., Mulder, H.A., Van Arendonk, J.A., Komen, H., 2013a. Heritability and genotype by environment interaction estimates for harvest weight, growth rate, and shape of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) grown in river cage and VAC in Vietnam. **Aquaculture** 384, 119-127.
- Tsadik, G.G., 2008. Effects of maternal age on fecundity, spawning interval, and egg quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Journal of the World Aquaculture Society** 9(5), 671-677.

- Turra, E.M., Aparecida, D.A.O., Dourado, B.V., Alencar, E.T., Assis, Sp., Ramos, É.A., Almeida, M.S., 2012. Longitudinal genetic analyses of fillet traits in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture** 356, 381-390.
- Tyler, C.R., Sumpter, J.P., Witthames, P.R., 1990. The dynamics of oocyte growth during vitellogenesis in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Biology of Reproduction* 43:202–209.
- Van Tassell, C.P., Van Vleck, L.D., Gregory, K.E., 1998. Bayesian analysis of twinning and ovulation rates using a multiple-trait threshold model and Gibbs sampling. **Journal of Animal Science** 76(8), 2048-2061.
- Yoshida, G.M., Oliveira, C.A.L, Kunita, N.M., Oliveira, S.N., Filho, L.A., Resende, E.K., Lopera-Barrero, N.M., Ribeiro, R.P., 2013. Resposta a seleção de características de desempenho e morfométricas de tilápias-do-nilo ao longo do período de cultivo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 65(6), 1815-1822, 2013b.
- Yoshida, G.M., Oliveira, C.A.L, Oliveira, S.N., Kunita, N.M., Resende, E.K., Filho, L.A., Ribeiro, R.P., 2013. Associação entre características de desempenho de tilápia-do-nilo ao longo do período de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 48(8), 816-824, 2013a.

Tabela 1. Quantidade de fêmeas, proporção de macho e fêmeas e número de famílias por ano de avaliação de acordo com os locais em que se realizou a reprodução.

Local	Cidade	Fêmeas	Macho:Fêmeas	Famílias		
				2010	2011	2012
1	Maringá/PR	159	1:3	-	11	09
2	Maringá/PR	127	1:1	-	23	18
3	Alfenas/MG	165	1:2	15	09	-

Tabela 2. Estimativas dos valores de variância genética aditiva (σ_a^2), residual (σ_e^2), fenotípica (σ_p^2), herdabilidade (h^2) e seus respectivos intervalos de credibilidade para sucesso de desova, desovas múltiplas e número de desovas em tilápias do Nilo.

Características	σ_a^2	σ_e^2	σ_p^2	h^2
Sucesso de desova	0,0324 (0,007 - 0,08)	0,1939 (0,15 - 0,23)	0,2263 (0,20 - 0,26)	0,1416 (0,03 - 0,32)
Desovas múltiplas	0,0392 (0,01 - 0,08)	0,1965 (0,16 - 0,23)	0,2358 (0,21 - 0,27)	0,1651 (0,05 - 0,33)
Frequência de desovas	1,7925 (0,88 - 2,91)	1,5298 (0,89 - 2,17)	3,3224 (2,80 - 3,97)	0,5324 (0,29 - 0,76)

Tabela 3. Estimativas dos valores de variância genética aditiva (σ_a^2), variância ambiental permanente (σ_{pe}^2), fenotípica (σ_p^2), residual (σ_e^2), herdabilidade (h^2), ambiente permanente (Pe^2) e repetibilidade (r) para volume de ovos produzidos em tilápias do Nilo e seus respectivos intervalos de credibilidade (IC).

	VOLUME	IC	
		2,5%	97,5%
σ_a^2	0,8269	0,12	3,51
σ_{pe}^2	10,326	4,29	17,69
σ_e^2	27,864	22,19	34,79
σ_p^2	39,017	32,82	46,48
h^2	0,0211	0,003	0,09
Pe^2	0,2628	0,11	0,41
r	0,2858	0,14	0,43

Tabela 4. Correlação de Spearman (acima da diagonal) e porcentagem de coincidência das dez melhores famílias (abaixo da diagonal) entre os valores genéticos das características sucesso de desova (SD), desova múltipla (DM) e frequência de desova (FD) de tilápia do Nilo nos três diferentes locais de avaliação.

	LOCAL 1			LOCAL 2			LOCAL 3		
	SD	DM	FD	SD	DM	FD	SD	DM	FD
SD	-	0,774	0,817	-	0,595	0,822	-	0,819	0,813
DM	80	-	0,815	40	-	0,710	80	-	0,850
FD	80	80	-	70	50	-	80	80	-

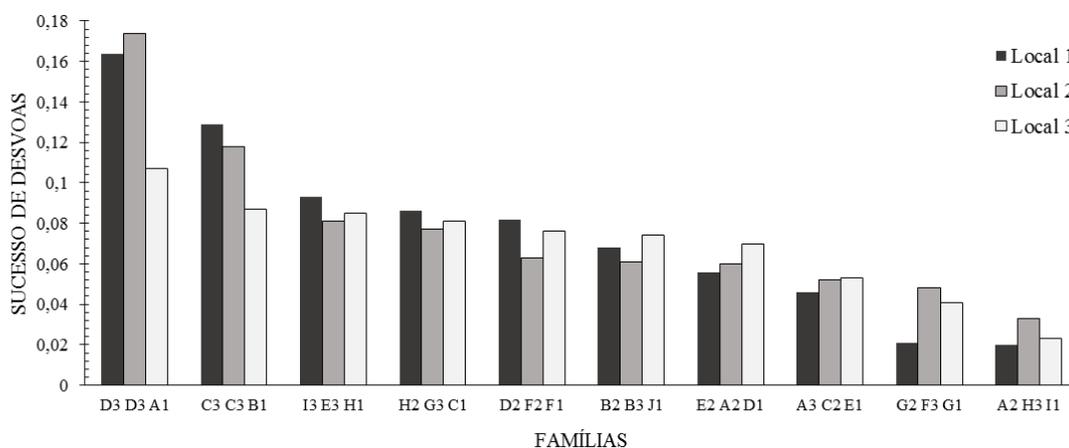


Figura 1. Valores genéticos (expressos em termos de *liability*) para a característica sucesso de desova das dez melhores famílias nos três locais de avaliação.

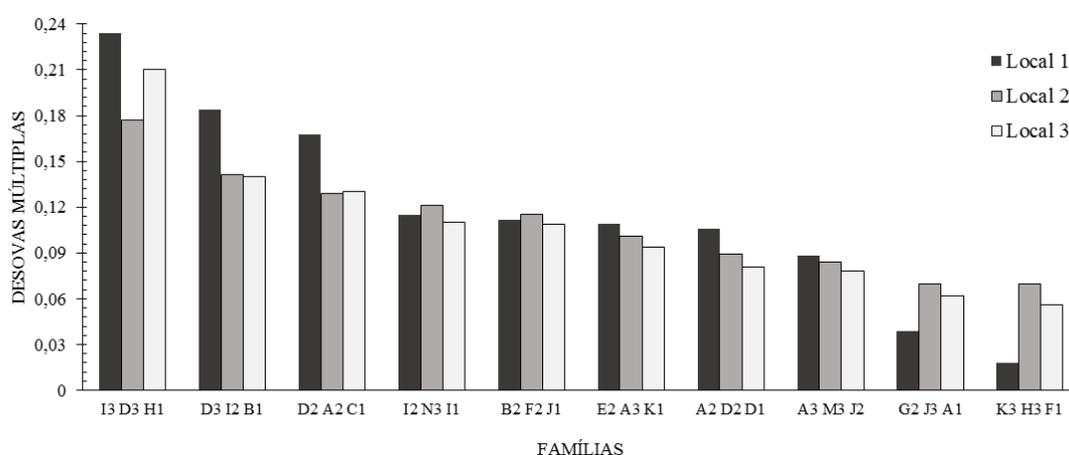


Figura 2. Valores genéticos (expressos em termos de *liability*) para a característica desovas múltiplas das dez melhores famílias nos três locais de avaliação.

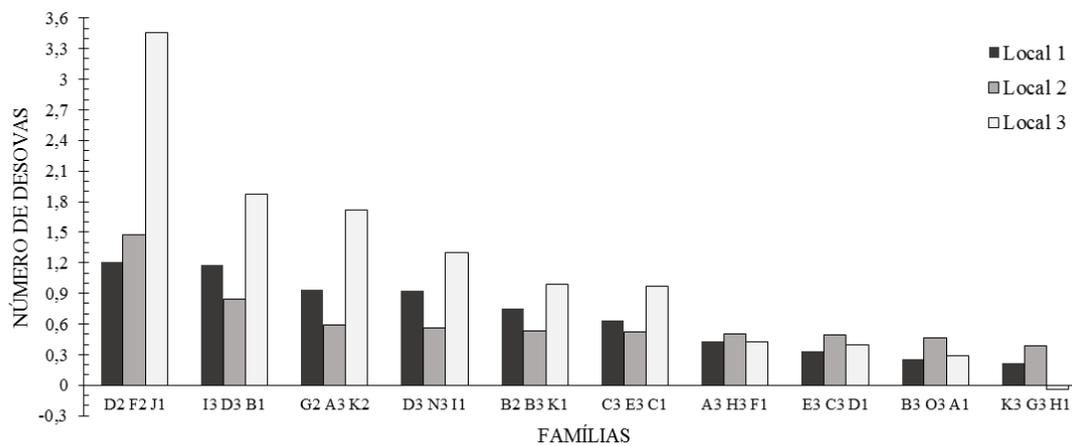


Figura 3. Valores genéticos para a característica frequência de desovas das dez melhores famílias nos três locais de avaliação.