

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS PESQUEIROS E**  
**ENGENHARIA DE PESCA**

**LUCIANA MARIA CURTY MACHADO**

*Avaliação Genética de Tilápias das Variedades GIFT e Saint Peter®*

Toledo  
2012

**LUCIANA MARIA CURTY MACHADO**

Avaliação Genética de Tilápias das Variedades GIFT e Saint Peter®

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Nilton Garcia Marengoni, *Ph.D.*

Toledo

2012

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária  
UNIOESTE/Campus de Toledo.  
Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

M149a Machado, Luciana Maria Curty  
Avaliação genética de tilápias das variedades GIFT e Saint Peter® / Luciana Maria Curty Machado. -- Toledo, PR : [s. n.], 2012  
76 f. : il., tabs., figs., p&b

Orientador: Prof. Nilton Garcia Marengoni Ph.D.  
Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Campus de Toledo. Centro de Engenharias e Ciências Exatas.

1. Piscicultura 2. Correlação genética e fenotípica - Peso e medidas morfométricas - Peixes 3. Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) – Interação genótipo-ambiente 4. Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) - Melhoramento genético 5. Tilápia do Nilo Variedade GIFT 6. Tilápia do Nilo - Variedade Saint Peter® 7. Morfometria (Variedades ) - Peixes - Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) I. Marengoni, Nilton Garcia, Orient. II. T

CDD 20. ed. 639.3758

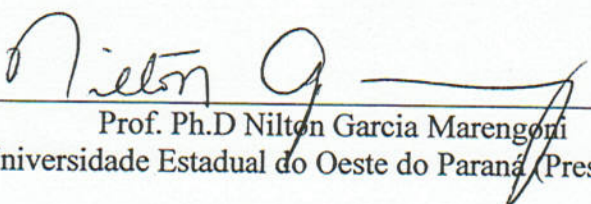
## FOLHA DE APROVAÇÃO

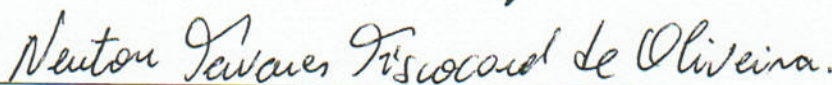
**LUCIANA MARIA CURTY MACHADO**


Avaliação Genética de Tilápias das Variedades GIFT e Saint Peter®

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

### COMISSÃO EXAMINADORA

  
Prof. Ph.D Nilton Garcia Marengoni  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Presidente)

  
Prof. Dr. Newton Tavares Escocard de Oliveira  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

  
Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro  
Universidade Estadual de Maringá

Aprovada em: 09 de novembro de 2012.

Local de defesa: auditório do GERPEL (Unioeste/Campus de Toledo).

*“Acredito que o pensamento positivo é capaz de milagres, que nada acontece por acaso e que nunca é tarde para recomeçar”.*

Charles Spencer Chaplin

Aos meus pais, familiares e amigos, pelo apoio e estímulo durante minha vida acadêmica e a todos que confiaram em minha capacidade e potencial como futura profissional no ramo da aquicultura,  
Dedico.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida! Por estar sempre presente na minha vida e tornar tudo isso possível.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao Prof. *Ph.D.* Nilton Garcia Marengoni, pela dedicada orientação, por ter compartilhado de seu nobre conhecimento em tempo integral para realização deste trabalho, pela grande paciência durante o tempo de convívio e pelo exemplo profissional.

Ao Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro por ter sido a ponte para início da realização do trabalho, realizando a parceria com a Universidade Estadual de Maringá e a Piscicultura Sgarbi.

Ao Prof. Dr. Carlos Antônio Lopes de Oliveira pela receptividade e pela ajuda nas tabulações dos dados, ensinamentos, sugestões para melhoria do trabalho, o meu muito obrigado.

Ao Prof. Dr. Raul W. Ponzoni, por ter sido acessível e pelas sugestões para o bom andamento do trabalho.

Ao Prof. Dr. Newton Tavares Escocard de Oliveira e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Regina Conceição Garcia pelas valiosas observações e sugestões para melhoria e qualidade do trabalho.

Aos Professores da Unioeste que de forma direta ou indireta fizeram parte da minha trajetória durante esta etapa da minha vida.

À Piscicultura Sgarbi, por ter me dado a oportunidade para realização do trabalho, em especial ao Proprietário Ari Sgarbi, pelos ensinamentos compartilhados e por sua experiência.

Às Estações Meteorológicas IAPAR e SIMEPAR pela disponibilidade dos dados de temperatura e precipitação durante o período avaliado.

Ao grupo de pesquisa do PeixeGen: Grazyella Massako Yoshida, Natali Miwa Kunita, Gabriel Soriani Rizzato e ao Vitor Moisés Honorato, pela ajuda na biometria e por conhecimentos compartilhados.

Às meninas do Grupo de Estudos em Tilapicultura (GET): Ana Paula Sartorio Chambo, Biachecci Danielli Conte, Daniele Menezes Albuquerque, Katiane Pimenta de Oliveira,

Marisa Maria Pletsch Schneider Vivian, Monique Wild Bayer e Tsiane Francielli Schmitt pelos conselhos, sugestões e incentivos.

Ao amigo Ilson Malh, pela ajuda com materiais disponibilizados, sempre se colocando a ajudar.

Ao amigo Vinícius Pimenta Sividanés pela ajuda no povoamento dos peixes em Palotina

Aos funcionários da Piscicultura Sgarbi: Antônio Carlos Peretti, Paulo César de Lima e Valdemar Mangueira, pela contribuição em grande parte para realização deste trabalho e por ter me proporcionado momentos de muita alegria, sem vocês tudo ficaria mais difícil.

Ao meu grande amigo Toniquinho (Antônio Carlos Peretti), por toda ajuda prestada durante o período da Pós-Graduação, pelo companherismo, conselhos, carinho e amizade, o meu muito obrigado.

Às amigas que indiretamente contribuíram para realização deste trabalho: Renata Gama da Silva e Ilzila de Souza Oliveira pelo amor, carinho, confiança, orações, pela amizade verdadeira e troca de experiências de vida.

Ao Thiago Zorzal Martins e toda sua família que fazem parte intensamente da minha vida, por todo amor, carinho, confiança, se colocando sempre a disposição em me ajudar no que fosse preciso.

Ao Prof. e amigo César Ademar Hermes, sua esposa Juliana Hoepers e Gabizinha, pelos imensos conselhos, estímulos, carinho e pela verdadeira amizade que construímos desde o período da graduação.

À toda minha família, que mesmo estando longe, sempre acreditou que este momento seria possível, por todo amor, carinho, amizade, incentivo e por toda torcida prestados a mim.

À minha irmã Simone Curty Machado por toda preocupação, carinho e amizade, com certeza você e Heitor serviram de inspiração para conclusão desta etapa.

À minha mãe Rosenir em especial, pela minha vida, por todo amor, valores, educação e pelo exemplo de luta e coragem perante as dificuldades, ensinando que a vida tem sempre algo a mais a nos ensinar e que vale a pena lutarmos por nossos sonhos.

A todos que não foram mencionados, mas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e fazem parte da minha vida.

Muito obrigada !



## RESUMO GERAL

Objetivou-se estimar os parâmetros genéticos para característica de ganho em peso diário (GPD) de diferentes famílias de tilápia do Nilo da variedade GIFT nas pisciculturas UEM/Codapar em Maringá e Sgarbi em Palotina, verificar a ocorrência de interação genótipo-ambiente e comparar as características morfométricas e o desempenho em cultivo monossexo macho de tilápia das variedades GIFT e Saint Peter<sup>®</sup> cultivadas em sistema misto na Estação da Piscicultura Sgarbi, Paraná, Brasil. O cultivo foi conduzido durante o período de junho a novembro de 2011, totalizando 160 dias. Na piscicultura Sgarbi foi utilizado o sistema semi-intensivo, sendo adotada a densidade de 2,0 peixes m<sup>-2</sup>. Foram alojados 480 peixes da variedade GIFT e 1400 peixes da variedade vermelha híbrida, totalizando 1880 animais, com peso médio individual de 15 g. A população GIFT avaliada consistiu de 720 peixes, distribuída em 19 famílias. Foram utilizadas informações de pedigree completo, desde sua introdução no Brasil. Para o teste de desempenho, dois grupos de peixes previamente identificados, o primeiro com 240 e o segundo com 480 espécimes, foram alojados em viveiros nas pisciculturas UEM/Codapar e Sgarbi, respectivamente em Maringá e Palotina. Distribuíram-se os peixes para que tivessem representantes de todas as famílias nos dois ambientes. Ao final do período de cultivo, as tilápias GIFT avaliadas em Maringá e Palotina apresentaram peso médio final de 417 g e 280 g, respectivamente. Os componentes de covariância e os parâmetros genéticos e fenotípicos foram estimados procedendo-se a inferência bayesiana, por meio do sistema computacional MTGSAM. Utilizou-se o Intervalo de Credibilidade (IC), ao nível de 5% de probabilidade, para determinação das diferenças dos parâmetros genéticos e componentes de variância nos locais de cultivo. A variância genética aditiva para o GPD apresentou valores de 0,113 e 0,045 e a variância residual foi de 0,036 e 0,024, respectivamente para Maringá e Palotina. A variância fenotípica estimada para o GPD em Maringá foi superior à de Palotina. A herdabilidade ( $h^2$ ) do GPD em Maringá ( $h^2 = 0,707$ ) e para Palotina ( $h^2 = 0,575$ ) foram consideradas altas, com amplos intervalos de credibilidade. As correlações genética e fenotípica para GPD em Maringá e Palotina apresentaram valores de 0,20 e 0,13, respectivamente. As estimativas da correlação de Spearman, com base nos valores genéticos, para o GPD individual (0,48) e GPD das famílias (0,59) foram significativas. As estimativas das correlações dos parâmetros avaliados na variedade GIFT indicam presença da interação genótipo-ambiente. Os ganhos em peso diário das tilápias nos

locais avaliados caracterizam-se como distintos, portanto podem ser influenciados por diferentes conjuntos de genes. Foram avaliados individualmente 190 e 102 tilápias machos, respectivamente, das variedades GIFT e Saint Peter<sup>®</sup> e os valores médios de peso final e ganho em peso diário entre os três grupos genéticos da variedade GIFT não apresentaram diferença significativas. Porém, todos os grupos da variedade GIFT apresentaram valores médios do desempenho e das características morfométricas superiores à variedade híbrida Saint Peter<sup>®</sup>. Houve diferença significativa apenas para a altura das tilápias da variedade GIFT do grupo superior em relação ao inferior. As características morfométricas e desempenho zootécnico são superiores para a variedade GIFT, independente do grupo genético, quando comparada à Saint Peter<sup>®</sup>, com exceção da relação comprimento da cabeça/comprimento padrão das tilápias avaliadas.

**Palavras-chave:** Interação Genótipo-ambiente. *Oreochromis* sp. Parâmetros Genéticos. Tilápia do Nilo. Tilápia Vermelha.

## ***GENERAL ABSTRACT***

The objectives were to evaluate the genetic parameters for the daily weight gain (GPD) of different families of Nile tilapia strain GIFT evaluated in fish farming at UEM/Codapar in Maringá and Sgarbi in Palotina, verify the occurrence of genotype-environment interaction and to compare the morphometric characteristics and performance of single sex populations of male tilapia strains GIFT<sup>®</sup> and Saint Peter reared in mixed system in Fish Culture Station of the Sgarbi, Paraná, Brazil. The cultivation was carried out during the period June to November 2011, totaling 160 days. The system used in the Fish Culture Station of the Sgarbi was a semi-intensive being adopted the density of 2.0 fish m<sup>-2</sup>. There were housed 480 fish of the GIFT strain and 1400 fish of the red hybrid, totaling 1880 animals, with an average weight of 15 g. The total GIFT population studied consisted of 720 fish, distributed in 19 families. There were used the complete pedigree information GIFT strain since its introduction in Brazil. For performance testing, two groups of fish previously identified with 240 and 480 specimens, were housed in fish farms ponds in Maringá and Palotina, respectively. The fish were distributed to have representatives of all families in both environments. After rearing period the fish assessed in Maringá and Palotina had a final weight average of 417 g and 280 g, respectively. The covariance components, genetic parameters and phenotypic were estimated proceeding to Bayesian inference, using the computer system MTGSAM. There were used the credibility interval (IC) at 5% probability to determine the differences of genetic parameters and variance components in the local culture. The additive genetic variance to the GPD showed values of 0.113 and 0.045 and the residual variance was 0.036 and 0.024, respectively for Maringá and Palotina. The phenotypic variance estimated for GPD in Maringá was higher than that Palotina. The heritability ( $h^2$ ) of the GPD in Maringá ( $h^2 = 0.707$ ) and Palotina ( $h^2=0.575$ ) were considered high with wide credibility intervals. The genetic correlations and phenotypic to the GPD in Maringá and Palotina had values of 0.20 and 0.13, respectively. The estimates of Spearman correlation, based on breeding values for the individual GPD (0.48) and GPD family (0.59) were significant. The estimates of the correlations of genetic parameters to GIFT strains indicate the presence of genotype-environment interaction. The daily weight gains of tilapia in local assessed are characterized as distinct, and may be influenced by different sets of genes. There were collected and individually assessed 190 and 102 tilapia males, respectively of the GIFT

and Saint Peter<sup>®</sup> strains. The average final weight and daily weight gain among the three genetic groups of the GIFT strain showed no significant differences. However all groups of GIFT strain showed average values of performance and morphometric characteristics superior to hybrid strain Saint Peter<sup>®</sup>. There was a significant difference only for the height of the GIFT strain of tilapia group higher than the bottom. The morphometric characteristics and growth performance are superior to the GIFT strain, regardless of genetic group, compared to Saint Peter<sup>®</sup>, except for the head length/standard length of tilapia evaluated.

**Keyword:** Genotype-environment Interaction. *Oreochromis* sp. Genetic Parameters. Nile Tilapia. Red Tilapia.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Análise de variância para a interação das fontes de variação para ganho em peso diário de tilápia do Nilo, da variedade GIFT, cultivadas em Maringá e Palotina.....	45
Tabela 3.2 - Estimativas unicaracter e bicaracter dos parâmetros genéticos, com intervalos de credibilidade, ao nível de 5% de significância, para ganho em peso diário de tilápia do Nilo, cultivadas em Maringá e Palotina.....	46
Tabela 3.3 - Estimativas dos valores médios (média $\pm$ desvio-padrão) do ganho em peso diário (g) das famílias de tilápia do Nilo, da variedade GIFT, avaliadas em Maringá e Palotina.....	48
Tabela 3.4 - Estimativas das correlações genética e fenotípica e seus respectivos intervalos de credibilidade (IC) para ganho em peso diário (GPD) de tilápia do Nilo, da variedade GIFT, cultivadas em Maringá e Palotina.....	49
Tabela 3.5 - Estimativa da correlação de Spearman com base nos valores genéticos para GPD individual e GPD das famílias de tilápia do Nilo, da variedade GIFT, cultivadas em Maringá e Palotina.....	51
Tabela 3.6 - Estimativas dos valores genéticos para GPD no <i>ranking</i> das famílias de tilápia do Nilo da variedade GIFT avaliadas em Maringá e Palotina.....	52
Tabela 4.1 - Composição química da ração comercial (Anhambí Alimentos) durante o cultivo de populações monossexo macho de tilápia das variedades GIFT e Saint Peter <sup>®</sup> .....	62
Tabela 4.2 - Valores médios, desvios-padrão e coeficiente de variação (CV) do desempenho zootécnico das variedades GIFT e Saint Peter <sup>®</sup> avaliadas em viveiro na região Oeste do Paraná.....	67
Tabela 4.3 - Valores médios, desvios-padrão e coeficiente de variação (CV) das medidas morfométricas da variedade GIFT e Saint Peter <sup>®</sup> avaliadas em viveiro na região Oeste do Paraná.....	69

Tabela 4.4 - Valores médios, desvios-padrão de desempenho zootécnico e coeficiente de variação (CV) dos grupos genéticos da variedade GIFT comparada à Saint Peter® avaliadas em viveiro na região Oeste do Paraná.....	70
Tabela 4.5 - Valores médios, desvios-padrão de características morfométricas e coeficiente de variação (CV) dos grupos genéticos da variedade GIFT comparada à Saint Peter® avaliadas em viveiro na região Oeste do Paraná.....	71

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 4.1 - Características mensuradas no programa de melhoramento genético de tilápia do Nilo da variedade GIFT da Universidade Estadual de Maringá (UEM)..... 63
- Figura 4.2 - Valores médios da temperatura ambiente e pH (a), precipitação e transparência (b), alcalinidade e dureza (c), amônia total e nitrito (d) e temperatura da água (e), no período de junho a novembro de 2011, totalizando 160 dias de cultivo..... 66

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	Referências.....	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1	O gênero <i>Oreochromis</i> .....	18
2.1.1	Variedades de tilápia.....	19
2.1.2	Índices zootécnicos e morfométricos.....	21
2.2	Melhoramento Genético em Peixes.....	22
2.2.1	Melhoramento genético de tilápias no Brasil.....	23
2.2.2	Parâmetros genéticos.....	25
2.2.3	Interação genótipo-ambiente (GxA).....	27
2.3	Referências.....	28
3	PARÂMETROS GENÉTICOS E INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE PARA GANHO EM PESO DIÁRIO DE TILÁPIA DO NILO DA VARIEDADE GIFT EM DUAS PISCICULTURAS NO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL.....	35
3.1	Resumo.....	35
3.2	Abstract.....	36
3.3	Introdução.....	37
3.4	Material e Métodos.....	39
3.4.1	Conjunto de dados.....	39
3.4.2	Ambientes e manejo de cultivo das famílias de tilápia.....	40
3.4.3	Despesca e dados avaliados.....	41
3.4.4	Análise de dados.....	42
3.4.5	Estimativas dos parâmetros genéticos.....	42
3.4.6	Estimativa da correlação de Spearman e <i>ranking</i> das famílias.....	45
3.5	Resultados e Discussão.....	45
3.5.1	Análise de variância.....	45
3.5.2	Estimativas descritivas dos parâmetros genéticos.....	46
3.5.3	Estimativas das correlações genética e fenotípica e de Spearman.....	49
3.5.4	Estimativa do <i>ranking</i> das famílias.....	51
3.6	Conclusões.....	52
3.7	Referências.....	53
4	CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS E DESEMPENHO DE MONOSSEXO MACHO DE TILÁPIA DAS VARIEDADES GIFT E SAINT PETER®.....	56
4.1	Resumo.....	56
4.2	Abstract.....	57
4.3	Introdução.....	58
4.4	Material e Métodos.....	60
4.4.1	Local do cultivo.....	60
4.4.2	Variedades avaliadas.....	60
4.4.3	Unidades de cultivo e manejo.....	61
4.4.4	Variáveis físicas e químicas da água e condições ambientais.....	61
4.4.5	Manejo de arraçoamento.....	62
4.4.6	Despesca e dados avaliados.....	62



4.4.7 Análises estatísticas.....	64
4.5 Resultados e Discussão.....	65
4.5.1 Parâmetros físicos e químicos da água.....	65
4.5.2 Parâmetros de desempenho.....	66
4.5.3 Parâmetros morfométricos.....	68
4.5.4 Desempenho dos grupos genéticos da variedade GIFT e da Saint Peter®.....	69
4.6 Conclusões.....	71
4.7 Referências.....	72
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76

## 1 INTRODUÇÃO

O consumo mundial de peixe tem aumentado significativamente nas últimas décadas. Pesquisas que apontam elevada qualidade nutricional dos produtos de peixe, juntamente com os programas de melhoramento genético, contribuíram para a elevação mundial da ingestão de pescado e seus derivados (FAO, 2012).

Dentre os peixes produzidos mundialmente, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) tem sido considerada uma das prediletas pelos consumidores, principalmente nos países desenvolvidos, pois apresenta características específicas (EL-SAYED (2006). A utilização de técnicas adequadas e um bom conhecimento do manejo, nutrição, reprodução e programas de melhoramento genético eficiente, tornam-se imprescindíveis para alcançar os índices zootécnicos desejáveis, obtenção de uma maior produtividade e conseqüentemente, uma crescente na atividade da tilapicultura (PONZONI et al., 2011).

Segundo GRANDA e AGUIRRE (2007) os programas de melhoramento genético necessitam de constante acompanhamento das características de importância econômica de cada variedade, no sentido de estabelecer os critérios de seleção para garantir a renovação dos plantéis com animais de potencial genético superior. A avaliação genética dentro de uma população é um indicador crítico de viabilidade em longo prazo da população, conservação e valor comercial. Esta fornece um mecanismo pelo qual as populações podem adaptar-se às flutuações ambientais e desafios, no qual os programas de melhoramento podem progredir e serem mantidos ao longo do tempo (LIND et al., 2012; DA-YONG MA et al., 2012).

Torna-se necessário o estudo e conhecimento das correlações genéticas e fenotípicas, entre outros parâmetros genéticos para obtenção de resultados satisfatórios (GJERDE et al., 2012), bem como, a avaliação da interação genótipo-ambiente no melhoramento genético em tilápias (PONZONI et al., 2011; KHAW et al., 2012). Outro fator de grande importância são os estudos a respeito do desempenho zootécnico e das medidas morfométricas, que também podem ser utilizados como critério de seleção em programas de melhoramento genético em peixes (FÜLBER et al., 2010; PIRES et al., 2011).

O presente trabalho teve como objetivos avaliar os parâmetros genéticos para ganho em peso diário (GPD) de diferentes famílias de tilápia do Nilo da variedade GIFT nas pisciculturas UEM/Codapar em Maringá e Sgarbi em Palotina, e comparar as características morfométricas e o desempenho de cultivo monossexo macho de tilápia

das variedades GIFT e Saint Peter<sup>®</sup> cultivadas em sistema misto na Estação da Piscicultura Sgarbi, Paraná, Brasil.

### 1.1 Referências

- DA-YONG MA, J.T.; RYE, M.; WANG, Y-X.; BENTSEN, H.B.; GJEDREM, T. Genetic improvement of tilapias in China: Genetic parameters and selection responses in fillet traits of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after six generations of multi-trait selection for growth and fillet yield. **Aquaculture**, v. 366-367, p. 67-75, 2012.
- EL-SAYED, A.F.M. **Tilapia culture**. London: CABI publishing, 2006. 277p.
- FAO-FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of World fisheries and aquaculture 2012**. Fisheries and Aquaculture Department. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/statistics>. Acesso em 28/09/2012.
- FÜLBER, V.M.; RIBEIRO, R.P.; VARGAS, L.D.; BRACCINI, G.L.; MARENGONI, N.G.; GODOY, L.C.de. Desempenho produtivo de três linhagens de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com dois níveis de proteína. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 1, p. 77-83, 2010.
- GRANDA, M.N.M.; AGUIRRE, M.C.B. La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) uma espécie potencial para El mejoramiento genético. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, v. 20, p. 1, 2007.
- GJERDE, B.; MENGISTU, S.B.; ØDEGÅRD, J.; JOHANSEN, H.; ALTAMIRANO, D.S. Quantitative genetics of body weight, fillet weight and fillet yield in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 342-343, p. 117-124, 2012.
- KHAW, H.L.; PONZONI, R.W.; HAMZAH, A.; ABU-BAKAR, K.R.; BIJMA, P. Genotype by production environment interaction in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 326-329, p. 53-60, 2012.
- LIND, C.E.; PONZONI, R.W.; NGUYEN, N.H.; KHAW, H.L. Selective breeding in fish and conservation of genetic resources for aquaculture. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 47, suppl. 4, p. 255-263, 2012.
- PIRES, A.V.; PEDREIRA, M.M; PEREIRA, I.G.; JÚNIOR, A. da F.; ARAÚJO, C.V.; SILVA, L. H. da S. Predição do rendimento e do peso do filé da tilápia-do-Nilo. **ActaScientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 3, p. 315-319, 2011.
- PONZONI, R.W.; NGUYEN, H.N.; KHAW, H.L.; HAMZAH, A.; ABU-BAKAR, K.R.; YEE, H.Y. Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to the work conducted by the WorldFish Center with the GIFT strain. **Reviews in Aquaculture**, v. 3, p. 27-41, 2011.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O gênero *Oreochromis*

Segundo dados da FAO (2012), a aquicultura segue crescendo mais rapidamente que qualquer outro setor de produção de origem animal e a piscicultura é uma das cadeias produtiva que mais se destaca.

A despeito de haver várias espécies de peixes nativos que apresentam crescente potencial para a atividade da piscicultura, as espécies introduzidas no Brasil mostram uma grande vantagem sobre as autóctones no que diz respeito ao conhecimento técnico disponível, tanto no campo da biologia, quanto no da piscicultura propriamente dita (VALENTIN, 2007).

Dentre as espécies exóticas encontradas no Brasil, a tilápia merece destaque, pois, atualmente sua criação encontra-se amplamente distribuída em vários continentes (OSTRENSKY et al., 2008). É uma espécie nativa da África (FITZSIMMONS, 2000), que foi introduzida no Brasil, em 1971, no Ceará, pelo Departamento de Obras Contra a Seca (DNOCS), procedente da Costa do Marfim (SILVA, 2009).

As tilápias constituem-se o segundo grupo de peixes de maior importância na aquicultura mundial (LOVSHIN, 1998), sendo superadas em produção apenas pelas carpas (EL-SAYED, 2006; FAO 2012). Estas foram agrupadas na década de 80 em três gêneros principais, de acordo com suas características reprodutivas: 1) o gênero *Oreochromis*, no qual as fêmeas realizam a incubação oral dos ovos e oferecem proteção às pós-larvas, denominado de cuidado parental; 2) o gênero *Sarotherodon*, no qual o macho ou o casal realiza a incubação dos ovos e oferece também o cuidado parental e 3) o gênero *Tilapia*, o qual engloba espécies que desovam em substratos e geralmente não realizam a incubação oral dos ovos e a proteção das pós-larvas na boca (EL-SAYED, 2006).

Segundo POPMA; LOVSHIN, 1996, desses três gêneros, o que conquistou destaque na aquicultura mundial foi o gênero *Oreochromis*, ressaltando quatro espécies mais cultivadas: *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo), *Oreochromis mossambicus* (tilápia de Moçambique), *Oreochromis aureus* (tilápia Áurea) e a *Oreochromis urolepis hornorum* (tilápia de Zanzibar).

Nativa de diversos países africanos, da Bacia do Nilo, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é a espécie mais cultivada mundialmente (EL-SAYED, 2006),

tornando-se a segunda fonte alimentar em peixe de água doce (MORRISON et al., 2001) e devido às suas características biológicas e facilidade de adaptação pode ser cultivada nos sistemas extensivo, semi-intensivo e intensivo (SILVA, 2009). A espécie é típica de ambiente tropical, adaptando-se melhor em clima onde a temperatura varia entre 18 a 28°C (LUND; FIGUEIRA, 1989; CAMPOS-RAMOS et al., 2003), porém seu melhor desempenho é obtido com temperatura da água entre 26 a 28°C (EL-SAYED, 2006).

As expansões do cultivo da tilápia do Nilo em águas doces e estuarinas devem-se a grande capacidade adaptativa em condições de cultivo, além da fácil adaptação ao manejo empregado (VARGAS; RIBEIRO, 2009), especialmente em relação ao aspecto nutricional, apresentando um amplo espectro alimentar, com capacidade em utilizar uma grande variedade de alimentos (JORY, 2000; PIMENTA et al., 2011).

Além disso, apresenta ótimo desempenho, alta rusticidade, alta resistência a doenças (RIBEIRO, 1996), tolerância à baixa qualidade de água (POPMA e MASSER, 1999), alta prolificidade e facilidade de obtenção de alevinos, adaptabilidade aos mais diversos sistemas de criação, podendo ser aclimatada a altas concentrações de salinidade (PASSOS NETO et al., 2008), grande aceitação no mercado de lazer (pesque-pague) e alimentício (frigoríficos), pelas qualidades nutritivas e organolépticas do seu filé, alta aceitação pelo mercado consumidor (MEURER et al., 2000; MEURER, 2002) e principalmente pela excelente textura e sabor de sua carne e ausência de espinhos intramusculares (LIMA et al., 2000).

A tilapicultura está em grande expansão no Brasil devido ao grande retorno econômico da atividade, e pode ser considerada uma *commodity*, inclusive, sendo responsável por inserir o Brasil no grande mercado mundial dos exportadores de pescado cultivado.

### **2.1.1 Variedades de tilápias**

O avanço na tilapicultura proporcionou uma maior demanda por variedades com melhor desempenho, aliado à adaptação ao ambiente de cultivo que atenda as exigências e perspectivas dos mercados consumidores, tanto para a industrialização, quanto para a pesca esportiva (WAGNER et al., 2004).

Diversas variedades de tilápias podem ser cultivadas, com destaque para as de coloração cinza e vermelhas. A maior parte das tilápias que apresentam cor cinza tem

como base genética a *Oreochromis niloticus*. Dentre as variedades comerciais de tilápia no Brasil, destacam-se Bouaké, Tailandesa ou Chitralada, Supreme e GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilapia*). A Bouaké foi a primeira variedade de tilápia do Nilo introduzida oficialmente em Pentecostes, Ceará, Brasil, em 1971, proveniente da Costa do Marfim, predominando nos cultivos comerciais brasileiros até o final dos anos 90 (SILVA, 2009; MASSAGO et al., 2010).

A segunda importação de tilápia foi a Chitralada desenvolvida no Japão e melhorada no Palácio Real de Chitral na Tailândia, sendo intensamente domesticada, há mais de trinta anos. A introdução desta variedade no Brasil ocorreu em 1996 em Assis Chateaubriandt e Rolândia, ambos no Estado do Paraná, a partir de um lote de 20.800 juvenis doados pelo *Asian Institute of Technology* da Tailândia (MARENGONI et al., 2008). Em 2002 foi introduzida a Supreme - variedade GST (*GenoMar Supreme Tilapia*) pela Piscicultura Aquabel, vinda da empresa Genomar, a qual desde 1999 vem desenvolvendo um programa de melhoramento genético nessa variedade e difundindo-a para diversos países (CYRINO et al., 2004).

A variedade GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilapia*), foi importada para o Brasil em 2005 pelo Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá (UEM), com financiamento da Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca (SEAP-PR) e o apoio do Instituto de Tecnologia Agropecuária de Maringá (MASSAGO et al., 2010). A partir do convênio formado pela UEM e o *WorldFisch Center* na Malásia, foram introduzidas 30 famílias da tilápia GIFT, com aproximadamente 20 indivíduos por família, iniciando assim, o programa de melhoramento genético em Maringá, Paraná. Desta forma, estabeleceu um núcleo de melhoramento desta variedade adaptado às condições brasileiras de cultivo (SANTOS, 2009).

Apesar de não melhoradas geneticamente, outro grupo que se destacou devido ao grande progresso da tilapicultura foram as tilápias vermelhas, também conhecidas como Saint Peter<sup>®</sup>, Red Koina, entre outras. Trata-se de uma variedade mutante do gênero *Oreochromis*, denominada de “híbrido” e bastante apreciada tanto por produtores quanto por consumidores. As tilápias vermelhas são resultantes dos cruzamentos entre três espécies, a *O. niloticus*, *O. mossambicus* e *O. aureus* (CARMO et al., 2008).

### 2.1.2 Índices zootécnicos e morfométricos

A obtenção dos índices de desempenho zootécnico tem como objetivo, auxiliar o aquicultor no controle do cultivo, sendo que as informações obtidas pelos índices zootécnicos sirvam de subsídios no momento de decisão no decorrer do cultivo, a fim de minimizar os custos de produção, aperfeiçoar a utilização de maneira sustentável dos recursos tecnológicos e hídricos, objetivando maximizar a produção, para que a atividade seja economicamente viável (TENÓRIO et al., 2012).

Os principais índices zootécnicos avaliados são densidade de estocagem, peso inicial e final, biomassa inicial e final, ganho em biomassa, sobrevivência, taxa de crescimento médio e específico, ganho em peso diário, conversão alimentar, produção média diária, estimativa da biomassa crítica e capacidade de suporte (PROENÇA; BITTENCOURT, 1994).

Segundo POGGERE (2009), os índices zootécnicos possuem influência direta na qualidade do ambiente de cultivo, sendo determinantes para o bom desempenho das espécies piscícolas submetidas ao confinamento, pois quando superestimadas, mal calculadas ou erroneamente interpretadas, deterioram a qualidade do ambiente, prejudicando a produção. Além disso, para a obtenção de índices zootécnicos satisfatórios é necessário que se tenha condições adequadas dos recursos hídricos, tecnológicos, nutricionais e físicos disponíveis para o cultivo.

Entre os estudos realizados para avaliar os índices zootécnicos, pode-se citar MARENGONI et al. (2010), MASSAGO et al. (2010), MAINARDES PINTO et al. (2011) e TENÓRIO et al. (2012), todos avaliaram diferentes variedades de tilápias, objetivando comparar o desempenho zootécnico.

Outro fator de extrema importância são as características morfométricas avaliadas de cada animal. Alguns autores como HUANG e LIAO (1990) relataram que o mais importante índice a ser trabalhado em um programa de melhoramento genético é o crescimento dos peixes, que tem como um dos componentes, o formato do corpo, expresso por índices morfométricos. A vantagem da utilização de índices morfométricos corporais para a obtenção de informações sobre as características de interesse produtivo, é a possibilidade das medidas serem efetuadas em animais vivos, permitindo a utilização de algumas delas como critério de seleção (RUTTEN et al., 2005).

Considerando que o critério de seleção pode ser diferente das características do objetivo de acasalamento (RIBEIRO; LEGAT, 2008), alguns autores como RUTTEN et

al. (2004) e NGUYEN et al. (2010) estudaram o impacto no peso e rendimento de filé utilizando o peso corporal e características morfométricas como critério de seleção em tilápia do Nilo.

## 2.2 Melhoramento genético em peixes

A piscicultura continental tem apresentado resultados positivos na última década, com incrementos de produção superiores às principais cadeias produtivas (OLIVEIRA et al., 2010). Isto significa que existem boas perspectivas de desenvolvimento nesta área, e grandes progressos serão conseguidos com a aplicação de metodologias de cruzamentos seletivos e de técnicas modernas voltadas para o melhoramento genético, objetivando aumentar a produtividade, e assim, garantir a utilização mais eficiente de alimentos e áreas de cultivo disponíveis (PONZONI et al., 2011).

O melhoramento genético em peixes iniciou-se na década de 70, com salmões e trutas (GJEDREM; BENTSEN, 1997) sendo o ganho genético obtido, similar aos de culturas tradicionais. Em seguida, deu-se início às espécies tropicais, como a tilápia e a carpa (PONZONI et al., 2007), no antigo ICLARM, atual *Worldfish Center* em 1990 na Malásia, sendo referência como método de seleção para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). O projeto de criação e seleção da variedade GIFT, iniciou-se nas Filipinas, com o apoio de Universidades e Institutos de vários países. O projeto terminou em 1998 após cinco gerações selecionadas (TAYAMEN, 2004). Como um dos parceiros do projeto, o *Worldfish Center* recebeu representantes das famílias da variedade GIFT para dar seguimento ao programa na Malásia.

O programa de melhoramento genético na Malásia continuou a seleção da variedade GIFT para peso vivo à despesca e para melhoria da taxa de crescimento (PONZONI et al., 2005), sob os cuidados do *Worldfish Center* e colaboração do Departamento da Pesca. A variedade está sendo divulgada na Malásia, para os órgãos governamentais, empresas privadas e para outros países asiáticos e latino-americanos (KHAW et al., 2012).

Experiências mostraram que em programas bem conduzidos de melhoramento genético, o ganho em peso pode proporcionar aumento de 15% por geração, sendo o intervalo de geração, o fator determinante nos incrementos anuais, ou seja, o período



gasto para as espécies alcançar a maturidade sexual (PONZONI et al., 2005; PONZONI et al., 2007).

Em meados do ano de 1998, os estoques de tilápia do Nilo enfrentaram problemas de deterioração genética, devido ao pequeno número de fundadores e efeitos gargalo sucessivos (EKNATH; HULATA, 2009). A partir deste período, a GIFT foi disseminada e tem mostrado impactos notáveis, aumentando a produção da tilapicultura que contribui significativamente para os países grandes produtores de tilápia do Nilo, representado por 80% da produção de tilápias na China, 75% na Tailândia e 40% nas Filipinas (PONZONI et al., 2010).

A China foi o principal exportador de filés de tilápia em 2010, respondendo por mais de 70% do fornecimento total de tilápia no mercado (FITZSIMMONS et al., 2011). No entanto, outros países estão aumentando sua produção da tilapicultura, tanto para o consumo local, quanto para a exportação. Desta forma, a maior concorrência aumenta a necessidade de reduzir os custos de produção e melhoria dos produtos de tilápia, visando aperfeiçoar os sistemas de produção e desenvolver variedades geneticamente melhoradas (DA-YONG MA et al., 2012).

### **2.2.1 Melhoramento genético de tilápias no Brasil**

Segundo SANTOS (2009), até meados do Século XX, não havia nenhum programa de melhoramento genético de peixes estruturado no Brasil que utilizasse métodos quantitativos consolidados, com controle individual de pedigree e avaliação genética por BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*). Como qualquer sistema de produção, a inexistência da prática do melhoramento genético em sistemas piscícolas, resulta em menor potencial produtivo (PONZONI et al., 2011).

Em 2005, a partir de um convênio formado pela Universidade Estadual de Maringá (UEM) e o *WorldFisch Center* (Malásia) iniciou-se o programa de melhoramento genético em Maringá, Paraná e o marco inicial efetivo do melhoramento genético de peixes no Brasil (OLIVEIRA et al., 2010).

Foram introduzidas no Brasil duas variedades resultantes de programas de melhoramento, a tilápia GenoMar Supreme (GST), produzida pela empresa Norueguesa “Genomar” e introduzida no Brasil pela piscicultura Aquabel e a tilápia GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilápia*) - originária da Malásia, desenvolvida inicialmente pelo ICLARM (*International Center for Living Aquatic Resources*

*Management*), atual *WorldFish Center*. A variedade GIFT foi desenvolvida a partir de 20 anos de seleção, onde foram envolvidas quatro variedades silvestres de tilápias capturadas em 1988-1989 no Egito, Gana, Quênia e Senegal, e quatro variedades confinadas, introduzidas nas Filipinas de 1979 a 1984, de Israel, Cingapura, Tailândia e Taiwan (BENTSEN et al., 1998).

O foco de seleção do programa de melhoramento genético de peixes em Maringá é a taxa de crescimento, medida a partir do ganho em peso médio diário. Porém, outras características, como medidas corporais e mortalidade, têm sido coletadas para incrementar o número de informações por animal (OLIVEIRA et al., 2009). Após quatro anos de acasalamentos, o programa vem apresentando resultados expressivos para características de interesse econômico. Houve aumento dos valores genéticos ao longo dos anos de seleção para as características de ganho em peso diário e peso vivo, com taxas anuais de  $0,0528 \text{ g dia}^{-1}$  e  $13,663 \text{ g período}^{-1}$  de cultivo. Com estes valores, os ganhos genéticos anuais são aproximadamente de 4% para ambas as características e ganhos genéticos acumulados da ordem de 15% (OLIVEIRA et al. (2011).

Dado a importância da tilápia do Nilo para produção brasileira de peixes de água doce, esta espécie foi incluída no projeto “Melhoramento de espécies aquícolas no Brasil”, componente da Rede Aquabrazil - Bases tecnológicas para o desenvolvimento sustentável da aquicultura no Brasil, que teve o intuito de promover o melhoramento genético de organismos aquáticos e disseminar animais geneticamente superiores para os produtores.

O investimento no programa de melhoramento genético de tilápias poderá apresentar resultados rapidamente, fornecendo informações técnicas e científicas, auxiliando o sistema produtivo, conduzindo a incrementos de produtividade, como os observados nas cadeias produtivas dos bovinos, suínos e aves, devido ao curto ciclo de produção, rápido crescimento, precocidade sexual e a facilidade de reprodução em cativeiro. No manejo reprodutivo destes animais deve ser evitado ao máximo à endogamia e permitir um maior ganho genético por geração (OLIVEIRA et al., 2011).

A escolha de uma espécie de peixe para implantação de um programa de melhoramento genético é dependente do domínio das técnicas de produção e reprodução, da adequação às condições específicas de produção e de ambiente e da demanda do mercado consumidor. O atendimento destes pré-requisitos poderá indicar uma espécie como potencial para implantação e estruturação de uma cadeia produtiva

específica e, conseqüentemente, o estabelecimento de um programa de melhoramento genético (PONZONI, 2011).

RIBEIRO e LEGAT (2009) citando PONZONI et al. (2005) relacionaram alguns aspectos para implantação e condução de um programa de melhoramento genético, que conduza a ganhos genéticos expressivos e duradouros, tais como: 1) descrição ou desenvolvimento do sistema de produção; 2) escolha da espécie, variedades e sistemas de cruzamento; 3) formulação do objetivo de seleção; 4) definição dos critérios de seleção; 5) delineamento do sistema de avaliação genética; 6) seleção dos animais e definição do sistema de acasalamento; 7) desenho do sistema para expansão e disseminação dos estoques melhorados e 8) monitoramento e comparação de programas alternativos.

Tendo em vista a grande variedade de sistemas em que são cultivadas as tilápias no Brasil, pesquisas têm sido realizadas para avaliar os parâmetros genéticos e a existência de interação genótipo-ambiente, permitindo a orientação de seleção de genótipos superiores para condições ambientais específicas (PONZONI et al., 2011; SANTOS et al. 2012).

### **2.2.2 Parâmetros genéticos**

Os métodos de seleção e o progresso genético dependem do conhecimento dos parâmetros genéticos como a herdabilidade e as correlações genéticas das populações. Há evidências de diferenças nestes parâmetros entre populações criadas em ambientes distintos (KOOTTS et al., 1994).

Segundo NOGUEIRA et al. (2003), os modelos lineares mistos são os mais utilizados na estimação dos componentes de (co)variância e parâmetros genéticos. A alta acurácia propiciada pelos modelos mistos deve-se ao fato de levarem em conta associações genéticas existentes entre os animais, em razão do parentesco entre eles, quantificadas por informações de pedigree. Isto é possível pela abordagem que considera os efeitos genéticos como tendo natureza aleatória. Estas predições são denominadas BLUP, pela designação de melhor predição linear não tendenciosa. A terminologia modelos mistos vem do fato de se reunir efeitos fixos e aleatórios em um único modelo. Os modelos mistos podem ser aplicados de forma eficiente por meio da inferência bayesiana (REZENDE et al., 2001).

Os métodos bayesianos foram introduzidos recentemente no melhoramento genético animal (SANTOS et al., 2011). Após sua introdução, estes vêm sendo cada vez mais utilizados para a estimação dos componentes de (co)variância, implementado por meio da amostragem de *Gibbs*. Esta abordagem é importante para avaliação genética porque considera a variabilidade existente dos parâmetros no modelo e nos valores de predição dos efeitos genéticos, que consiste em uma abordagem estatística que trata os parâmetros populacionais como variáveis aleatórias, permitindo obter intervalos de confiança ou intervalos de credibilidade (NOGUEIRA et al., 2003).

No melhoramento genético, a herdabilidade no sentido restrito indica o quanto da variabilidade fenotípica é de origem genética aditiva e fornece informações objetivas no processo de seleção genética (FALCONER et al., 1987). Outro parâmetro de grande importância na avaliação é a correlação genética, que mede o grau de associação ou similaridade entre duas características (RUTTEN et al., 2005). Em geral, a predição do valor genético dos animais e a identificação dos geneticamente superiores, dependem da correta estimação dos parâmetros genéticos (SANTOS et al., 2012).

Para que programas de conservação e produção de peixes apresentem resultados satisfatórios imediatos e de longo prazo, é necessário realizar o monitoramento genético das populações (LOPERA-BARRERO et al., 2009; 2010). Estudos demonstraram que a diminuição da variabilidade genética em estoques de pisciculturas ocorre principalmente por manejo reprodutivo inadequado (FROST et al., 2006), deficiência no número efetivo de reprodutores (AHO et al., 2006) e seleção não intencional. O resultado destas ações pode causar problemas de endogamia, adaptabilidade e sobrevivência das progênes (POVH et al., 2008). Além disso, a variabilidade genética é fundamental para qualquer programa de melhoramento genético (FALCONER, 1987).

SUKMANOMON et al. (2012) realizaram estudos na Tailândia, avaliando as alterações e a variabilidade genética de duas variedades de tilápia do Nilo, e constataram que a pureza e diferenciação genética da GIFT e Chitralada devem ser mantidas, pois estas variedades se adaptaram ao meio ambiente Tailandês, podendo apresentar características vantajosas que não tenham sido identificadas. Portanto, a manipulação de bons reprodutores deve ser praticada para evitar a perda da variação genética e no futuro ser uma valiosa fonte de recursos genéticos para outras ações e populações.

Portanto, a identificação do grau de variabilidade nos estoques de reprodutores é de grande importância para iniciar o melhoramento genético (LOPES et al., 2009), pois

o potencial evolutivo e do melhoramento depende da variabilidade genética (MELO et al., 2006). Assim, a correta identificação dos parâmetros genéticos pode servir como ferramenta para o estabelecimento de bases de seleção dos programas de melhoramento genético. Este aspecto pode ser utilizado para aumentar a variabilidade genética (JACOMETO et al., 2010).

### **2.2.3 Interação genótipo-ambiente (GxA)**

A atual competitividade do mercado e a busca pelo aumento da produtividade fazem com que cada vez mais os programas de melhoramento genético sejam utilizados como uma ferramenta poderosa e eficiente, a fim de alcançar ganho genético na direção desejada, pela seleção dos indivíduos considerados geneticamente superiores (CORRÊA et al., 2007).

Na aquicultura, os programas de melhoramento genético e seleção de organismos aquáticos acontecem em um núcleo que geralmente são mantidos em ambientes bem controlados, portanto, a produção comercial é realizada em vários sistemas de cultivo nem sempre controlada (viveiros, tanques-rede, *raceways*, hapas, entre outros). Esta diversidade de ambientes de produção pode resultar em Interação genótipo-ambiente (GxA). Neste contexto, a interação GxA descreve a situação em que diferentes genótipos não respondem da mesma maneira em diferentes ambientes, de modo que os efeitos genéticos e ambientais não são cumulativos (KHAW et al., 2012).

Estimativas confiáveis de parâmetros genéticos das populações locais são necessárias à adequada condução dos programas de melhoramento genético em cada região. Segundo CARDELLINO e ROVIRA (1987) existe interação GxA quando os efeitos de G e A não se combinam aditivamente. Um exemplo é quando a ordem de classificação dos indivíduos se modifica ao mudar o ambiente.

O fenótipo dos indivíduos é o resultado de seu genótipo, manifestado segundo o ambiente em que este indivíduo está exposto. Ambos, genótipo e ambiente, são importantes na expressão da maioria das características econômicas. Uma questão básica no melhoramento animal é se a seleção de indivíduos em determinado ambiente é válida para se atingir progresso genético em outro tipo de ambiente. A presença de interação GxA caracteriza-se por uma resposta diferenciada dos genótipos às variações ambientais, o que pode ocasionar alteração no ordenamento de performance dos genótipos nos diferentes ambientes (FALCONER; MACKAY, 1996).

Segundo CARDOSO et al. (2005), do ponto de vista da seleção, quando há interação GxA, implica que os animais identificados como melhorados em um determinado ambiente não serão necessariamente os de melhor desempenho, se transferidos para um ambiente diferenciado ou se sua progênie for criada em condições diferentes do ambiente no qual esses animais foram selecionados.

A interação pode também provocar alterações nas variâncias genéticas, fenotípicas e ambientais e, por conseguinte, resultar em mudanças nas estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos, implicando na possibilidade de mudanças nos critérios de seleção, dependendo do ambiente (ALENCAR et al., 2005). Portanto, é importante o estudo do comportamento produtivo dos animais, frente à possibilidade da existência de interação GxA.

A existência de produtores de tilápia na maior parte dos estados brasileiros, em diferentes situações climáticas, distintos hábitos de consumo e exigências de mercados consumidores, e variados sistemas de produção pode conduzir ao desenvolvimento de variedades específicas. A interação GxA leva ao gerenciamento de várias estações de avaliação do desempenho em tilápia espalhados pelo Brasil, com objetivo de produção de animais geneticamente superiores para as mais variadas condições de cultivo (OLIVEIRA et al., 2012).

### 2.3 Referências

- AHO, T.; RÖNN, J.; PIIRONEN, J.; BJÖRKLUND, M. Impacts of effective population size on genetic diversity in hatchery reared Brown trout (*Salmo trutta* L.) populations. **Aquaculture**, v. 253, p. 244-248, 2006.
- ALENCAR, M.M.; MASCIOLI, A.S.; FREITAS, A.R. Evidências de interação genótipo x ambiente sobre características de crescimento em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 489-495, 2005.
- BENTSEN, H.B.; EKNATH, A.E.; PALADA-DE-VERA, M.S. Genetic improvement of farmed tilapias: growth performance in a complete diallel cross experiment with eight strains of *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 160, n. 1, p. 145-173, 1998.
- CAMPOS-RAMOS, R.; HARVEY, S.C.; MCANDREW, B.J.; PENMAN, D.J. An investigation of sex determination in the Mozambique tilapia, *Oreochromis mossambicus*, using synaptonemal complex analysis, FISH, sex reversal and gynogenesis. **Aquaculture**, v. 221, p.125-140, 2003.
- CARDELLINO, R.A.; ROVIRA, J. **Mejoramiento genético animal**. Montevideo: Editora Agropecuária Hemisfério Sur, 1987. 253p.

- CARDOSO, F.F.; CAMPOS, L.T.; CARDELLINO, R.A. Caracterização de interação genótipo-ambiente no ganho pós desmama de bovinos Angus via normas de reação "1". In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. CD-ROM.
- CARMO, J.L.; FERREIRA, D.A.; SILVA JÚNIOR, R.F.; SANTOS, R.M.S.; CORREIA, E.S. Crescimento de três linhagens de tilápia sob cultivo semi-intensivo em viveiros. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 2, p. 20-26, 2008.
- CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004.
- CORRÊA, M.B.B.; DIONELLO, N.J.L.; CARDOSO, F.F. Efeito da interação genótipo-ambiente na avaliação genética de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 13, n. 2, p. 153-159, 2007.
- DA-YONG MA, J.T.; RYE, M.; WANG, Y-X.; BENTSEN, H.B.; GJEDREM, T. Genetic improvement of tilapias in China: Genetic parameters and selection responses in fillet traits of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after six generations of multi-trait selection for growth and fillet yield. **Aquaculture**, v. 366-367, p. 67-75, 2012.
- EKNATH, A.E.; HULATA, G. Use and exchange of genetic resources of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Reviews in Aquaculture**, v. 1, p. 197-213, 2009.
- EL-SAYED, A.F.M. **Tilapia culture**. London: CABI publishing, 2006. 277p.
- FALCONER, D.S. **Introdução a genética quantitativa**. Trad. Martinho de Almeida e Silva e José Carlos da Silva. Viçosa, Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1987, 279p.
- FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. **Introduction to quantitative genetics**. Harlow: Longman group Ltd., 1996. 464p.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of World fisheries and aquaculture 2012**. Fisheries and Aquaculture Department. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/statistics>. Acesso em 28/09/2012.
- FITZSIMMONS, K. Future trends of tilápia aquaculture in the Americas. (Costa Pierce, B. A. and J. E. Ratocy, Eds.). **World Aquaculture Society**, v. 2, p. 252-264, 2000.
- FROST, L.A.; EVANS, B.S.; JERRY, D.R. Loss of genetic diversity due to hatchery culture practices in barramundi (*Lates calcarifer*). **Aquaculture**, v. 261, p. 1056-1064, 2006.
- GJEDREM, H.M.; BENTSEN, H.B. Past, present, and future of genetic improvement in salmon aquaculture. **Journal of Marine Science**, v. 54, p. 1009-1014, 1997.

- HUANG, C.M.; LIAO, I.C. Response to mass selection for growth rate in *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 85, n. 1/4, p. 199-205, 1990.
- JACOMETO, C.B.; BARRERO, N.M.L.; RODRIGUEZ, M.D.P.; GOMES, P.C.; POVH, J.A.; JUNIOR, D.P.S.; VARGAS, L.; RESENDE, E.K.; RIBEIRO, R.P. Variabilidade genética em tambaquis (Teleostei: Characidae) de diferentes regiões do Brasil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 45, n. 5, p. 481-487, 2010.
- JORY, D.E. Mercado y comercialización de tilapia en los Estados Unidos de Norte América. **Panorama Acuicola**, v. 5, n. 5, p. 50-53, 2000.
- KHAW, H.L.; PONZONI, R.W.; HAMZAH, A.; ABU-BAKAR, K.R.; BIJMA, P. Genotype by production environment interaction in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 326-329, p. 53-60, 2012.
- KOOTS, K.R.; GIBSON, J.P.; WILTON, J.W. Analysis of published genetic parameters estimates for beef production traits. **Animal Breeding Abstract**, v. 62, n. 5, p. 309-338, 1994.
- LIMA, M.B.S.; PADUA, D.M.C.; SILVA, P.C. Farelo de milho (*Pennisetum americanum*) em substituição ao milho moído (*Zea mays*) em dietas para tilápia *Oreochromis niloticus*. In: INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA AQUACULTURE, 55., 2000, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro, v.1, p.120-124, 2000.
- LOPERA BARRERO, N.M.; RIBEIRO, R.P.; POVH, J.A.; VARGAS, L.; JACOMETO, C.B.; GOMES, P.C. Diversidad genética de lotes de *Piaractus mesopotamicus* usados em programas de repoblamiento y sus implicaciones en la conservación. **Agrociencia**, v. 43, p. 249-256, 2009.
- LOPERA-BARRERO, N.M.; VARGAS, L.; SIROL, R.N.; RIBEIRO, R.P.; POVH, J.A.; STREIT JUNIOR, D.P.; GOMES, P.C. Diversidad genética y contribución reproductiva de una progenie de *Brycon orbignyanus* en el sistema reproductivo seminatural, usando marcadores microsatélites. **Agrociencia**, v. 44, n. 2, 2010.
- LOPES, T.S.; STREIT JUNIOR, D.P.; RIBEIRO, R.P.; POVH, J.A.; LOPERA BARRERO, N.M.; VARGAS, L.; PINTO FILHO, C.; QUEIROZ, J.R. Diversidade genética de estoques de reprodutores de *Colossoma macropomum*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 728-735, 2009.
- LOVSHIN, L.L. **Red Tilapia or Nile tilapia: Which is the best culture fish?** In: Simpósio sobre Manejo e Nutrição de peixes, 1998. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, p. 179-198. 1998.
- LUND, V.X.; FIGUEIRA, M.L.O. **Criação de tilápias**. São Paulo: Livraria Nobel, 63p., 1989.
- MAINARDES PINTO, C.S.R.; PAIVA, P.; VERANI, J.R.; SCORVO FILHO, J.D.; SILVA, A.L. Desempenho produtivo da tilápia tailandesa e da tilápia vermelha da



Flórida estocadas em diferentes densidades, em tanques-rede instalados em viveiros. **Boletim do Instituto Pesca**, v. 37, n. 3, p. 225-234, 2011.

MARENGONI, N.G.; POSSAMAI, M.; GONÇALVES JÚNIOR, A.C.; OLIVEIRA, A. A.M.A. Performance e retenção de metais pesados em três linhagens de juvenis de tilápia-do-Nilo em hapas. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 3, p. 351-358, 2008.

MARENGONI, N.G.; ALBUQUERQUE, D.M.; MOTA, F.L.S.; PASSOS NETO, O.P.; SILVA NETO, A.A.; SILVA, A.I.M.; OGAWA, M. Desempenho e proporção sexual de tilápia vermelha sob à inclusão de probiótico em água mesohalina. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 227, p. 403-414, 2010.

MASSAGO, H.; CASTAGNOLLI, N.; MALHEIROS, E.B.; KOBERSTEIN, T.C.R.D.; SANTOS, M.A.; RIBEIRO, R.P. Crescimento de quatro linhagens de tilápia *Oreochromis niloticus*. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 4, p. 397-403, 2010.

MELO, D.C.; OLIVEIRA, D.A.A.; RIBEIRO, L.P.; TEIXEIRA, C.S.; SOUSA, A.B.; COELHO, E.G.A.; CREPALDI, D.V.; TEIXEIRA E.A. Caracterização genética de seis plantéis comerciais de tilápia (*Oreochromis*) utilizando marcadores microssatélites. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, p. 87-93, 2006.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; SOARES, C.M.; BOSCOLO, W.R. Utilização de levedura spray dried na alimentação de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.). **Acta Scientiarum**, v. 22, n. 2, p.479-484, 2000.

MEURER, F. **Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de alguns alimentos protéicos para juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) e efeito do processamento da ração durante a reversão sexual. 2002.** Tese (Mestrado) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, 2002.

MORRISON, C.M.; MIYAKE, T.; WRIGHT Jr., J. Histological study of the development of the embryo and early larva of *Oreochromis niloticus* (Pisces: cichlidae). **Journal of Morphology**, v. 247, p. 172-195, 2001.

NEUMANN, E. Características do desenvolvimento inicial de duas linhagens de tilápia *Oreochromis niloticus* e uma híbrida *Oreochromis* sp. **Dissertação de Mestrado** – Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 63p., 2004.

NGUYEN, N.H.; PONZONI, R.W.; ABU-BAKAR, K.R.; HAMZAH, A.; KHAW, H.L.; YEE, H.Y. Correlated response in fillet weight and yield to selection for increased harvest weight in genetically improved farmed tilapia (GIFT strain), *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 305, p. 1-5, 2010.

NOGUEIRA, D.A.; SÁFADI, THELMA.; BEARZOTI, E.; FILHO, J.S.S.B. Análises clássica e bayesiana de um modelo misto aplicado ao melhoramento animal: uma ilustração. **Ciências Agrotécnicas**, Edição Especial, p.1614-1624, 2003.

- OLIVEIRA, C.A.L. DE.; RIBEIRO, R.P.; SANTOS, A.I.; POVH, J.A. ; JUNIOR, D.S.; RESENDE, E.K. DE LEGAT, A.P. Melhoramento genético de peixes: aspectos relacionados à implantação e condução de programas de melhoramento genético de peixes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, 16., 2009, Natal. **Anais...** Natal: ABEP, 2009. CD-ROM.
- OLIVEIRA, C.A.L.; RESENDE, K.E.; LEGAT, A.P.; RIBEIRO, R.P. Melhoramento genético de peixes no Brasil, situação atual e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 20., 2010, Palmas. **Anais...** Palmas: ABZ, p. 237-249, 2010.
- OLIVEIRA, S.N.; RIBEIRO, R.P.; OLIVEIRA, A.C.L.; KUNITA, N.M.; YOSHIDA, G.M.; CASTRO, S.E. Estimativa de componentes de (co)variância e parâmetros genéticos para características de desempenho de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 8., 2010, Maringá. **Anais...** Maringá: SBMA, 2010. CD-ROM.
- OLIVEIRA, C.A.L.; REZENDE, E.K.; RIBEIRO, R.P. Melhoramento genético de tilápias - 5 anos da linhagem GIFT no Brasil. In: CONGRESSO PARANAENSE DE ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, 32., 2011, Maringá. **Anais...** Maringá: APEZ, 2011. CD-ROM.
- OLIVEIRA, C.A.L.; RIBEIRO, R.P.; STREIT JUNIOR, D.; POVH, J.A.; REZENDE, E.K. Melhoramento Genético de Peixes: uma realidade para a piscicultura brasileira. **Panorama da Aquicultura**, v. 22, n. 130, p. 38-47, 2012.
- OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, D. Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer. Brasília: SEAP. 2008. 276p.
- PASSOS NETO, O.; MARENGONI, N.G.; ALBUQUERQUE, D.M. Reprodução de tilápia vermelha, *Oreochromis sp.*, em diferentes salinidades. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 10., 2008, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABZ, 2008. CD-ROM.
- PIMENTA, C.J.; OLIVEIRA, M.M.; FERREIRA, L.O. Aproveitamento do resíduo do café na alimentação de tilápia do Nilo. **Archivos de Zootecnia**, v. 60, n. 231, p. 583-593, 2011.
- POGGERE, P.R. Avaliação do desempenho produtivo e rendimento de filé de três linhagens de tilápia (*Oreochromis niloticus*): Supreme, Chitralada e Bouaké. Dissertação de Mestrado em Zootecnia, Marechal Cândido Rondon, 61p., 2009.
- PONZONI, R.W.; HAMZAH, A.; TANA, A.S.; KAMARUZZAMANA, N. Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 246, p. 203-210, 2005.
- PONZONI, R.W.; NGUYEN, N.H; KHAW, H.L. Investment appraisal of genetic improvement programs in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 268, p. 187-199, 2007.

- PONZONI, R.W.; KHAW, H.L.; NGUYEN, N.H.; HAMZAH, A. Inbreeding and effective population size in the Malaysian nucleus of the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 302, p. 42-48, 2010.
- PONZONI, R.W.; NGUYEN, H.N.; KHAW, H.L.; HAMZAH, A.; ABU-BAKAR, K.R.; YEE, H.Y. Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to the work conducted by the WorldFish Center with the GIFT strain. **Reviews in Aquaculture**, v. 3, p. 27-41, 2011.
- POPMA, T. J.; LOVSHIN, L. **Worldwide prospects for commercial production of tilapia**. International Center for Aquaculture and Aquatic Environments. Research and Development, Auburn University, Alabama. Series n. 41, 23 p., 1996.
- POPMA, T.J.; MASSER, M. **Tilapia life story and biology**. SRAC Publication, Mississippi State University, n. 283, 1999.
- POVH, J.A.; LOPERA BARRERO, N.M.; RIBEIRO, R.P.; LUPCHINSKI JUNIOR, E.; GOMES, P.C.; LOPES, T.S. Importancia del monitoreo genético de programas de repoblamiento de peces mediante marcadores moleculares. **Ciencia e Investigación Agraria**, v. 35, p. 25-35, 2008.
- PROENÇA, C.E.M.; BITTENCOURT, P.R.L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: Ibama, 196p. p.115-141 e 164-166, 1994.
- REZENDE, M.D.V.; DUDA, L.L.; GUIMARÃES, P.R.B.; FERNANDES, J.S.C. Análise de modelos lineares mistos via inferência bayesiana. **Revista de Matemática e Estatística**, v. 19, p. 41-70, 2001.
- RIBEIRO, M.A.G. **Reversão sexual de tilápias**. Panorama da Aqüicultura, n. 37, p. 14-18. 1996.
- RIBEIRO, R.P.; LEGAT, A.P. **Delineamento de programas de melhoramento genético de espécies aquícolas no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2008. 25p.
- RUTTEN, M.J.M.; KOMEN, H.; BOVENHUIS, H. Modeling fillet traits based on body measurements in three Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture**, v. 231, p. 113-122, 2004.
- RUTTEN, M.J.M.; BOVENHUIS, H.; KOMEN, H. Genetic parameters for fillet traits and body measurements in tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) **Aquaculture**, Amsterdam, v. 246, n. 1/4, p. 125-132, 2005.
- SANTOS, A.I. Interação genótipo-ambiente e estimativas de parâmetros genéticos em tilápias. 2009. 82f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2009.
- SANTOS, A.I.; RIBEIRO, R.P.; VARGAS, L.; MORA, F.; FILHO, L.A.; FORNARI, D.C.; OLIVEIRA, S.N. Bayesian genetic parameters for body weight and survival

of Nile tilapia farmed in Brazil. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 46, n. 1, p. 33-43, 2011.

SANTOS, A.I.; NGUYEN, N.H.; PONZONI, R.W.; YEE, H.Y.; HAMZAH, A.; RIBEIRO, R.P. Growth and survival rate of three genetic groups fed 28% and 34% protein diets. **Aquaculture Research**, v. 43, p. 1-9, 2012.

SILVA, J.W.B. **Tilápias: biologia e cultivo. Evolução, situação atual e perspectivas da tilapicultura no Nordeste Brasileiro.** Fortaleza: Edições UFC, 2009. 326p.

SUKMANOMON, S.; KAMONRAT, W.; POOMPUANG, S.; NGUYEN, T.T.T. DE.; BARTLEY, D.M.; MAY, B.; NA-NAKORN, U. Genetic changes, intra- and inter specific introgression in farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Thailand. **Aquaculture**, v. 324-325, p. 44-54, 2012.

TAYAMEN, M.M., 2004. Nationwide dissemination of GET-EXCEL tilapia in the Philippines. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 6., 2004, Manila. **Proceedings...** Manila: AAT, p. 74-88, 2004.

TENÓRIO, I.V.; SOARES, M.C.F.; LOPES, J.P. Desempenho comparativo em tanques-rede de três linhagens da tilápia do Nilo – *Oreochromis niloticus*: comum, chitralada e mestiço. **Revista Biotemas**, v. 25, n. 1, p. 65-72, 2012.

VALENTIN, F.N. Efeito da idade das matrizes de tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* no desenvolvimento embrionário e larval. 2007. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

WAGNER, P.M.; RIBEIRO, R.P.; MOREIRA, H.L.M.; VARGAS, L.; POVH, J.A. Avaliação do desempenho produtivo de linhagens de tilápia-do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em diferentes fases de criação. **Acta Scientiarum Animal Science**, v. 26, n. 2, p. 187-196, 2004.

### 3 PARÂMETROS GENÉTICOS E INTERAÇÃO GENÓTIPO-AMBIENTE PARA GANHO EM PESO DIÁRIO DE TILÁPIA DO NILO DA VARIEDADE GIFT EM DUAS PISCICULTURAS NO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL

#### 3.1 Resumo

Objetivou-se estimar parâmetros genéticos e verificar a ocorrência de interação genótipo-ambiente para o ganho em peso diário (GPD) de diferentes famílias de tilápia do Nilo da variedade GIFT cultivadas nas pisciculturas UEM/Codapar em Maringá e Sgarbi em Palotina, Paraná, Brasil, no período de junho a novembro de 2011, totalizando 160 dias. A população total avaliada consistiu de 720 peixes, distribuída em 19 famílias. Foram utilizadas informações de pedigree completo da variedade GIFT, desde sua introdução no Brasil. Para o teste de desempenho, dois grupos de peixes com peso médio individual de 15 g, previamente identificados, o primeiro com 240 e o segundo com 480 espécimes, foram alojados em viveiros nas pisciculturas UEM/Codapar e Sgarbi. Ao final do período de cultivo, as tilápias avaliadas em Maringá e Palotina apresentaram peso médio final de 417 g e 280 g, respectivamente. Os componentes de covariância e os parâmetros genéticos e fenotípicos foram estimados procedendo-se a inferência bayesiana, por meio do sistema computacional MTGSAM. Utilizou-se o Intervalo de Credibilidade (IC), ao nível de 5% de probabilidade, para determinação das diferenças dos parâmetros genéticos e componentes de variância nos locais de cultivo. As correlações genética e fenotípica e a correlação de Spearman foram estimadas para verificar a ocorrência da interação genótipo-ambiente. A variância genética aditiva para o GPD apresentou valores de 0,113 e 0,045 e a variância residual foi de 0,036 e 0,024, respectivamente para Maringá e Palotina. A variância fenotípica estimada para o GPD em Maringá foi superior à de Palotina. A herdabilidade ( $h^2$ ) do GPD em Maringá ( $h^2 = 0,707$ ) e para Palotina ( $h^2=0,575$ ) foram consideradas altas, com amplos intervalos de credibilidade. As correlações genética e fenotípica para GPD em Maringá e Palotina apresentaram valores de 0,20 e 0,13, respectivamente. As estimativas da correlação de Spearman, com base nos valores genéticos, para o GPD individual (0,48) e GPD das famílias (0,59) foram significativas. As estimativas das correlações indicam a presença da interação genótipo-ambiente. Os ganhos em peso diário das tilápias nos locais avaliados caracterizam-se como distintos, portanto podem ser influenciados por diferentes conjuntos de genes.

**Palavras-chave:** Correlação Genética. Herdabilidade. Local, *Ranking* das Famílias de Tilápia. *Oreochromis niloticus*.

***THE GENETIC PARAMETERS AND GENOTYPE-ENVIRONMENT INTERACTION FOR DAILY WEIGHT GAIN OF NILE TILAPIA GIFT STRAIN IN TWO FISH FARMS IN PARANA STATE, BRAZIL***

***3.2 Abstract***

The objective was to estimate the genetic parameters and verify the occurrence of the genotype-environment interaction for the daily weight gain (GPD) of different families of Nile tilapia strain GIFT reared in fish farming at UEM/Codapar in Maringá and Sgarbi in Palotina, Paraná, Brazil, from June to November 2011, totaling 160 days. The total population studied consisted of 720 fish, distributed in 19 families. There were used the complete pedigree information GIFT strain since its introduction in Brazil. For performance testing, two groups of fish with individually initial weight of 15 g, previously identified with 240 and 480 specimens, were housed in fish farms ponds at UEM/Codapar and Sgarbi. After reared of culture the fish assessed in Maringá and Palotina had a final average of 417 g and 280 g, respectively. The covariance components and genetic and phenotypic parameters were estimated proceeding to Bayesian inference, using the computer system MTGSAM. There were used the credibility interval (IC) at 5% probability to determine the differences of the genetic parameters and variance components in the local of culture. The genetic and phenotypic correlations and correlation of Spearman were estimated to verify the occurrence of genotype-environment interaction. The additive genetic variance to the GPD showed values of 0.113 and 0.045 and the residual variance was 0.036 and 0.024, respectively for Maringá and Palotina. The phenotypic variance estimated for GPD in Maringá was higher than that Palotina. The heritability ( $h^2$ ) of the GPD in Maringá ( $h^2 = 0.707$ ) and Palotina ( $h^2 = 0.575$ ) were considered high with wide credibility intervals. The genetic and phenotypic correlations for GPD in Maringá and Palotina had values of 0.20 and 0.13, respectively. The estimates of Spearman correlation, based on breeding values for the individual GPD (0.48) and GPD family (0.59) were significant. The estimates of the correlations indicate the presence of genotype-environment interaction. The daily weight gains of tilapia in local assessed are characterized as distinct, and may be influenced by different sets of genes.

**Keyword:** Genetic Correlation. Heritability. Local. Ranking of Tilapia Families. *Oreochormis niloticus*.

### 3.3 Introdução

A intensificação da tilapicultura requer conscientização, principalmente no que se refere à variabilidade genética das espécies utilizadas. A falta de seleção adequada e o número escasso de animais para a reprodução podem levar a um quadro de endogamia, diminuindo acentuadamente a variabilidade genética dos descendentes.

Segundo PONZONI et al. (2007), na década de 1970, começou a ser aplicada mundialmente a seleção genética em peixes, iniciando-se com salmões (*Salmo salar*) e trutas (*Oncorhynchus* sp.) e mais recentemente em espécies tropicais como a tilápia (*Oreochromis niloticus*) e a carpa (*Cyprinus carpio*).

Os benefícios econômicos do melhoramento genético apoiam a participação de agências envolvidas com o futuro da aquicultura em longo prazo, e não somente em benefícios imediatos (PONZONI et al., 2011).

Segundo SANTOS et al. (2006), no Brasil, até 2005, não existiam programas bem estruturados de melhoramento genético de peixes, baseados em métodos quantitativos consolidados com controle individual de pedigree e com avaliação genética pelo método BLUP (Best Linear Unbiased Prediction). Esta necessidade levou a parceria entre a Universidade Estadual de Maringá (UEM) e o *Worldfish Center*, em 2005, que resultou na transferência de 30 famílias de tilápia do Nilo da variedade GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilapia*) iniciando assim o programa de melhoramento genético em Maringá, Paraná, Brasil (PONZONI et al., 2008).

Devido à grande variedade de sistemas em que as tilápias são cultivadas no Brasil é necessário estudo a respeito do desempenho e adaptabilidade da variedade e o controle genético das características nos ambientes almejados (SANTOS et al., 2012).

Segundo PONZONI et al. (2008), o principal desafio dos tilapicultores para melhorar a produtividade é a seleção de genótipos de interesse ou variedades específicas, devido a ampla variabilidade genética disponível nas populações de tilápia.

A seleção de variedades de tilápia que respondam bem a condições ambientais específicas é um aspecto importante para o crescimento da produtividade da tilapicultura no Brasil (WAGNER et al., 2004).

Dentre os parâmetros para estimativa da avaliação genética, a herdabilidade destaca-se como um dos mais importantes nos programas de melhoramento genético. A teoria de modelos lineares mistos tem sido aplicada na avaliação genética animal (GALL; BAKAR, 2002; SOLKNER et al., 2008). A predição do valor genético dos

animais e a identificação dependem da correta estimação dos parâmetros genéticos, que podem ser obtidos a partir das estimativas da variância genética aditiva ( $\sigma^2_a$ ), variância fenotípica ( $\sigma^2_p$ ) e variância residual ( $\sigma^2_e$ ).

BLASCO (2001), HENRYON et al. (2005) e SANTOS (2006) afirmaram que os modelos mistos podem ser aplicados de forma eficiente por meio da inferência bayesiana. A utilização deste modelo é justificada pelo aumento do poder de inferência sobre os parâmetros estimados (NOGUEIRA et al. 2003).

Segundo REZENDE et al. (2001), a análise Bayesiana de modelos lineares mistos baseia-se no conhecimento da distribuição a posteriori dos parâmetros a serem estimados, fato que possibilita a construção de intervalos de confiança exatos para as estimativas das variáveis aleatórias, componentes de variância e efeitos fixos. Os parâmetros genéticos estimados pela inferência bayesiana podem quantificar a incerteza associada às variáveis aleatórias e visualizá-la por meio de intervalos de credibilidade (GIANOLA; FERNANDO, 1986).

Alguns estudos avaliando os parâmetros genéticos em tilápias têm sido conduzidos em diferentes países. Na Malásia, o desempenho para peso corporal à despesca da GIFT foi avaliado em viveiros e tanques-rede (PONZONI et al., 2008) e nas Filipinas em sete diferentes ambientes, constituindo diferentes regiões agroclimáticas e com os mesmos sistemas avaliados na Malásia (EKNATH et al., 2007). Ambos os estudos resultaram que quanto maior a diferença entre as regiões agroclimáticas, maior foi a magnitude da interação genótipo-ambiente (GxA).

Quando os fenótipos mudam gradualmente e continuamente em uma gradiente de ambientes, a interação genótipo-ambiente poderia ser descrita por um modelo de norma de reação. Este modelo descreve o fenótipo expresso por um genótipo como uma função do ambiente (CHARO-KARISA et al., 2007).

Segundo FALCONER (1987), ocorre a interação genótipo-ambiente, quando os genótipos diferem em sensibilidades a distintas influências ambientais, sendo que os genes que controlam uma característica em determinado ambiente podem não ser os mesmos que a controlam em outro ambiente. Desta forma é possível selecionar grupos de genótipos para atender a diversidade dos ambientes específicos.

Estudos relacionados à interação genótipo-ambiente baseados em correlações genéticas para peso corporal de tilápias em diferentes ambientes relataram estimativas significativas (EKNATH et al., 2007; LUAN et al., 2008; PONZONI et al., 2008; PONZONI et al., 2011).



KHAW et al. (2012) avaliaram três gerações da variedade GIFT em viveiros e tanques-rede na Malásia, para estimativa de parâmetros genéticos das medidas morfométricas corporais, porém não verificaram interação genótipo-ambiente nos dois sistemas de cultivo.

Estudo avaliando o crescimento e a sobrevivência de três grupos genéticos de tilápias, cultivados em viveiro na Malásia, com dietas contendo 28 e 34% de PB, sugeriu que pode haver interação entre genótipos selecionados e níveis proteicos no desempenho zootécnico durante o período de cultivo comercial (SANTOS et al., 2012).

Na presença de interação genótipo-ambiente, as diferenças na capacidade adaptativa alteram o mérito relativo de seus genótipos de acordo com o ambiente no qual estão sendo cultivados, podendo influenciar no desempenho dos peixes (BENTSEN et al., 1998). Dependendo da magnitude da diferença entre os ambientes, a interação GxA pode reduzir a efetividade dos procedimentos de avaliação e seleção convencionais, por alterar a classificação dos animais (SANTOS, 2006).

A necessidade do conhecimento dos parâmetros genéticos para características de interesse econômico conduziu à realização deste trabalho, objetivando estimar os parâmetros genéticos e verificar a ocorrência da interação genótipo-ambiente para a característica ganho em peso diário de diferentes famílias de tilápia do Nilo, da variedade GIFT, cultivadas na piscicultura UEM/Codapar em Maringá e piscicultura Sgarbi em Palotina, Paraná, Brasil.

### **3.4 Material e Métodos**

#### **3.4.1 Conjunto de dados**

O conjunto de dados continha informações de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da variedade GIFT, proveniente do acasalamento de 180 animais da quarta geração (F<sub>4</sub>) do plantel de reprodução do programa de melhoramento genético da Universidade Estadual de Maringá, durante a estação reprodutiva, que compreendeu o período de dezembro de 2010 a março de 2011.

Os reprodutores foram mantidos em hapas individuais de 1 m<sup>3</sup> (1 x 1 x 1 m) instalados em viveiro na Estação de Piscicultura da Universidade Estadual de Maringá, no distrito de Floriano, município de Maringá. Utilizou-se o sistema hierárquico de

acasalamento com um macho para duas fêmeas. As matrizes eram monitoradas três vezes por semana para verificar ocorrência de desovas (SANTOS et al., 2006).

Os casais permaneciam juntos até a identificação da desova. Após a eclosão, as larvas permaneceram nos hapas junto das mães até o final da estação reprodutiva. Este procedimento gerou a fonte de variação considerada no modelo para estimativa dos parâmetros genéticos, como variação de ambiente comum de larvicultura ( $m^2$ ).

Ao final da estação reprodutiva, 100 alevinos de cada família do plantel de acasalamento foram transferidos para estruturas de alevinagem e mantidos em hapas de 1 m<sup>3</sup> acondicionados em viveiro. Os alevinos foram divididos em dois grupos e distribuídos intencionalmente em lugares diferentes, acondicionados em hapas dentro do viveiro, minimizando assim o efeito do ambiente sobre as famílias e evitando-se que fossem beneficiadas com diferenças de qualidade de água, disponibilidade de oxigênio e outros fatores ambientais. Desta forma, gerou-se o efeito de ambiente comum de alevinagem ( $c^2$ ), considerado no modelo para estimativa dos parâmetros genéticos.

Ao atingirem o peso médio de 15 g, os alevinos foram identificados individualmente por meio de PIT Tags<sup>®</sup> (*Passive Integrated Transponder*) introduzidos na cavidade visceral, realizando-se, em seguida, a biometria inicial. Após terem sido identificados, os peixes permaneceram em unidades de hapas antes da transferência para os dois ambientes de cultivo, para serem avaliados na biometria final aos 160 dias.

### **3.4.2 Ambientes e manejo de cultivo das famílias de tilápia**

Para avaliar o teste de desempenho, dois grupos de peixes, previamente identificados, foram alojados em viveiros na Estação da Piscicultura da Universidade Estadual de Maringá (Codapar/UEM), situada no Distrito de Floriano, região Noroeste do Estado do Paraná, Brasil (23°31'25" S e 52°03'12" W), e na Estação da Piscicultura Sgarbi, no Município de Palotina, localizado na região Oeste do Estado do Paraná (24°17'2" S e 53°50'24" W).

Na piscicultura de Maringá foram alojados 240 peixes, em um viveiro de 400 m<sup>2</sup>, completando a densidade com tilápias da própria estação, porém não identificadas com os PIT Tags<sup>®</sup>. E na piscicultura de Palotina foram alojados 480 peixes, em um viveiro de 800 m<sup>2</sup>, completando-se a densidade com tilápias Saint Peter<sup>®</sup>.

As tilápias utilizadas para ajustar a densidade de dois peixes m<sup>2</sup> nos dois ambientes apresentaram peso e tamanho médio semelhante ao lote das famílias avaliadas.

Os peixes foram distribuídos para que tivessem representantes das 19 famílias nos dois locais, de modo que se manteve a densidade de duas tilápias por metro quadrado de lâmina de água nos dois ambientes, preconizada no sistema comercial em tilapicultura (EL-SAYED, 2006).

Os locais onde se realizaram as avaliações de desempenho são caracterizados por clima subtropical temperado e subtropical, com chuvas concentradas no verão, entre o período de novembro a janeiro, com média pluviométrica anual de 1600 mm. Durante o período de cultivo dos peixes, entre os meses de junho a novembro de 2011, a temperatura mínima do ar variou apresentando 1,4°C e -2,8°C e máximas de 37°C e 37,2°C, respectivamente, para a Estação da UEM/Codapar em Maringá e a Piscicultura Sgarbi em Palotina.

A dieta dos peixes foi fornecida em função da biomassa total dos lotes de cada ambiente cultivado e da temperatura da água. As quantidades de arraçoamento diário variaram de 8%, na primeira semana com ração comercial extrusada de 32% de proteína bruta a 2% na última semana, com ração comercial extrusada de 28% de proteína bruta. A frequência de alimentação, em todo o período de cultivo, foi de duas vezes ao dia para os dois ambientes avaliados.

### **3.4.3 Despesca e dados avaliados**

Realizou-se a biometria final após 160 dias de cultivo por meio de rede de despesca e posteriormente drenagem total do viveiro para capturar os peixes remanescentes.

Foram avaliados individualmente o peso e sexo dos animais, além destas informações, o conjunto de dados continha a idade individual dos peixes no final do período de cultivo, tomada como o intervalo da desova à despesca. Ao final do cultivo os peixes avaliados em Maringá e Palotina apresentaram média final de 417 g e 280 g, respectivamente.

### 3.4.4 Análise de dados

Utilizou-se para a análise dos dados a variável de ganho em peso diário (GPD), obtida pela diferença entre o peso da despesca e à identificação, dividido pelo período de cultivo em dias.

Os dados foram preliminarmente editados, eliminando informações inconsistentes e conduzidos a uma seleção dos modelos estatísticos ajustados, por meio do programa computacional SAS (2004). O PROC MIXED foi utilizado para o ajuste dos efeitos fixos (idade a biometria, sexo e local de cultivo) e estimativa dos valores iniciais dos componentes de covariância dos efeitos aleatórios, neste caso, reprodutor, matriz e hapa de recria. A unidade de recria foi incluída como efeito aleatório, devido à permanência de grupos de irmãos completos em hapas separados até a identificação dos peixes.

### 3.4.5 Estimativas dos parâmetros genéticos

Utilizou-se informações de pedigree completo da variedade GIFT, desde sua introdução no Brasil, para as estimativas dos parâmetros genéticos, fenotípicos e dos componentes de (co)variância. Para análise unicaracter, o modelo animal está descrito a seguir:

$$y = X\beta + Z_1a + Z_2m + Z_3c + e$$

Em que,  $y$  é o vetor de observações da característica analisada (GPD);  $\beta$  é o vetor dos efeitos fixos ambientais identificáveis para sexo (machos e fêmeas), local de cultivo (Maringá e Palotina) e idade a biometria como covariável;  $a$ ,  $m$ ,  $c$  e  $e$  são os vetores dos efeitos genéticos aditivos diretos, efeito de ambiente comum de larvicultura (devido à manutenção dos animais com as mães desde a desova até o final da estação reprodutiva), efeito de ambiente comum de alevinagem (relativo ao manejo de manter representantes das famílias em hapas distribuídos em locais diferentes nos tanques de alevinagem) e dos erros aleatórios, respectivamente.

As matrizes  $X$ ,  $Z_1$ ,  $Z_2$  e  $Z_3$  são referentes às incidências dos efeitos ambientais identificáveis, genéticos aditivos diretos, de ambiente comum de larvicultura, de

ambiente comum de alevinagem, respectivamente. Admitindo-se que  $a$ ,  $m$ ,  $c$  e  $e$  possuem distribuição conjunta normal multivariada (NMV), tem-se:

$$\begin{bmatrix} a \\ m \\ c \\ e \end{bmatrix} \sim NMV \left\{ \begin{bmatrix} \phi \\ \phi \\ \phi \\ \phi \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & \phi & \phi & \phi \\ \phi & I_h \sigma_m^2 & \phi & \phi \\ \phi & \phi & I_c \sigma_c^2 & \phi \\ \phi & \phi & \phi & I \sigma_e^2 \end{bmatrix} \right\};$$

$$E(y) = X\beta; \text{Var}(y) = Z_1 A Z_1' \sigma_a^2 + Z_2 Z_2' \sigma_m^2 + Z_3 Z_3' \sigma_c^2 + I_n \sigma_e^2;$$

Em que,  $A$  é a matriz de parentesco entre os animais;  $\sigma_a^2$  é a variância genética aditiva direta;  $\sigma_m^2$ ,  $\sigma_c^2$  e  $\sigma_e^2$  são as variâncias do efeito de ambiente comum de larvicultura, de ambiente comum de alevinagem e residual, respectivamente;  $I_h$  é a matriz identidade de ordem  $h$ , sendo  $h$  igual ao número de famílias de irmãos completos;  $I_c$  é a matriz identidade de ordem  $c$ , sendo  $c$  igual ao número de hapas de alevinagem;  $I_n$  é a matriz identidade, de ordem  $n$ , sendo  $n$  igual ao número de observações.

Para estimativa dos componentes de (co)variância e parâmetros genéticos, em análise bicaracter, utilizou-se o modelo animal descrito:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{11} & 0 \\ 0 & Z_{12} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{21} & 0 \\ 0 & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{31} & 0 \\ 0 & Z_{32} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

Em que,  $y_i$  são os vetores de observações de ganho em peso diário de tilápias cultivadas em Maringá (1) e Palotina (2).

Para a análise bicaracter tem-se:

$$G = A \otimes G_0, \text{ em que } G_0 \text{ é a matriz de variâncias genéticas das características;}$$

$P = I_h \otimes P_0$ , em que  $P_0$  é a matriz de variâncias relativas ao efeito de ambiente comum de larvicultura;

$C = I_c \otimes C_0$ , em que  $C_0$  é a matriz de variâncias relativas ao efeito de ambiente comum de alevinagem;

$$R = I_n \otimes R_0, \text{ em que } R_0 \text{ é a matriz de variância e covariâncias residuais.}$$

As matrizes  $G_0$ ,  $P_0$ ,  $C_0$  e  $R_0$ , têm ordem 2 na análise bicaracter.

A análise unicaracter foi realizada para GPD com informações da biometria no final do cultivo para os dois locais (Maringá e Palotina), considerando o efeito de local como o ambiente identificável.

Para a análise bicaracter, utilizaram-se a estratégia de tratar GPD como duas características distintas em função do local de cultivo.

Os componentes de (co)variância, parâmetros genéticos e fenotípicos foram estimados procedendo-se a inferência bayesiana, por meio do sistema computacional MTGSAM (*Multiple Trait Gibbs Sampler for Animal Models*), utilizando a metodologia proposta por VAN TASSEL e VAN VLECK (1995).

No sistema computacional, consideram-se os efeitos genéticos aditivos, de ambiente comum de larvicultura, ambiente comum de alevinagem e residual, como tendo distribuição “*a priori*” normal para a análise unicaracter e bicaracter. Para os efeitos ambientais identificáveis e de sexo, assumiu-se uma distribuição “*a priori*” plana. Foram utilizadas as análises unicaracter e bicaracter, respectivamente aplicando qui-quadrado invertida e *wishard* invertida para estimar os componentes de (co)variância nas distribuições “*a priori*”.

A estratégia utilizada para estimativa das distribuições posteriores foi obtida utilizando-se inicialmente cadeias de Gibbs de 500.000 ciclos, com intervalo amostral de 10 ciclos, após a eliminação dos 50.000 ciclos iniciais, totalizando 45.000 amostras dos componentes de (co)variância. A partir destas amostras foi estimada a média *a posteriori* e os intervalos de credibilidade de 95% para os componentes de (co)variância e parâmetros genéticos.

Para avaliar a convergência das cadeias geradas utilizou-se o teste de Heidelberger e Welch, descrito por COWLES et al. (1995), utilizando-se a biblioteca CODA (*Convergence Diagnosis and Output Analysis*), implementada no programa R 2.6.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2007).

Para determinação das diferenças dos parâmetros genéticos e componentes de variância nos dois locais de cultivo (análises unicaracter e bicacter), utilizaram-se os intervalos de credibilidade (IC). As estimativas com intervalos de credibilidade coincidentes apresentam probabilidade de ocuparem o mesmo conjunto amostral, dessa forma, tem probabilidade de serem iguais.

### 3.4.6 Estimativa da correlação de Spearman e *ranking* das famílias

O procedimento utilizado para a realização da correlação de Spearman para avaliar o GPD individual e GPD da família das tilápias nos diferentes locais foi o PROC MIXED (SAS, 2004).

O *ranking* das famílias cultivadas nos dois locais foi realizado por meio da avaliação genética pelo método BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*), utilizando o mesmo PROC MIXED.

A verificação da ocorrência de interação genótipo-ambiente foi realizada com base nos valores das correlações genética e fenotípica e de postos estimados. Para estimativa das correlações de postos, utilizou-se a classificação individual e da média das famílias dos valores genéticos aditivos preditos.

## 3.5 Resultados e Discussão

### 3.5.1 Análise de variância

A análise de variância para a interação das fontes de variação para ganho em peso diário de tilápia do Nilo, da variedade GIFT, cultivadas em Maringá e Palotina, encontram-se na Tabela 3.1. Apenas sexo\*local e sexo\*família não apresentaram diferenças significativas, as demais fontes de variação foram significativamente diferentes nos ambientes avaliados.

**Tabela 3.1** - Análise de variância para a interação das fontes de variação para ganho em peso diário de tilápia do Nilo, da variedade GIFT, cultivadas em Maringá e Palotina.

Fonte de variação	GL	QM	P > F
Sexo	1	18,83	<0,0001
Local	1	18,54	<0,0001
Família	18	2,47	<0,0012
Sexo*Local	1	0,02	0,4799
Sexo*Família	18	0,79	0,7468
Local*Família	18	4,21	<0,0001

### 3.5.2 Estimativas descritivas dos parâmetros genéticos

As estimativas das análises unicaracter e bicaracter dos parâmetros genéticos com intervalos de credibilidade, ao nível de 5% de significância, para ganho em peso diário (GPD) ao final do cultivo de diferentes famílias de tilápia do Nilo da variedade GIFT cultivadas em Maringá e Palotina, encontram-se na Tabela 3.2.

O valor de variância genética aditiva para análise unicaracter foi de 0,072 e amplo intervalo de credibilidade, indicando precisão reduzida. Na análise bicaracter, observa-se que a variância genética aditiva para os peixes cultivados em Maringá e Palotina foram 0,113 e 0,045, respectivamente, porém os intervalos de credibilidade apresentam-se superpostos. A estimativa da  $\sigma^2_a$  resulta em valores de herdabilidade altos nas populações das famílias cultivadas em Maringá e Palotina (Tabela 3.2).

Os valores de variância residual na análise unicaracter foram de 0,029, com intervalos de 0,009 a 0,052, e na análise bicaracter, Maringá e Palotina apresentaram valores de 0,036 e 0,024, respectivamente, apontando pequena importância relativa destes efeitos na variação total (Tabela 3.2).

**Tabela 3.2** - Estimativas unicaracter e bicaracter dos parâmetros genéticos, com intervalos de credibilidade, ao nível de 5% de significância, para ganho em peso diário de tilápia do Nilo, cultivadas em Maringá e Palotina.

Parâmetro	Unicaracter	Bicaracter	
		Maringá	Palotina
<b>Variância</b>			
genética aditiva ( $\sigma^2_a$ )	0,072 (0,028 - 0,114)	0,113 (0,044 - 0,178)	0,045 (0,015 - 0,079)
residual ( $\sigma^2_e$ )	0,029 (0,009 - 0,052)	0,036 (0,009 - 0,073)	0,024 (0,008 - 0,041)
fenotípica ( $\sigma^2_p$ )	0,107 (0,083 - 0,133)	0,157 (0,116 - 0,203)	0,076 (0,058 - 0,098)
Herdabilidade ( $h^2$ )	0,653 (0,329 - 0,881)	0,707 (0,364 - 0,915)	0,575 (0,245 - 0,844)
<b>Ambiente comum</b>			
larvicultura ( $m^2$ )	0,039 (0,012 - 0,107)	0,031 (0,008 - 0,090)	0,047 (0,015 - 0,118)
alevinagem ( $c^2$ )	0,018 (0,006 - 0,046)	0,018 (0,004 - 0,056)	0,029 (0,008 - 0,071)



Observou-se na Tabela 3.2 que para a variância fenotípica, o valor estimado para Maringá foi superior ao estimado para Palotina e a não concordância dos intervalos de credibilidade indicam a existência de variância fenotípica heterogênea.

A estimativa dos valores de herdabilidade para a característica GPD em análise unicaracter foi de 0,653 e em análise bicaracter os valores foram de 0,707 e 0,575 para Maringá e Palotina, respectivamente. As altas magnitudes dos valores de herdabilidade indicam grande participação dos efeitos genéticos aditivos na variação total.

PONZONI et al. (2005) ao estimar a herdabilidade para peso corporal em *Oreochromis niloticus* encontraram valores menores (0,36 a 0,42) aos comparados no presente trabalho para GPD (Tabela 3.2), no entanto CHARO-KARISA et al. (2007) também encontraram valores de herdabilidade altos (0,60 a 0,70) para esta mesma espécie cultivada, porém em viveiros fertilizados e sem ração suplementar.

Os resultados das estimativas dos efeitos de ambiente comum de larvicultura e alevinagem para Maringá foram 0,031 e 0,018, respectivamente. No entanto, para Palotina, o ambiente de larvicultura e alevinagem apresentaram valores de 0,047 e 0,029, sendo que as estimativas dos intervalos de credibilidade neste local apresentaram menor precisão, indicando que este efeito pode ter importância maior que o apresentado como resultado e ressaltando a importância deste efeito de ambiente comum de larvicultura.

Apesar dos reduzidos valores dos efeitos ambientais, observou-se que a variância devido ao ambiente comum de larvicultura apresentou maior importância na variação total quando comparado com o ambiente de alevinagem. Os resultados podem ser explicados, pois o ambiente comum de larvicultura representa uma fase crítica, necessitando de cuidados maternos, com incremento da biomassa e maior demanda por alimento, acarretando em maior heterogeneidade de proles.

Na análise unicaracter, verificou-se que a participação relativa da variação para o GPD, devido ao ambiente comum de larvicultura, permaneceu baixa ou constante ao longo do período de cultivo, isto indica que houve diminuição da importância deste efeito à medida que a prole atingiu a fase de alevinagem.

O ambiente comum de alevinagem, avaliado para GPD na análise unicarater, apresentou redução de valores com o avanço da idade dos animais, indicando que a transferência dos peixes aos hapas de alevinagem de forma adequada pode minimizar os efeitos ambientais e contribuir para redução da participação relativa na variação total do GPD.

Apesar de estimativas de baixa magnitude para ambiente comum de larvicultura e ambiente comum de alevinagem, estes parâmetros devem ser mantidos nos modelos de análises, uma vez que os intervalos de credibilidade não contêm o valor zero, indicando pequena probabilidade de ocorrência de valores nulos para estes componentes (Tabela 3.2). Porém, devem ser tomadas medidas para reduzir a participação relativa do ambiente comum de larvicultura na variação total das características medidas. A utilização da incubação artificial pode ser uma prática eficaz para promover tal redução.

O efeito do ambiente comum de família em tilápia do Nilo também foram estimados por RUTTEN et al. (2005), porém trabalhando com estimações de parâmetros genéticos para características de filé associados com medidas corporais, com aproximadamente 426 dias de cultivos e NGUYEN et al. (2010), em estudos de resposta correlacionada para peso e rendimento de filé em período de cultivo de 180 dias. Ambos os autores encontraram valores próximos de ambiente comum de família aos avaliados no presente estudo com famílias cultivadas em Maringá e Palotina.

Na Tabela 3.3 são apresentados os valores médios do ganho em peso diário das famílias de tilápia do Nilo, da variedade GIFT, avaliadas em Maringá e Palotina.

**Tabela 3.3** - Estimativas dos valores (média  $\pm$  desvio-padrão) do ganho em peso diário (g) das famílias de tilápia do Nilo, da variedade GIFT, avaliadas em Maringá e Palotina.

Família	Maringá	N	Palotina	N
2	0,93 $\pm$ 0,25	11	0,93 $\pm$ 0,11	29
4	1,28 $\pm$ 0,19	9	0,77 $\pm$ 0,11	16
10	1,55 $\pm$ 0,21	5	0,93 $\pm$ 0,06	22
12	1,24 $\pm$ 0,05	6	0,85 $\pm$ 0,12	17
13	1,32 $\pm$ 0,08	9	1,03 $\pm$ 0,11	7
14	1,44 $\pm$ 0,20	9	0,87 $\pm$ 0,04	30
15	1,15 $\pm$ 0,02	6	0,92 $\pm$ 0,03	11
16	1,12 $\pm$ 0,16	12	0,88 $\pm$ 0,03	13
17	1,35 $\pm$ 0,08	15	0,83 $\pm$ 0,00	28
20	1,46 $\pm$ 0,34	10	0,83 $\pm$ 0,00	22
21	0,98 $\pm$ 0,21	15	0,84 $\pm$ 0,02	20
22	1,29 $\pm$ 0,20	7	0,81 $\pm$ 0,06	30
23	1,57 $\pm$ 0,19	10	0,88 $\pm$ 0,04	28
24	1,30 $\pm$ 0,09	9	0,83 $\pm$ 0,04	22
26	1,17 $\pm$ 0,07	6	0,88 $\pm$ 0,11	32
27	1,27 $\pm$ 0,00	5	1,05 $\pm$ 0,16	9
28	1,27 $\pm$ 0,03	14	0,82 $\pm$ 0,02	24
29	1,30 $\pm$ 0,06	11	0,85 $\pm$ 0,11	26
30	1,21 $\pm$ 0,86	9	1,00 $\pm$ 0,71	32

N = número de peixes das famílias.

As médias de GPD foram coincidentes apenas para a Família 2 nos locais avaliados. As demais médias apresentaram valores superiores para Maringá, comparadas à Palotina, sendo que em Maringá as famílias apresentaram um melhor desempenho (Tabela 3.3).

### 3.5.3 Estimativas das correlações genética e fenotípica e de Spearman

Na Tabela 3.4 são apresentadas as estimativas das correlações genética e fenotípica para ganho em peso diário de tilápia do Nilo da variedade GIFT cultivadas em Maringá e Palotina. As correlações genética (0,20) e fenotípica (0,13) apresentaram baixa associação entre os ambientes cultivados, indicando a presença da interação genótipo-ambiente.

**Tabela 3.4** - Estimativas das correlações genética e fenotípica e seus respectivos intervalos de credibilidade (IC) para ganho em peso diário (GPD) de tilápia do Nilo, da variedade GIFT, cultivadas em Maringá e Palotina.

Correlação	GPD	IC
Genética	0,2072	-0,498 a 0,771
Fenotípica	0,1314	-0,333 a 0,549

MULDER et al. (2006) afirmaram que a expressividade do ganho genético ótimo seria conseguido obtendo dois programas específicos de reprodução, quando valores menores que 0,7 a 0,8 de correlação genética entre dois ambientes avaliados forem obtidos, a exemplo dos valores encontrados em Maringá e Palotina. Porém, para valores superiores aos mencionados, a interação GxA torna-se insignificante.

A baixa estimativa das correlações genética e fenotípica para o GPD das famílias de tilápia do Nilo, cultivadas em Maringá e Palotina indicaram a presença da interação GxA (Tabela 3.4)

Porém KHAW et al. (2009), avaliando dois ambientes de cultivo, encontraram valores de correlação genética para peso à despesca de tilápia do Nilo de 0,74 a 0,84, não havendo evidência significativa para a interação GxA entre os ambientes avaliados.

PONZONI et al. (2008) e EKNATH et al. (2007) avaliaram a interação GxA com a variedade GIFT, nas Filipinas, em sete ambientes diferentes. Os valores de peso corporal à despesca em todos os ambientes foram positivamente correlacionados, variando de 0,36 a 0,99. As correlações foram elevadas dentro dos ambientes de viveiro

(0,76 - 0,99) e dentro dos ambientes dos tanques-rede (0,99), mas inferiores, em alguns casos com maior variação entre o viveiro e os tanques-rede (0,36 - 0,82). O mesmo aconteceu com o presente trabalho avaliando as famílias de tilápias cultivadas em viveiros em Maringá e Palotina (Tabela 3.4). Os resultados evidenciam que quanto maior a diferença entre ambientes, maior foi a magnitude da interação genótipo-ambiente (FALCONER, 1990).

Estudo realizado com peso a despesca e sobrevivência da GIFT em sistemas de água salobra e água doce foram avaliados por LUAN et al. (2008). As correlações genéticas entre estes dois ambientes foram de 0,45 e 0,42 para peso à despesca e sobrevivência, respectivamente, valores próximos aos encontrados no presente trabalho para GPD (Tabela 3.4). Os autores afirmaram que com estes valores de correlações, distintos programas de seleção devem ser realizados para atender as diferenças quanto à salinidade nos sistemas de cultivo de tilápia.

Segundo PONZONI et al. (2011), com a rápida expansão da tilápia do Nilo na aquicultura, estudos mais aprofundados de interação GxA devem ser realizados, centrando-se no desempenho do crescimento e na taxa de sobrevivência nas diferentes realidades. Ambientes de cultivo (viveiros e tanques-rede), sistemas de cultivo (extensivo, semi-intensivo e intensivo) e regiões agro-climáticas (ambientes de água salobra e água doce, clima tropical, subtropical e temperado, de alta e baixa sazonalidade) devem prevalecer nas futuras pesquisas.

Na Tabela 3.4 verifica-se que as estimativas das correlações genéticas são significativas. Isto indica a presença de interação GxA e sugere que o GPD nos locais avaliados se caracteriza como distintos, podendo ser influenciados por diferentes conjuntos de genes.

Na Tabela 3.5 são apresentadas as estimativas de correlação de Spearman do ganho em peso diário entre os ambientes avaliados, com bases em seus valores genéticos preditos para GPD individual e GPD família. Os valores de correlação de Spearman foram de média magnitude, indicando mudança na classificação dos peixes, dependendo do ambiente avaliado. A correlação de Spearman, obtida para o GPD nos diferentes locais avaliados, indica que o valor genético em um ambiente pode não ser obtido procedendo-se a seleção para o GPD em outro ambiente (FALCONER, 1987).

**Tabela 3.5** - Estimativa da correlação de Spearman, com base nos valores genéticos para GPD individual e GPD das famílias de tilápia do Nilo, da variedade GIFT, cultivadas em Maringá e Palotina.

Valor genético	$r^2$	P
GPD individual	0,4877	<0,0001
GPD família	0,5929	0,0075

As estimativas da correlação de Spearman com base nos valores genéticos para GPD individual e GPD das famílias de tilápia do Nilo, da variedade GIFT, cultivadas em Maringá e Palotina, foram significativas. Caso a seleção seja realizada utilizando famílias ( $r^2 = 0,59$ ), maior será a coincidência dos peixes para Maringá e Palotina, no entanto os animais serão mais heterogêneos. Porém, ao proceder a seleção individual ( $r^2 = 0,48$ ) maior será a precisão e mais adequadas serão as tilápias para a região em que serão cultivadas (Tabela 3.5).

#### 3.5.4 Estimativa do *ranking* das famílias

Na Tabela 3.6 encontra-se o *ranking* das famílias cultivadas em Maringá e Palotina e seus valores genéticos médios. Espera-se um comportamento único das famílias nos locais de cultivo, porém, no presente trabalho houve diferença no *ranking* das famílias de tilápia do Nilo da variedade GIFT.

Na estimativa do *ranking* das 19 famílias avaliadas verificou-se que apenas a família 17 ocupa a nona posição e apresenta coincidência na classificação nos dois locais de cultivo. As demais famílias variaram de posição de acordo com o local avaliado. Das cinco melhores famílias, três estão presentes nos dois locais, representando 60% do mesmo *ranking* (Tabela 3.6).

Os resultados negativos são comuns nos valores genéticos, pois são apresentados como desvios em relação ao zero. No presente trabalho, espera-se um número maior de valores positivos, pois se trata de ganho em peso diário (Tabela 3.6).

Observou-se menor valor de herdabilidade para o GPD das tilápias cultivadas em Palatina (Tabela 3.2), porém as seis primeiras famílias classificadas no *ranking* apresentaram os maiores valores genéticos, caracterizando um maior incremento genético dos peixes cultivados neste local (Tabela 3.6).

**Tabela 3.6** - Estimativas dos valores genéticos para GPD no *ranking* das famílias de tilápia do Nilo da variedade GIFT avaliadas em Maringá e Palotina.

<i>Ranking</i>	Maringá	Família	Palotina	Família
1	0,0777	27	0,1647	23
2	0,0702	13	0,1454	10
3	0,0621	10	0,1256	13
4	0,0475	23	0,1099	20
5	0,0285	15	0,0976	14
6	0,0062	14	0,0827	27
7	0,0000	24	0,0728	29
8	-0,0006	12	0,0694	30
9	-0,0021	17	0,0283	17
10	-0,0093	20	-0,0141	26
11	-0,0095	16	-0,0301	24
12	-0,0130	2	-0,0343	28
13	-0,0219	28	-0,0478	12
14	-0,0228	30	-0,0673	22
15	-0,0240	22	-0,0732	15
16	-0,0285	26	-0,0932	16
17	-0,0351	29	-0,1217	4
18	-0,0424	4	-0,1327	21
19	-0,0929	21	-0,1790	2

As famílias estão classificadas para ganho em peso diário nos dois locais avaliados da melhor para pior. Observando as famílias 10 e 13 para Maringá e Palotina, não há muita diferença, porém, para as famílias 27 e 23, há uma inversão considerável na classificação. As famílias 27, 13, 10, 23 e 15 são as mais adequadas para as condições de cultivo em Maringá, enquanto que as famílias 23, 10, 13, 20, 14 e 27 são as que podem proporcionar um maior ganho genético para as condições de cultivo em Palotina. Na presente situação, quando praticada a seleção de 10% das melhores famílias, não haveria coincidência nos plantéis de Maringá e Palotina (Tabela 3.6).

### 3.6 Conclusões

A variância fenotípica apresenta valores heterogêneos para os locais avaliados. Os valores de herdabilidade do ganho em peso diário das tilápias cultivadas em Maringá e Palotina são altos e equivalentes.

Os valores de correlação de Spearman do GPD individual e GPD família e a baixa correlação genética e fenotípica indicam a presença de interação genótipo-ambiente nos locais avaliados.

### 3.7 Referências

- BENTSEN, H.B.; EKNATH, A.E.; PALADA-DE VERA, M.S. Genetic improvement of farmed tilapias: growth performance in a complete dial el cross experiment with eight strains of *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 160, p. 145-173, 1998.
- BLASCO, A. The Bayesian controversy in animal breeding. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2023-2046, 2001.
- COWLES, M.K.; BEST, N.; VINES, K. **Convergence diagnostics and output analysis**. MRC Biostatistics Unit, UK. Version 0.40, 1995.
- CHARO-KARISA, H.; BOVENHUIS, H.; REZK, M.A.; PONZONI, R.N.; VAN ARENDONK, J.A.M.; KOMEN, H. 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**, v. 273, p. 15-23, 2007.
- EKNATH, A.E.; BENTSEN, H.B.; PONZONI, R.W.; RYE, M.; NGUYEN, N.H.; THODESEN, J.; GJERDE, B. Genetic improvement of farmed tilapias: Composition and genetic parameters of a synthetic base population of *Oreochromis niloticus* for selective breeding. **Aquaculture**, v. 273, p. 1-14, 2007.
- EL-SAYED, A.F.M. **Tilapia culture**. London: CABI, 2006, 277p.
- FALCONER, D.S. **Introdução a genética quantitativa**. Trad. Martinho de Almeida e Silva e José Carlos da Silva. Viçosa, Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, 1987, 279p.
- FALCONER, D.S. Selection in different environments: effects on environmental sensitivity (reaction norm) and on mean performance. **Genetics Research Cambridge**, v. 56, p. 57-70, 1990.
- GALL, G.A.E.; BAKAR, Y. Application of mixed-model techniques to fish breed improvement: analysis of breeding-value selection to increase 98-day body weight in tilapia. **Aquaculture**, v. 212, p. 93-113, 2002.
- GIANOLA, D.; FERNANDO, R.L. Bayesian methods in animal breeding theory. **Journal of Animal Science**, v. 63, p. 217-244, 1986.
- HENRYON, M.; BERG, P.; OLESEN, N.J.; KJAER, T.E.; SLIERENDRECHT, N.J.; JOKUNMSEN, A.; LUND, I. Selective breeding provides an approach to increase resistance of rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) to the diseases, enteric red

mouth disease, rainbow trout fry syndrome, and viral haemorrhagic septicemia. **Aquaculture**, v. 250, p. 621-636, 2005.

KHAW, H.L.; BOVENHUIS, H.; PONZONI, R.W.; REZK, M.A.; CHARO-KARISA, H.; KOMEN, H. Genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) selection line reared in two input environments. **Aquaculture**, v. 294, p. 37-42, 2009.

KHAW, H.L.; PONZONI, R.W.; HAMZAH, A.; ABU-BAKAR, K.R.; BIJMA, P. Genotype by production environment interaction in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 326-329, p. 53-60, 2012.

LUAN T.D.; OLESEN, I.; ODEGA, R.D.J.; KOLSTAD, K.; DAN, N.C. Genotype by environment interaction for harvest body weight and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in brackish and fresh water ponds. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 8., 2008, Cairo. **Proceedings...** Cairo: ATA, v.1, p. 231-240, 2008.

MULDER, H.A.; VEERKAMP, R.F.; DUCRO, B.J.; VAN ARENDONK, J.A.M.; BIJMA, P. Optimization of dairy cattle breeding programs for different environments with genotype by environment interaction. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 1740-1752, 2006.

NGUYEN, N.H.; PONZONI, R.W.; ABU-BAKAR, K.R.; HAMZAH, A.; KHAW, H.L.; YEE, H.Y. Correlated response in fillet weight and yield to selection for increased harvest weight in genetically improved farmed tilapia (GIFT strain), *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v. 305, p. 1-5, 2010.

NOGUEIRA, D.A.; SÁFADI, T.; BEARZOTI, E.; BUENO FILHO, J.S.S. Análise clássica e bayesiana de um modelo misto aplicado ao melhoramento animal: uma ilustração. **Ciência e Agrotecnologia**. Edição Especial, p. 1614-1624, 2003.

PONZONI, R.W.; HAMZAH, A.; TAN, S.; KAMARUZZAMAN, N. Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 247, p. 203-210, 2005.

PONZONI, R.W.; NGUYEN, H.N.; KHAW, H.L. **Economic appraisal of genetic improvement programs in carps: An Example in Common Carp, *Cyprinus carpio***, WorldFish Center, v. 73, 2007, 120p.

PONZONI, R.W.; NGUYEN, H.N.; KHAW, H.L. Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) – present and future. **Proceedings from the Eighth International Symposium of Tilapia in Aquaculture**, v. 1, p. 33-52, 2008.

PONZONI, R.W.; NGUYEN, H.N.; KHAW, H.L.; HAMZAH, A.; ABU-BAKAR, K.R.; YEE, H.Y. Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to the work conducted by the WorldFish Center with the GIFT strain. **Reviews in Aquaculture**, v. 3, p. 27-41, 2011.

R development core team. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <http://www.R-project.org>, 2007.



- REZENDE, M.D.V.; DUDA, L.L.; GUIMARÃES, P.R.B.; FERNANDES, J.S.C. Análise de modelos lineares mistos via inferência bayesiana. **Revista de Matemática e Estatística**, v. 19, p. 41-70, 2001.
- RUTTEN, M.J.M.; KOMEN, H.; BOVENHUIS, H. Longitudinal genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) body weight using a random regression model. **Aquaculture**, v. 246, p. 101–113, 2005.
- SAS Institute Inc. **SAS/STAT**® Software: Help and Documentation Release 9.1.3. Cary, SAS Institute, 2004.
- SANTOS, A.I. Heterogeneity of (co)variance structures. **Dissertação de Mestrado em Zootecnia**. Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil, 2006, 68 p.
- SANTOS, A.I.; NGUYEN, N.H.; PONZONI, R.W.; YEE, H.Y.; HAMZAH, A.; RIBEIRO, R.P. Growth and survival rate of three genetic groups fed 28% and 34% protein diets. **Aquaculture Research**, v. 43, p. 1-9, 2012.
- SOLKENER, J.; GRAUSGRUBER, H.; OKEYO, A.M.; RUCKENBAUER, P.; WURZINGER, M. Breeding objectives and the relative importance of traits in plant and animal breeding: a comparative review. **Euphytica**, v. 161, p. 273-282, 2008.
- VAN TASSEL, C.P.; VANVLECK D.L. 1995. **A Manual for Use of MTGSAM**. A set of FORTRAN programs to apply Gibbs sampling to animal models for variance component estimation (DRAFT). Lincoln: Department of Agriculture Research Service, 1995, 86 p.
- WAGNER, P.M.; RIBEIRO, P.R.; MOREIRA, H.L.M.; VARGAS, L.; POVH, J.A. Evaluation of Nile tilapia strains (*Oreochromis niloticus*) in different phases of rearing. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, p. 187-196, 2004.

## 4 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS E DESEMPENHO DE MONOSSEXO MACHO DE TILÁPIA DAS VARIEDADES GIFT E SAINT PETER<sup>®</sup>

### 4.1 Resumo

O estudo teve por objetivo comparar as características morfométricas e o desempenho de populações monossexo macho de tilápia das variedades GIFT e Saint Peter<sup>®</sup> cultivadas em sistema misto. O cultivo foi conduzido durante o período de junho a novembro de 2011, na Piscicultura Sgarbi em Palotina. Os juvenis da variedade GIFT foram obtidos da Estação de Piscicultura da Universidade Estadual de Maringá e os da variedade híbrida foram oriundos da Piscicultura Sgarbi. O sistema utilizado foi o semi-intensivo, sendo adotada a densidade de 2 peixes m<sup>-2</sup>. Foram alojados 480 peixes da variedade GIFT e 1400 peixes da variedade vermelha híbrida, totalizando 1880 animais, com peso médio inicial individual de 15 g. A despesca foi realizada ao final do período de 160 dias. Foram coletados e avaliados individualmente 190 e 102 tilápias machos, respectivamente das variedades GIFT e Saint Peter<sup>®</sup>. Os dados para peso final e ganho em peso diário, e das características morfométricas para comprimento total, comprimento padrão, altura, largura, comprimento da cabeça, altura caudal, largura caudal, relação comprimento da cabeça/comprimento padrão, área e volume foram avaliados. As tilápias da variedade GIFT foram classificadas em três grupos genéticos (superior, médio e inferior) por meio do controle individual de pedigree e avaliação genética por BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*). Aplicou-se a análise de variância e o teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Os valores médios de peso final e ganho em peso diário entre os três grupos genéticos da variedade GIFT não apresentaram diferenças significativas. Porém, todos os grupos da variedade GIFT apresentaram valores médios do desempenho e das características morfométricas superiores à variedade híbrida Saint Peter<sup>®</sup>. Houve diferença significativa apenas para a altura das tilápias da variedade GIFT do grupo superior em relação ao inferior. As características morfométricas e desempenho zootécnico são superiores para a variedade GIFT, independente do grupo genético, quando comparada à Saint Peter<sup>®</sup>, com exceção da relação comprimento da cabeça/comprimento padrão das tilápias avaliadas.

**Palavras-chave:** Grupo Genético. *Oreochromis* sp. Sistema Misto. Tilápia do Nilo. Tilápia Vermelha.

# MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS AND PERFORMANCE OF MONOSEX MALE TILAPIA OF THE GIFT AND SAINT PETER<sup>®</sup> STRAINS

## 4.2 Abstract

The present study aimed to compare the morphometric characteristics and performance of single sex populations of male tilapia strains GIFT<sup>®</sup> and Saint Peter reared in mixed system. The cultivation was carried out during the period June to November 2011 in Fish Culture Sgarbi, in the city of Palotina. The juveniles of GIFT strain were obtained from Fish Culture Station of the State University of Maringá, and the hybrid strain, came from the Fish Culture Sgarbi. The system used was a semi-intensive being adopted to density of 2 fish m<sup>-2</sup>. There were housed 480 fish of the GIFT strain and 1400 fish of the red hybrid, totaling 1880 animals, with an average initial weight of 15 g individual. The fishing was performed at the end of the period of 160 days. There were collected and individually assessed 190 and 102 tilapia males, respectively of the GIFT and Saint Peter<sup>®</sup> strains. The performance data to final weight and daily weight gain, and morphometric to total length, standard length, height, width, head length, tail height, width of the flow, head length/standard length, area and volume were evaluated. The strain of GIFT tilapia was classified into three genetic groups (superior, middle and inferior) by controlling individual pedigree and genetic evaluation by BLUP (Best Linear Unbiased Prediction). The analysis of variance and the Tukey test at 5% significance were applied. The average final weight and daily weight gain among the three genetic groups of the GIFT strain showed no significant differences. However all groups of GIFT strain showed average values of performance and morphometric characteristics superior to hybrid strain Saint Peter<sup>®</sup>. There was a significant difference only for the height of the GIFT strain of tilapia group higher than the bottom. The morphometric characteristics and growth performance are superior to the GIFT strain, regardless of genetic group, compared to Saint Peter<sup>®</sup>, except for the head length/standard length of tilapia evaluated.

**Keyword:** Genetic Group. *Oreochromis* sp. Mixed Raising System. Nile Tilapia. Red Tilapia.

### 4.3 Introdução

A grande demanda por peixes tornou a aquicultura o setor agropecuário em maior destaque, garantindo a lucratividade da atividade. Para atingir estes objetivos têm sido imprescindível a escolha de variedades de crescimento mais rápido e eficiente, tendo como foco preferências do mercado consumidor por um alimento palatável, seguro e ambientalmente correto (FAO, 2012).

Os dados estatísticos, referente ao ano de 2010, destaca a região Sul como a maior produtora de pescado no Brasil, respondendo por 33,8% da produção nacional. A tilapicultura, nas diversas modalidades de sistema de cultivo, fomenta a produção aquícola nacional brasileira em torno de 155.450,8 t (BRASIL, 2012).

A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é a espécie mais utilizada nos cultivos comerciais em razão da sua rusticidade, tolerância a várias salinidades, temperaturas de água e sistemas de produção, rápido crescimento, ótima qualidade de pescado e boa aceitação no mercado consumidor (KHAW et al., 2012). Como qualquer espécie doméstica cultivada, suas características zootécnicas e morfométricas devem ser geneticamente melhoradas, garantindo o sucessivo crescimento e a viável rentabilidade de sua cadeia produtiva (PONZONI et al., 2011).

Desde a formação da população base em 1991, a tilápia do Nilo da variedade GIFT tem sido melhorada para taxa de crescimento, acumulando um ganho genético de pelo menos 64%. Devido ao seu elevado desempenho, esta variedade tem sido disseminada e produzida em vários países contribuindo para o aumento da produção e consumo de pescado, além de melhorar a lucratividade de pequenos piscicultores (KHAW et al., 2012).

Outro grupo genético preconizado é um mutante selecionado de espécies de tilápia do gênero *Oreochromis*, a tilápia vermelha (*Oreochromis* spp.) da variedade Saint Peter<sup>®</sup> (HAMZAH et al., 2008). Apesar de não ter sido submetida ao programa de melhoramento, esta variedade é apreciada, principalmente pelo atrativo de sua cor e pela facilidade de adaptação em águas mesohalinas.

Segundo SILVA e FREATO (2007), além do desempenho zootécnico, as medidas morfométricas também podem ser utilizadas como critério de seleção em programas de melhoramento genético em peixes. Recentes estudos sobre características de desempenho zootécnico e morfométricas (FÜLBER et al., 2010; PIRES et al., 2011)

relataram que são poucos os estudos com peixes de água doce no Brasil, havendo a necessidade de comparar as espécies ou variedades e avaliar os fatores críticos.

Alguns autores encontraram destaques em características de desempenho e morfométricas em tilápias, avaliando diferentes variedades em vários sistemas de cultivo. Utilizando o sistema de produção em tanques-rede, MARENGONI (2006) avaliou o efeito da densidade de estocagem no desempenho da variedade Chitralada. MAINARDES PINTO et al. (2011) avaliaram o desempenho e produtividade da criação das variedades Chitralada e vermelha da Flórida, submetidas a diferentes densidades de estocagem e TENÓRIO et al. (2012) compararam o desempenho das variedades Chitralada, comum e o mestiço. VIEIRA et al. (2005) verificaram o desempenho do crescimento em viveiros das variedades Chitralada, Supreme, Bouaké e Chitralada, MARENGONI et al. (2010) avaliaram o desempenho produtivo e a proporção sexual de alevinos de tilápias vermelhas (*Oreochromis* sp.) sob inclusão de níveis crescentes de probiótico numa ração comercial utilizando diferentes águas mesohalinas em sistemas de recirculação e MASSAGO et al. (2010) compararam o desempenho inicial para peso e comprimento padrão das variedades Bouaké, GIFT, Supreme e Chitralada cultivadas também em sistema de recirculação.

Em estudos realizados com três variedades de tilápia do Nilo produzidas e comercializadas no Norte do Paraná, Brasil, verificaram as características morfométricas, rendimento e composição de filé (LEONHARDT et al., 2006). SILVA et al. (2009) avaliaram o efeito de faixas de peso sobre as características morfométricas e os rendimentos de carcaça, filé, cabeça, nadadeira, pele, vísceras e resíduos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da variedade Chitralada. TURRA et al. (2010) afirmaram que as medidas morfométricas utilizadas como critério de seleção permitem aos programas de melhoramento genético, baseados em seleção massal, sua inclusão como critério para alcançar o objetivo de grande interesse para as indústrias de processamento.

As características de desempenho e morfométricas são importantes, pois fornecem subsídios às indústrias de processamento e aos piscicultores que podem estimar sua produção econômica. Este estudo teve como objetivo comparar as características morfométricas e o desempenho zootécnico de populações monossexo macho de tilápia das variedades GIFT e Saint Peter<sup>®</sup> cultivadas em sistema misto no Oeste do Estado do Paraná, Brasil.

## 4.4 Material e Métodos

### 4.4.1 Local do cultivo

O cultivo foi conduzido durante o período de 160 dias, de junho a novembro de 2011, na Estação da Piscicultura Sgarbi, no Município de Palotina (24°17'02" S e 53°50'24" W), localizado na região Oeste do Estado do Paraná.

### 4.4.2 Variedades avaliadas

Avaliaram-se duas variedades de *Oreochromis*: a variedade pura GIFT (*O. niloticus*) e uma híbrida, *Oreochromis* spp., variedade Saint Peter<sup>®</sup>.

A variedade GIFT (*Genetically Improved Farmed Tilapia*) é originária da Malásia. Esta variedade foi desenvolvida inicialmente pelo *International Center for Living Aquatic Resources Management* (ICLARM) - atual *Worldfish Center*, a partir do cruzamento de oito variedades, sendo quatro africanas selvagens e outras quatro domesticadas na Ásia. As variedades africanas foram procedentes de Gana, Egito, Quênia e Senegal e as variedades asiáticas oriundas de Israel, Filipinas, Singapura e Taiwan (SILVA, 2009).

O programa de melhoramento genético na tilapicultura brasileira iniciou-se em 2005 a partir de uma parceria entre a Universidade Estadual de Maringá (UEM) e o *Worldfish Center* que resultou na transferência de 30 famílias de tilápia do Nilo, da variedade GIFT para a Estação de Piscicultura Codapar/UEM em Maringá, Paraná, Brasil (PONZONI et al., 2008).

A variedade Saint Peter<sup>®</sup> é um híbrido originário de Israel, resultante do cruzamento de *Oreochromis aureus* e *O. mossambicus*, com a participação de *Oreochromis hornorum* (SILVA, 2009). Apesar de não ter sido submetida ao programa de melhoramento genético, esta tilápia Saint Peter<sup>®</sup> é preferida por mercados consumidores de países como Colômbia, Filipinas, Jamaica, Malásia e Tailândia, principalmente pela atratividade da sua cor (HAMZAH et al. 2008).

Os juvenis da variedade GIFT foram obtidos de reprodutores provenientes do acasalamento da quarta (F<sub>4</sub>) geração do plantel de reprodução do programa de melhoramento genético da Estação de Piscicultura da Universidade Estadual de Maringá, no Distrito de Floriano (23°31'25" S e 52°03'12" W) e os da variedade híbrida,

foram oriundos de desovas ocorridas no período de dezembro de 2010 a março de 2011 do plantel de reprodutores da Estação da Piscicultura Sgarbi, local que foi realizado o experimento.

#### **4.4.3 Unidades de cultivo e manejo**

Foi utilizado um viveiro com área útil de 800 m<sup>2</sup> e profundidade média de 1,0 m, com abastecimento e escoamento d'água independente e com tela de proteção para possíveis predadores.

A preparação do viveiro foi realizada de acordo com as recomendações de BOYD e TUCKER (1998), seguindo a drenagem total, desinfecção, calagem e adubação, estabelecendo um ambiente favorável para o bom desenvolvimento dos peixes.

O sistema utilizado foi o semi-intensivo, sendo adotado 2,0 peixes m<sup>-2</sup> de lâmina de água. Foram alojados 480 peixes da variedade GIFT e 1400 peixes da variedade híbrida, totalizando 1880 animais com peso médio inicial individual de 15 g, cultivados em regime misto, conforme descrito por NEVES et al. (2008).

#### **4.4.4 Variáveis físicas e químicas da água e condições ambientais**

Durante o período de cultivo foi realizado diariamente o monitoramento *in loco* da temperatura da água no início do dia e no final da tarde, e semanalmente analisados o potencial hidrogeniônico e a transparência da água por meio do Disco de Secchi.

Os valores médios de dureza, alcalinidade total, alcalinidade de carbonatos e bicarbonatos, amônia e nitrito foram determinados semanalmente a partir de amostras da água analisadas no Laboratório de Qualidade de Água da Universidade Federal do Paraná (UFPR), do *Campus* de Palotina.

As informações das variáveis ambientais como temperaturas mínimas, médias, máximas e a precipitação diária foram obtidas da Estação Meteorológica do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR).

#### 4.4.5 Manejo de arraçoamento

O manejo de arraçoamento foi realizado em função da biomassa total do viveiro e da temperatura da água, conforme recomendações de BOYD e TUCKER (1998).

Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia, com ração comercial específica para a fase de desenvolvimento, sendo extrusada com 35% de proteína bruta para a fase de juvenis e crescimento durante o período de 1 a 100 dias (Ração I) e extrusada com 28% de PB para a fase de terminação durante o período de 101 a 160 dias (Ração II). A composição química das rações utilizadas encontra-se na Tabela 4.1. As quantidades de ração fornecidas foram administradas de acordo com a biomassa do viveiro, que variaram de 8%, na primeira a 2% na última semana. Foram realizadas biometrias mensalmente para o ajuste do arraçoamento.

**Tabela 4.1** - Composição química da ração comercial (Anhambí Alimentos) durante o cultivo de populações monossexo macho de tilápia das variedades GIFT e Saint Peter<sup>®</sup>.

Composição (%)	Ração	
	I	II
Proteína bruta	35	28
Umidade máxima	12	12
Cálcio máximo	3,8	3,3
Cálcio mínimo	1,8	1,2
Extrato etéreo	3	3
Fósforo	12	10
Iodo	1	1
Matéria fibrosa	7	9
Matéria mineral	13	13

Níveis de garantia do produto (quantidade/kg), Dieta I e Dieta II: vit. A 12000 UI e 9600 UI; vit. D3 2.400UI e 1920 UI; vit. E 200 mg e 160 mg; vit. K3 6,0 mg e 4,8 mg; vit. B1 15,0 mg e 12, 0 mg; vit. B2 36,0 mg e 28,0 mg; vit. B6 20,0 mg e 16,0 mg; vit. B12 36,0 mg e 28,0 mg; vit. C 1.000 mg e 200 mg; ácido fólico 3,8 mg e 3,0 mg; ácido pantotênico 40 mg e 32 mg; ácido nicotínico 150 mg e 120 mg; biotina 800 mg e 640 mg; inosito 1200 mg e 160 mg; ferro 50 mg e 50,0 mg; cobre 8,0 mg e 8,0 mg; zinco 100 mg e 100 mg; manganês 50 mg e 50 mg; selênio 300mg e 240 mg.

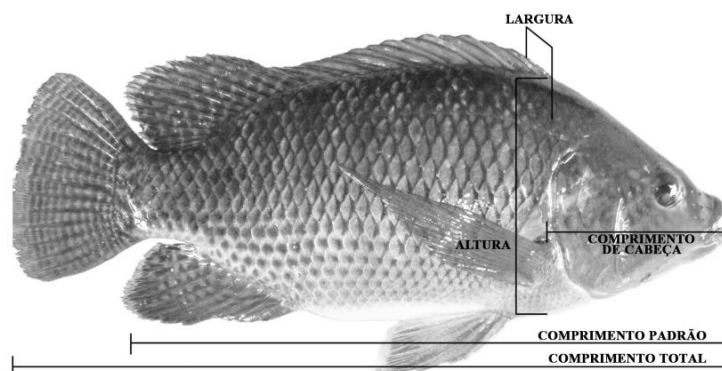
#### 4.4.6 Despesca e dados avaliados

A despesca foi realizada ao final do período de 160 dias. Os viveiros tiveram seus níveis de água reduzidos até a metade, para facilitar a captura dos peixes, realizada com rede de arrasto monofilamento, com dimensão de 15,0 x 3,0m. Os indivíduos não capturados com a rede foram coletados manualmente, após a drenagem total da água.



Foram avaliados individualmente 190 machos da variedade GIFT e 102 machos da variedade vermelha. Para realização das medidas morfométricas e do desempenho, os peixes foram acondicionados em um recipiente contendo um solução de 100 mg de eugenol por L<sup>-1</sup> de água (SIMÕES et al., 2010; DELBON e RANZANI PAIVA, 2012), relatado como um anestésico para peixes, para facilidade na mensuração das características. Após serem avaliados os peixes das duas variedades foram alojados em outros viveiros na piscicultura Sgarbi para finalização da terminação dos mesmos.

Para avaliação do desempenho, o peso individual dos peixes foi obtido com a utilização de balança semi-analítica com precisão de 0,01 g. Os dados morfométricos avaliados foram comprimento total, comprimento padrão, altura, largura, comprimento da cabeça, altura caudal, largura caudal, relação comprimento da cabeça/comprimento padrão, área e volume (Figura 4.1), foram obtidos de acordo com o método descrito por NAKATANI et al. (2001), sendo que os peixes foram medidos com a utilização de ictiômetro e paquímetro, ambos com precisão de 1mm.



**Figura 4.1** – Características mensuradas no programa de melhoramento genético de tilápia do Nilo da variedade GIFT da Universidade Estadual de Maringá (UEM).

O cálculo de área, considerando a área comestível do peixe um trapézio, foi realizado utilizando a seguinte equação:

$$\text{Área} = \frac{(\text{Alt} + \text{AltC}) * (\text{CP} - \text{Cab})}{2}$$

Em que, Alt = altura; Alt C = altura caudal; CP = comprimento padrão e Cab = comprimento da cabeça.

O volume da parte comestível do peixe foi calculado como uma pirâmide:

$$Volume = \frac{(Alt * Lar) * (CT - Cab)}{3} - \frac{(AltC * LarC) * (CT - CP)}{3}$$

Em que, Alt = altura; Lar = largura; CT = comprimento total; CP = comprimento padrão; Cab = comprimento de cabeça; Alt C = altura caudal; Lar C = largura caudal.

#### 4.4.7 Análises estatísticas

As análises foram efetuadas utilizando-se o procedimento PROC GLM do Statistical Analysis Software (SAS, 2004). Os dados foram previamente examinados para eliminação de informações inconsistentes.

Para avaliar a existência de diferenças estatísticas entre o desempenho das duas variedades de tilápia, realizou-se a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os modelos estatísticos utilizados na ANOVA consideraram-se os efeitos do grupo genético (GIFT e Saint Peter<sup>®</sup>) e idade à despesca, como covariável, dentro da variedade, uma vez que houve oscilação da idade à despesca apenas para os animais da variedade GIFT.

O modelo utilizado está descrito a seguir:

$$y_{ijk} = m + G_l + b_l (I_j/G_l) + e_{ijk}$$

Em que  $y_{ijk}$  é a observação das características analisadas;  $m$  é a constante geral;  $G_l$  é o efeito das variedades GIFT e Saint Peter<sup>®</sup> ou dos grupos genéticos da GIFT (superior, médio e inferior), e da híbrida Saint Peter<sup>®</sup>;  $b_l$  é o coeficiente de regressão linear das características analisadas em função da idade dentro da variedade GIFT;  $I_j/G_l$  é o efeito da idade  $j$  dentro da variedade GIFT e  $e_{ijk}$  é o erro aleatório associado a cada observação.

Os valores genéticos médios da variedade GIFT foram obtidos por meio do controle individual de pedigree e avaliação genética por BLUP (*Best Linear Unbiased Prediction*). Porém, para a variedade Saint Peter<sup>®</sup>, não foi possível utilizar esta metodologia, devido à inexistência de informações dos valores genéticos desta variedade.

## 4.5 Resultados e Discussão

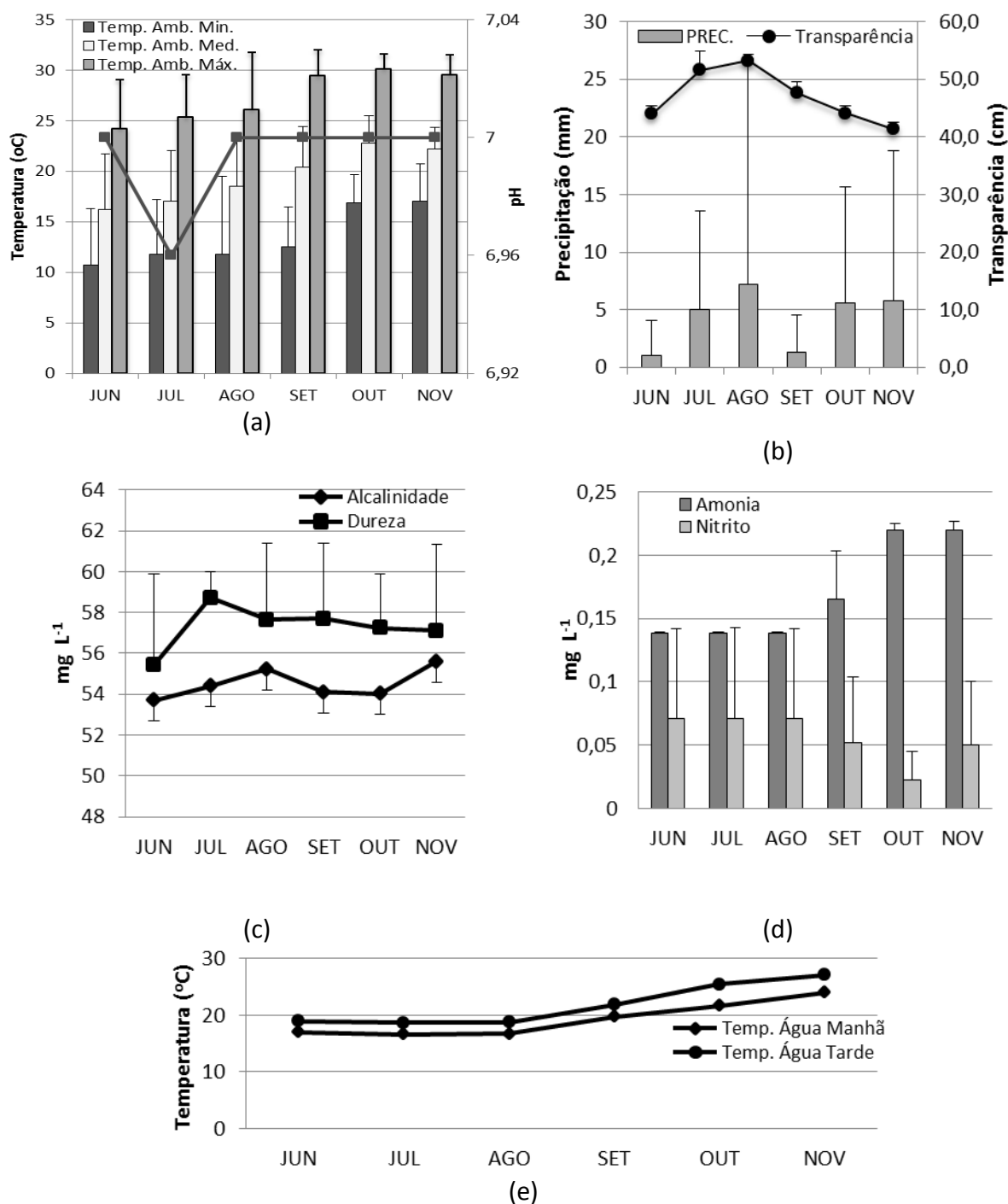
### 4.5.1 Parâmetros físicos e químicos da água

Na Figura 4.2 estão apresentadas as variáveis físicas e químicas da água e as condições ambientais avaliadas durante o período de cultivo. Os valores médios da temperatura do ar durante o experimento resultaram mínima de  $13,4 \pm 4,1^{\circ}\text{C}$  e máxima de  $27,4 \pm 4,9^{\circ}\text{C}$ . As médias de temperatura da água neste período apresentaram mínima e máxima de  $19,29 \pm 0,72^{\circ}\text{C}$  e  $21,80 \pm 0,55^{\circ}\text{C}$ , respectivamente e a precipitação, a média foi de  $5,8 \pm 5,9$  mm.

O período experimental ocorreu em parte no inverno (Figura 4.2), havendo alguns dias em que as médias de temperatura da água estiveram abaixo de  $16^{\circ}\text{C}$ , quando a alimentação foi suspensa, conforme recomendação de BOYD e TUCKER (1998), observando que em temperaturas abaixo de  $16$  ou  $17^{\circ}\text{C}$  os peixes cessam a ingestão de alimentos.

O PH e a transparência apresentaram médias de  $6,99 \pm 0,19$  e  $46,98 \pm 1,67$  cm, respectivamente. A alcalinidade e a dureza as médias foram de  $54,93 \pm 1,47$  mg L<sup>-1</sup> e  $57,31 \pm 3,34$  mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. A amônia total e o nitrito apresentaram médias de  $0,17 \pm 0,01$  mg L<sup>-1</sup> e  $0,06 \pm 0,0$  mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. As tilápias são tolerantes a condições ambientais adversas, com o pH predominante abaixo de  $8,0$  reduz a possibilidade de formação de amônia tóxica em níveis críticos (EL-SAYED, 2006).

As variáveis físicas e químicas da água do viveiro onde se realizou o experimento (Figura 4.2) não tiveram influência nos resultados do desempenho zootécnico e nas características morfométricas, pois estavam dentro dos níveis de conforto das variedades estudadas, com exceção da temperatura da água, ocorrendo em alguns dias durante o período de cultivo, valores abaixo do tolerado pelas variedades, sendo que o recomendado encontra-se na faixa de  $26$  a  $32^{\circ}\text{C}$  (BOYD; TUCKER, 1998; EL-SAYED, 2006).



**Figura 4.2** - Valores médios da temperatura ambiente e pH (a), precipitação e transparência (b), alcalinidade e dureza (c), amônia total e nitrito (d) e temperatura da água (e), no período de junho a novembro de 2011, totalizando 160 dias de cultivo.

### 3.5.2 Parâmetros de desempenho

Os valores médios de desempenho dos peixes das duas variedades estão apresentados na Tabela 4.2. Os resultados obtidos para peso final e ganho em peso

diário evidenciaram que a variedade GIFT foi superior ( $P < 0,001$ ) comparada à variedade Saint Peter<sup>®</sup>.

**Tabela 4.2** - Valores médios, desvios-padrão e coeficiente de variação (CV) do desempenho zootécnico das variedades GIFT e Saint Peter<sup>®</sup> avaliadas em viveiro na região Oeste do Paraná.

Característica (g)	GIFT	Saint Peter <sup>®</sup>	CV	P
Peso final	338,28±67,07	193,87±43,31	20,52	<0,001
Ganho em peso diário	1,96±0,41	1,14±0,27	20,51	<0,001

Estudos realizados por SOUZA et al. (2000), comparando o desempenho, encontraram para a tailandesa maior ganho em peso quando comparada à variedade vermelha israelense. O mesmo aconteceu no presente trabalho, porém, avaliando as variedades GIFT e Saint Peter<sup>®</sup>.

No presente trabalho (Tabela 4.2) a GIFT apresentou melhor desempenho comparada à variedade Saint Peter<sup>®</sup>. Comportamento semelhante ocorreu em estudos realizados por NEUMANN et al. (2009), que avaliaram o desempenho de três variedades, duas de *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo comum e tailandesa) e uma híbrida *Oreochromis* spp. (tilápia vermelha). Em condições de cultivo com variação de temperatura não controlada, a variedade de tilápia do Nilo comum apresentou melhor desempenho produtivo. A variedade tailandesa apresentou desempenho intermediário e a variedade de tilápia híbrida (vermelha) o desempenho produtivo foi inferior.

O peso médio final de 337,45 g e 193,87 g, respectivamente para GIFT e Saint Peter<sup>®</sup> diferiu significativamente (Tabela 4.2), no entanto, MARENGONI et al. (2008) apresentaram resultados contraditórios ao presente trabalho, avaliando o desempenho das variedades GIFT, Bouaké e Chitralada, durante a produção de juvenis em hapas. Os autores não verificaram diferenças significativas para peso médio final e ganho em peso diário para as variedades avaliadas. No entanto, o menor desempenho da variedade Saint Peter<sup>®</sup> também foi relatada por MARENGONI et al. (2009) que ao avaliarem o desempenho das variedades Chitralada I, Chitralada II e Saint Peter<sup>®</sup> em sistema de recirculação de água obtiveram melhor desempenho da Chitralada II comparada às demais variedades.

No presente trabalho (Tabela 4.2) avaliaram populações monossexo macho, em sistema de regime misto de cultivo, obtendo um maior desempenho da variedade GIFT

quando comparada à variedade Saint Peter<sup>®</sup>, no entanto, NEVES et al. (2008) avaliaram o desempenho zootécnico das variedades Bouake e Chitralada, em mesmo sistema de cultivo com populações machos e fêmeas em ambas as variedades e concluíram que não houve diferença significativa, porém o desempenho dos machos foram numericamente maiores que as fêmeas.

O melhor desempenho da GIFT em relação à Saint Peter<sup>®</sup> (Tabela 4.2), também foi relatada por FÜLBER et al. (2010) que avaliando o desempenho produtivo de três variedades de tilápia (Bouaké, Chitralada e GIFT) em diferentes fases de cultivo, densidades e níveis de proteína na região norte do Paraná encontraram diferenças significativas para peso final entre as variedades. Similarmente, os trabalhos realizados por VIEIRA et al. (2005), avaliando variedades Chitralada (UEM/Codapar), Supreme, proveniente da Piscicultura Aquabel, Bouaké (UEM/Codapar) e Chitralada (Aquabel), mostraram que a variedade Supreme foi superior às demais nas duas fases de criação. O efeito do melhoramento genético sobre as características produtivas das variedades geneticamente selecionadas pode ser utilizado com explicação para tais diferenças.

A diferença de desempenho entre a GIFT e a Saint Peter<sup>®</sup> após 160 dias foram significativas e concordam com os valores encontrados por MAINARDES PINTO et al. (2011), porém avaliando a tilápia tailandesa e vermelha da Flórida em tanques-rede, destacando o maior desempenho ( $P < 0,05$ ) da tailandesa.

A importância do melhoramento genético se destaca por apresentar maior eficiência das características produtivas sobre as variedades avaliadas, assim como relatado no trabalho realizado por MASSAGO et al., (2010) em que as variedades Supreme e GIFT sofreram melhoramento genético mais intenso, portanto apresentaram melhor desempenho comparado às variedades Chitralada e Bouaké.

#### **4.5.3 Parâmetros morfométricos**

Os valores médios das características morfométricas estão apresentados na Tabela 4.3. Observou-se diferença significativa em relação às duas variedades de tilápias.

Os valores médios das mensurações morfométricas do comprimento total, comprimento padrão, altura, largura, comprimento da cabeça, altura caudal, largura caudal, área do peixe e volume do peixe apresentaram valores maiores ( $P < 0,001$ ) para a variedade GIFT comparadas à Saint Peter<sup>®</sup>. No entanto, os valores médios para a

relação comprimento de cabeça/comprimento padrão nas duas variedades avaliadas não apresentaram diferenças significativas.

**Tabela 4.3** - Valores médios, desvios-padrão e coeficiente de variação (CV) das medidas morfométricas das variedades GIFT e Saint Peter<sup>®</sup> avaliadas em viveiro na região Oeste do Paraná.

Característica (cm)	GIFT	Saint Peter <sup>®</sup>	CV	P
Comprimento Total	25,67±1,78	21,39±1,58	7,05	<0,001
Comprimento Padrão (CP)	19,78±1,49	16,50±1,25	7,53	<0,001
Altura	7,69±0,68	6,32±0,66	9,32	<0,001
Largura	3,47±0,35	2,95±0,43	11,46	<0,001
Comprimento da Cabeça (Cab)	6,48±0,47	5,39±0,39	7,27	<0,001
Altura Caudal	2,77±0,28	2,28±0,22	9,99	<0,001
Largura Caudal	1,16±0,12	0,97±0,12	11,36	<0,001
Área	70,00±10,58	48,03±7,84	15,45	<0,001
Volume	166,58±31,99	96,54±20,86	19,90	<0,001
Relação Cab/CP	0,32±0,01	0,32±0,01	4,69	0,4666

LEONHARDT et al. (2006), avaliando três variedades de tilápia do Nilo, obtiveram resultados de maior ganho em peso e maior tamanho de cabeça para a tilápia tailandesa, quando comparada às variedades local e híbrida. O mesmo aconteceu com o presente trabalho (Tabela 4.2) em relação ao ganho em peso, sendo a que GIFT superou a Saint Peter<sup>®</sup>, porém a relação comprimento de cabeça/comprimento padrão entre as duas variedades não apresentaram diferenças significativas.

No presente trabalho (Tabela 4.3) as variedades avaliadas apresentaram comprimento da cabeça de 6,48 cm e 5,39 cm para GIFT e Saint Peter<sup>®</sup>, respectivamente. Porém, a relação do comprimento de cabeça/comprimento padrão para ambas as variedades destacaram mesmo valor (0,32), mostrando que a GIFT destacou-se com um melhor desempenho em relação às mensurações morfométricas e mesma relação comprimento de cabeça/comprimento padrão comparada à variedade Saint Peter<sup>®</sup>.

### 3.5.4 Desempenho dos grupos genéticos da variedade GIFT e da Saint Peter<sup>®</sup>

As médias de desempenho dos grupos genéticos GIFT comparada à Saint Peter<sup>®</sup> estão apresentadas na Tabela 4.4.

**Tabela 4.4** - Valores médios, desvios-padrão de desempenho zootécnico e coeficiente de variação (CV) dos grupos genéticos da variedade GIFT comparada à Saint Peter<sup>®</sup> avaliadas em viveiro na região Oeste do Paraná.

Característica (g)	GIFT			Híbrida Saint Peter <sup>®</sup>	CV
	Superior	Médio	Inferior		
Peso médio final	348,18±56,64a	336,08±75,28a	329,35±69,18a	193,87±43,31b	20,45
Ganho em peso diário	2,02±0,35a	1,95±0,47a	1,90±0,43a	1,14±0,27b	21,90

Letras distintas na mesma linha indicam diferenças ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Os valores médios de peso final e ganho em peso diário entre os três grupos genéticos da variedade GIFT não apresentaram diferenças significativas. Porém, todos os grupos da variedade GIFT apresentaram valores médios para o desempenho superiores ( $P < 0,05$ ) à variedade híbrida Saint Peter<sup>®</sup> (Tabela 4.4).

Estudos avaliando o crescimento e a sobrevivência de três grupos genéticos de tilápias, a variedade GIFT, o controle da GIFT e a tilápia vermelha, cultivados em viveiro na Malásia, com dietas contendo 28 e 34% de PB, também mostraram que o grupo genético da GIFT apresentou maior desempenho e sobrevivência comparado ao controle e a tilápia vermelha (SANTOS et al., 2012). Por outro lado, a superioridade de variedades geneticamente melhoradas (GIFT e GMNT) comparadas à convencional (CNT) não expressaram diferenças quanto ao crescimento em condições de cultivo padronizadas em laboratório (MAMUN et al., 2007), diferenciando do presente estudo que utilizou o regime misto de cultivo em viveiros sob condições comerciais.

Os valores médios das características morfométricas dos grupos genéticos da variedade GIFT e híbrida Saint Peter<sup>®</sup> em geral são maiores ( $P < 0,05$ ) para a variedade GIFT (Tabela 4.5).

Entre os grupos genéticos da variedade GIFT houve diferença ( $P < 0,05$ ) apenas para altura das tilápias do grupo superior em relação ao inferior. No entanto, os valores da relação comprimento da cabeça/comprimento padrão (0,32) para os grupos superior, médio e inferior da variedade GIFT, comparados à variedade híbrida não apresentaram diferenças significativas, concordando com SILVA et al. (2009) que, ao avaliar diferentes categorias de peso entre 250 a 600 g para tilápia do Nilo da variedade Tailandesa, encontraram valores de porcentagem de cabeça de 21,56% e a relação comprimento da cabeça/comprimento padrão foi 0,29.



**Tabela 4.5** - Valores médios, desvios-padrão de características morfométricas e coeficiente de variação (CV) dos grupos genéticos da variedade GIFT comparada à Saint Peter<sup>®</sup> avaliadas em viveiro na região Oeste do Paraná.

Característica (cm)	GIFT			Híbrida Saint Peter <sup>®</sup>	CV
	Superior	Médio	Inferior		
Comprimento Total	25,86±1,55a	25,55±1,97a	25,59±1,86a	21,39±1,58b	7,00
Comprimento Padrão (CP)	19,92±1,31a	19,69±1,65a	19,71±1,54a	16,50±1,25b	7,49
Altura	7,84±0,48a	7,69±0,64ab	7,53±0,85b	6,32±0,66c	9,21
Largura	3,48±0,22a	3,44±0,29a	3,50±0,49a	2,95±0,43b	11,62
Comprimento Cabeça (Cab)	6,53±0,44 a	6,44±0,44a	6,46±0,53a	5,39±0,39b	7,23
Altura Caudal	2,80±0,21a	2,82±0,32a	2,70±0,29a	2,28±0,22b	9,96
Largura Caudal	1,18±0,10a	1,16±0,13a	1,13±0,13a	0,97±0,12b	11,34
Área	71,54±8,85a	70,13±11,44a	68,17±11,36a	48,03±7,87b	15,32
Volume	170,75±26,97a	165,08±33,64a	163,37±35,37a	96,54±20,86b	19,76
Relação Cab/CP	0,32±0,01a	0,32±0,01a	0,32±0,01a	0,32±0,01a	4,76

Letras distintas na mesma linha indicam diferenças ( $P < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

Entre os grupos genéticos da variedade GIFT houve diferença ( $P < 0,05$ ) apenas para altura das tilápias do grupo superior em relação ao inferior. No entanto, os valores da relação comprimento da cabeça/comprimento padrão (0,32) para os grupos superior, médio e inferior da variedade GIFT, comparados à variedade híbrida não apresentaram diferenças significativas, concordando com SILVA et al. (2009) que, ao avaliar diferentes categorias de peso entre 250 a 600 g para tilápia do Nilo da variedade Tailandesa, encontraram valores de porcentagem de cabeça de 21,56% e a relação comprimento da cabeça/comprimento padrão foi 0,29.

A menor proporção de cabeça e outros resíduos podem estar relacionados com elevados rendimentos de filé (SOUZA et al., 2005). Desta forma, o tamanho da cabeça, pode ser considerado uma importante característica morfométrica para a seleção de variedades em programas de melhoramento genético que visam melhorias no rendimento de filé na tilapicultura (TURRA et al., 2010). Portanto, variedades que apresentam menores valores para a relação comprimento da cabeça/comprimento padrão, podem ser indicativas de maiores partes comestíveis.

#### 4.6 Conclusões

A tilápia do Nilo da variedade GIFT, independente do grupo genético, apresenta maior valor médio de desempenho zootécnico e morfométrico, quando comparada à

tilápia Saint Peter<sup>®</sup>, com exceção da relação comprimento da cabeça/comprimento padrão.

#### 4.7 Referências

BOYD, C.E.; TUCKER, C.S. **Pond aquaculture water quality management**. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998. 700 p.

BRASIL. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura - 2010**. Brasília: MPA, 2012. 129p.

DELBON, M.C.; RANZANI PAIVA, M.J.T. Eugenol em juvenis de tilápia do Nilo: concentrações e administrações sucessivas. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 43-52, 2012.

EL-SAYED, A.F.M. **Tilapia culture**. CABI London, 2006. 277p.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of World fisheries and aquaculture 2012**. Fisheries and Aquaculture Department. Disponível em: <http://www.fao.org/fishery/statistics>. Acesso em 28/09/2012.

FÜLBER, V.M.; RIBEIRO, R.P.; VARGAS, L.D.; BRACCINI, G.L.; MARENGONI, N.G.; GODOY, L.C. Desempenho produtivo de três linhagens de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com dois níveis de proteína. **ActaScientiarum.Animal Sciences**, v. 32, n. 1, p. 77-83, 2010.

HAMZAH, A.; NGUYEN, H.N.; PONZONI, R.W.; KAMARUZZAMAN, N.; SUBHA, B. Performance and survival of three red tilapia strains (*Oreochromis spp*) in pond environment in Kedah State, Malaysia. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 8., 2008, Cairo. **Proceedings...** Cairo: ATA, v. 1, p. 199-211, 2008.

KHAW, H.L.; PONZONI, R.W.; HAMZAH, A.; ABU-BAKAR, K.R.; BIJMA, P. Genotype by production environment interaction in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v. 326-329, p. 53-60, 2012.

LEONHARDT, J.H.; FILHO, M.C.; FROSSARD, H.; MORENO, A.M. Características morfológicas, rendimento e composição do filé de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, da linhagem tailandesa, local e do cruzamento de ambas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 27, n. 1, p. 125-132, 2006.

MAINARDES PINTO, C.S.R.; PAIVA, P.; VERANI, J.R.; SCORVO FILHO, J.D.; SILVA, A.L. Desempenho produtivo da tilápia tailandesa e da tilápia vermelha da Flórida estocadas em diferentes densidades, em tanques-rede instalados em viveiros. **Boletim do Instituto Pesca**, v. 37, n. 3, p. 225-234, 2011.

- MAMUN, S.M.; FOCKEN, U.; BECKER, K. Comparative digestion efficiencies in conventional, genetically improved and genetically male Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). **Aquaculture Research**, v. 38, p. 379-399, 2007.
- MARENGONI, N.G. Produção de Tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus* (Linhagem Chitralada), cultivada em tanques-rede sob diferentes densidades de estocagem. **Archivos de Zootecnia**, v. 55, n. 210, p. 127-138, 2006.
- MARENGONI, N.G.; POSSAMAI, M.; GONÇALVES JÚNIOR, A.C.; OLIVEIRA, A. A.M.A. Performance e retenção de metais pesados em três linhagens de juvenis de tilápia-do-Nilo em hapas. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 3, p. 351-358, 2008.
- MARENGONI, N.G.; PAULINO, J.W.F.; SILVA, V.O.; SOUSA, R.L.M.; FERREIRA, D.M.; REBOUÇAS, M.C.M.; OGAWA, M. Performance produtiva de diferentes linhagens de tilápia em sistema de recirculação de água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 19., 2009, Águas de Lindóia. **Anais...** São Paulo: ABZ, 2009. CD-ROM.
- MARENGONI, N.G.; ALBUQUERQUE, D.M.; MOTA, F.L.S.; PASSOS NETO, O.P.; SILVA NETO, A.A.; SILVA, A.I.M.; OGAWA, M. Desempenho e proporção sexual de tilápia vermelha sob à inclusão de probiótico em água mesohalina. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, n. 227, p. 403-414, 2010.
- MASSAGO, H.; CASTAGNOLLI, N.; MALHEIROS, E.B.; KOBERSTEIN, T.C.R.D.; SANTOS, M.A.; RIBEIRO, R.P. Crescimento de quatro linhagens de tilápia *Oreochromis niloticus*. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 4, p. 397-403, 2010.
- NAKATANI, K. **Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação**. Maringá: Eduem, 2001. 378p.
- NEUMANN, E; KOBERSTEIN, T.C.R.D.; BRAGA, F.M.S. Desempenho de três linhagens de tilápia submetidas ao tratamento com 17- $\alpha$ -metiltestosterona em condições ambientais não controladas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 6, p. 973-979, 2009.
- NEVES, P.R.; RIBEIRO, R.P.; VARGAS, L.; NATALI, M.R.M.; MAEHAMA, K.R.; MARENGONI, N.G. Evaluation of the performance of two strains of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in mixed raising systems. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, p. 531-538, 2008.
- PIRES, A.V.; PEDREIRA, M.M; PEREIRA, I.G.; JÚNIOR, A.F.; ARAÚJO, C.V.; SILVA, L.H.S. Predição do rendimento e do peso do filé da tilápia-do-Nilo. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 3, p. 315-319, 2011.
- PONZONI, R.W., NGUYEN, H.N., KHAW, H.L. Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) – present and future. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 8., 2008, Cairo. **Proceedings...** Cairo: ATA, v.1, p. 33-52, 2008.

- PONZONI, R.W.; NGUYEN, H.N.; KHAW, H.L.; HAMZAH, A.; ABU-BAKAR, K.R.; YEE, H.Y. Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to the work conducted by the WorldFish Center with the GIFT strain. **Reviews in Aquaculture**, v. 3, p. 27-41, 2011.
- SANTOS, A.I.; NGUYEN, N.H.; PONZONI, R.W.; YEE, H.Y.; HAMZAH, A.; RIBEIRO, R.P. Growth and survival rate of three genetic groups fed 28% and 34% protein diets. **Aquaculture Research**, v. 43, p. 1-9, 2012.
- SAS Institute. SAS/STAT<sup>®</sup> **Software**: help and documentation release 9.1.3. Cary: SAS Institute, 2004.
- SILVA, F.F.; FREATO, T.A. Avaliação de curvas de crescimento morfométrico de linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 5, p. 1486-1492, 2007.
- SILVA, J.W.B. **Tilápias: biologia e cultivo**. Evolução, situação atual e perspectivas da tilapicultura no Nordeste Brasileiro. Fortaleza: Edições UFC, 2009. 326p.
- SILVA, F.V.; SARMENTO, N.L. A.F.; VIEIRA, J.S.; TESSITORE, A.J. A.; OLIVEIRA, L.L.S.; SARAIVA, E.P. Características morfométricas, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias-do-nilo em diferentes faixas de peso. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 38, n. 8, p. 1407-1412, 2009.
- SIMÕES, L.N.; PAIVA, G.; GOMES, L.C. Óleo de cravo como anestésico em adultos de tilápia-do-nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n. 12, p. 1472-1477, 2010.
- SOUZA, V.L.; SILVA, P.C.; PÁDUA, D.M.C.; DALACORTE, P.C. Comparison of productive performance of sex reversed male Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (Thai Strain) and tetra hybrid red tilapia (Israeli Strain). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE, 5., 2000, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento e Departamento de Pesca e Aquicultura, v. 1, p. 83-87, 2000.
- SOUZA, M.L.R.; MACEDO-VIEGAS, E.M.; SOBRAL, P.J.A.; KRONKA, S.N. Efeito do peso de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) sobre o rendimento e a qualidade de seus filés defumados com e sem pele. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 1, p. 51-59, 2005.
- TENÓRIO, I.V.; SOARES, M.C.F.; LOPES, J.P. Desempenho comparativo em tanques-rede de três linhagens da tilápia do Nilo – *Oreochromis niloticus*: comum, chitralada e mestiço. **Revista Biotemas**, v. 25, n. 1, p. 65-72, 2012.
- TURRA, E.M.; OLIVEIRA, D.A.A.; TEIXEIRA, E.A.; PRADO, S.A.; MELO, D.C.; SOUZA, A.B. Uso de medidas morfométricas no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira Reprodução Animal**, v. 34, n. 1, p. 29-36, 2010.

VIEIRA, V.P.; RIBEIRO, R.P.; MOREIRA, H.L.M.; POVH, J.A.; VARGAS, L.; BARRERO, N.M.L. Avaliação do desempenho produtivo de linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em Maringá-PR. **Revista Acadêmica**, v. 3, n. 3, p. 19-26, 2005.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As famílias de tilápia do Nilo, da variedade GIFT, avaliadas em Maringá, comparadas com as de Palotina, apresentaram desempenho diferenciado, sendo que as avaliadas em Maringá obtiveram melhor desempenho em peso corporal e um maior ganho em peso diário.

A interação genótipo-ambiente foi comprovada entre as famílias nos distintos ambientes, por meio das baixas correlações genéticas e fenotípicas e da estimativa da correlação de Spearman. O *ranking* das famílias apresentou resultados que se houvesse a necessidade de seleção de 10% das famílias de Maringá e Palotina, não haveria coincidência entre elas.

Os resultados obtidos da presença de interação genótipo-ambiente sugere-se o gerenciamento de várias estações de avaliação de desempenho de tilápia do Nilo espalhadas pelo país, de forma que sejam produzidos animais geneticamente superiores para as mais variadas condições de cultivo. É importante que esta organização seja realizada de forma rápida e eficiente, trazendo os progressos genéticos para mais perto dos produtores e consumidores.

A variedade GIFT quando comparada à Saint Peter<sup>®</sup>, indiscutivelmente, foi superior em todas as características de desempenho e morfométricas, sendo a GIFT uma promissora na cadeia produtiva da tilapicultura, devido aos expressivos resultados obtidos pelo programa de melhoramento genético realizado ao longo de décadas com a variedade GIFT.