

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**IMPACTO DA SELEÇÃO GENÉTICA NA  
MORFOMETRIA E DESEMPENHO DE TILÁPIAS DO  
NILO**

Autora: Aline Mayra da Silva Oliveira Zardin  
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro  
Coorientador: Prof. Dr. Carlos Antonio Lopes de Oliveira

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
junho – 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**IMPACTO DA SELEÇÃO GENÉTICA NA  
MORFOMETRIA E DESEMPENHO DE TILÁPIAS DO  
NILO**

Autora: Aline Mayra da Silva Oliveira Zardin  
Orientador: Dr. Ricardo Pereira Ribeiro  
Coorientador: Dr. Carlos Antonio Lopes de Oliveira

“Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração Produção Animal”.

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
junho – 2016

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

Z36i Zardin, Aline Mayra da Silva Oliveira  
Impacto da seleção genética na morfometria e  
desempenho de tilápias do Nilo / Aline Mayra da  
Silva Oliveira Zardin. -- Maringá, 2016.  
xv, 69 f.: il. figs. tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro.  
Co-orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio Lopes de  
Oliveira.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual de  
Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia, 2016.

1. Correlação genética. 2. Endogamia. 3. Forma do  
corpo. 4. Ganho genético. 5. Oreochromis niloticus.  
6. Tendência genética. I. Ribeiro, Ricardo Pereira,  
orient. II. Oliveira, Carlos Antonio Lopes de,  
orient. III. Universidade Estadual de Maringá,  
Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós  
Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 23.ed. 639.3774

MRP-003521



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**IMPACTO DA SELEÇÃO GENÉTICA NA  
MORFOMETRIA E DESEMPENHO  
DE TILÁPIAS DO NILO**

Autora: Aline Mayra da Silva Oliveira Zardin  
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro

TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção Animal

APROVADA em 21 de junho de 2016.

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eliane Gasparino

Prof. Dr. Lauro Daniel  
Vargas Mendez

Prof. Dr. Nelson Mauricio  
Lopera Barreiro

Dr. Luiz Alexandre Filho

Prof. Dr. Ricardo Pereira Ribeiro  
(Orientador)

“Cada um tem de mim exatamente o que cativou, e cada um é responsável pelo que cativou. Não suporto falsidade e mentira. A verdade pode machucar, mas é sempre mais digna!

Aprendi que vai demorar muito para me transformar na pessoa que quero ser e devo ter paciência. Mas aprendi também que posso ir além dos limites que eu próprio coloquei.

Bom mesmo é ir à luta com determinação, abraçar a vida e viver com intensidade. Perder com classe e vencer com ousadia, pois o triunfo pertence a quem mais se atreve e a vida é muito para ser insignificante.

Eu faço e abuso da felicidade e não desisto dos meus sonhos. O mundo está nas mãos daqueles que têm coragem de sonhar e correr o risco de viver seus sonhos.”

**Charles Chaplin**

“Ao meu esposo, **Andrei**, aos meus pais **Maria Cristina** e **Claudivar** por existirem, pelo amor incondicional, dedicação e apoio em todos os momentos da minha vida. Aos meus irmãos, **Arielly Cristina** e **Renan**, pelo carinho e por sempre estarem ao meu lado. Aos amigos pelo apoio e incentivo durante mais esta etapa de minha vida.”

Dedico também aos meus maiores amigos caninos, Cacau, Amora, Chico e, em especial, ao Fofão, que partiu no mês de março de 2016. Fofão nos acompanhou por pouco tempo, tempo de quase todo o doutorado, mas foi o necessário para alegrar nossos dias...meus dias!!! Espero que eu tenha conseguido transmitir o mesmo amor incondicional e alegria que você me transmitiu nesses anos que fez parte de minha vida...

“...se entre amigos encontrei cachorros, entre cachorros encontrei-te, amigo Fofão”

por Belmiro Braga

## **DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida.

À minha querida mãe Maria Cristina e meu querido “paidrasto” Claudivar, por todo amor, educação, dedicação para comigo sempre e principalmente ao exemplo de luta diante das dificuldades... que sempre há algo para tirarmos de lição nesta vida e que não se pode desistir ao primeiro obstáculo.

Ao meu esposo Andrei, pela paciência imensurável, incentivos, compreensão e companheirismo em todos os momentos.

Aos meus irmãos Renan e Arielly Cristina, que apesar da distância sempre torceram pelas minhas conquistas.

Ao professor Ricardo Pereira Ribeiro, por ser meu orientador, pela confiança, amizade, conselhos e oportunidades durante todos esses anos.

Ao professor Carlos Antonio Lopes de Oliveira pelos ensinamentos, amizade e oportunidades.

Ao grupo de pesquisa PeixeGen, no qual tive a oportunidade de ingressar, em especial aos integrantes Gabriel Rizzato, Elenice e Márcio Goes, Graciela Braccini, Nelson Lopera, Dilma Botter, Pedro Castro, Bia Conte, Felipe Souza, André Garcia, Dienifer Bonifácio, Isabella Testi, Renan Cucato, Guilherme Lautenschlager, Jaísa Casetta e Priscila Galdino, pela colaboração, conversas, risadas, amizade em todos os momentos.

Aos funcionários da UEM/CODAPAR e Rio do Corvo José Geraldo, Vítor Moisés, Cleiton, Nelson, Mário e Antonio pelo apoio, compartilhando seus conhecimentos e experiências.

À Universidade Estadual de Maringá – UEM, pela oportunidade do curso de Doutorado em Zootecnia de qualidade e entre outras oportunidades oferecidas no decorrer dos anos de estudos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pelo apoio e investimento por meio da bolsa de estudos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela dedicação nas aulas ministradas e por compartilhar seus conhecimentos e experiências.

Aos meus amigos Ana Lúcia Teodoro, José Luiz Pilecco, Kellen Kuwahara, Kaliane Oliveira, Rejane Stubs, Camila Carvalho, Joyce Sato, Elenice Reis, Sheila Oliveira, Angélica Khatlab, Adeline Bachiega, Camila Orlandi, Maria Clara Madeira, Milena Sanchez, Marcela Redondo, Lilian S. Oliveira, Geize-Bel Odorício, Rosencians e Frank de Paula pelas valiosas contribuições em minha vida e pela amizade verdadeira.

Aos meus colegas de turma de Doutorado em Zootecnia – UEM ingressos em 2013, pelo convívio, benevolência e amizade.

**... Enfim, agradeço a todos que encontrei nesta caminhada, mesmo que não tenha mencionado e de alguns nem recorde os nomes, rostos ou atos...**

**...Todos os encontros proporcionaram mudanças em minha vida, portanto...**

**MUITO OBRIGADA A TODOS!!!**

## **BIOGRAFIA**

ALINE MAYRA DA SILVA OLIVEIRA ZARDIN, filha de Fábio do Nascimento Oliveira e Maria Cristina da Silva, nasceu em Presidente Venceslau, no estado de São Paulo, em 1984.

Em agosto de 2009 graduou-se em Zootecnia pela Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - UEM, Unidade de Aquidauana - MS.

No início de agosto de 2009 foi contratada pela empresa Riviera Assistência e Comércio de Softwares LTDA – Riviera Tecnologia para Pecuária, na cidade de Campo Grande - MS, no qual exerceu a função de auxiliar administrativa e técnica de campo.

No mês de fevereiro de 2011 ingressou no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, área de concentração Produção Animal no Cerrado-Pantanal, na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade de Aquidauana - MS, realizando estudo na área de Melhoramento Genético Animal, com ênfase em produção e melhoramento de peixes de água doce. No dia 05 de fevereiro de 2013, submeteu-se à defesa para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Iniciou os estudos em nível de doutorado no mês de março de 2013, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá - UEM, na cidade de Maringá, PR.

No dia 21 de junho de 2016 submeteu-se à defesa para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

## ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	xi
RESUMO .....	xii
ABSTRACT .....	xiv
<b>I – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Caracterização da Espécie .....	2
1.2. Uso De Medidas Corporais em Peixes .....	4
1.3. Processamentos e Rendimentos Corporais em Tilápias do Nilo .....	5
1.4. Associação das Características Corporais com Desempenho e Rendimentos .	6
Referências .....	9
<b>II – OBJETIVOS GERAIS .....</b>	<b>14</b>
<b>III – RESPOSTA À SELEÇÃO DIRETA E CORRELACIONADA DE</b>	
<b>    CARACTERÍSTICAS DE INTERESSE ECONÔMICO EM TILÁPIAS DO</b>	
<b>    NILO .....</b>	<b>15</b>
Abstract .....	15
Introdução .....	16
Material e Métodos .....	17
Resultados e Discussão .....	23
Conclusões .....	30
Referências .....	30

IV – RESPOSTA À SELEÇÃO DE CARACTERÍSTICAS CORPORAIS E DE DESEMPENHO EM TILÁPIAS DO NILO, VARIEDADE TILAMAX, DURANTE SETE GERAÇÕES .....	33
ABSTRACT .....	34
INTRODUÇÃO .....	35
MATERIAIS E MÉTODOS .....	36
RESULTADOS .....	42
DISCUSSÃO .....	45
CONCLUSÕES .....	49
RESUMO .....	49
REFERÊNCIAS .....	50
V – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
VI – ANEXOS .....	54
ANEXO 1 – Normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira .....	55
ANEXO 2 – Normas da Revista Anais da Academia Brasileira de Ciências.....	60

## LISTA DE TABELAS

	Página
III – RESPOSTA À SELEÇÃO DIRETA E CORRELACIONADA DE CARACTERÍSTICAS DE INTERESSE ECONÔMICO EM TILÁPIAS DO NILO .....	15
Tabela 1. Número total de indivíduos, machos e fêmeas, famílias por geração, período de avaliação (cultivo em dias) e valores médios com seus respectivos desvios padrão da idade (dias), características corporais e de desempenho .....	20
Tabela 2 Médias <i>a posteriori</i> e respectivos intervalos de credibilidade da herdabilidade ( $h^2$ ), variância genética aditiva ( $\sigma^2a$ ) e participação relativa do efeito comum de família ( $F^2$ ) nas análises unicarácter.....	24
Tabela 3. Correlações genéticas (abaixo da diagonal) e fenotípicas (acima da diagonal) em análise bicarácter com seus respectivos intervalos de credibilidade das características corporais e de desempenho.....	26
Tabela 4. Coeficientes de regressão ( $\beta_1$ ) e respectivos intervalos de credibilidade (IC), médias fenotípicas ( $\mu$ ), ganhos genéticos ( $\Delta g$ ) estimados para as características corporais e de desempenho nas gerações cinco, seis e sete de tilápias do Nilo, variedade Tilamax .....	28
IV – RESPOSTA À SELEÇÃO DE CARACTERÍSTICAS CORPORAIS E DE DESEMPENHO EM TILÁPIAS DO NILO, VARIEDADE TILAMAX, DURANTE SETE GERAÇÕES .....	33

TABELA I Número total de indivíduos, machos e fêmeas, famílias por geração, período de avaliação (cultivo) e valores médios com seus respectivos desvios padrão da idade, características corporais e de desempenho.....	40
TABELA II Médias a posteriori e respectivos intervalos de credibilidade da herdabilidade ( $h^2$ ), variância genética aditiva ( $\sigma^2_a$ ) e participação relativa do efeito comum de família ( $F^2$ ) em análises unicarácter. ....	42
TABELA III Coeficientes de regressão ( $\beta_1$ ) e respectivos intervalos de credibilidade (IC), médias fenotípicas ( $\mu$ ), tendências genéticas e ganhos genéticos ( $\Delta g$ ) estimados para características corporais e desempenho de tilápias do Nilo, variedade Tilamax, produzidas de 2008 a 2015. ....	43

## LISTA DE FIGURAS

	Página
III – RESPOSTA À SELEÇÃO DIRETA E CORRELACIONADA DE CARACTERÍSTICAS DE INTERESSE ECONÔMICO EM TILÁPIAS DO NILO .....	15
Figura 1. Medidas corporais mensuradas em cada peixe nas três gerações. ....	19
Figura 2. Representação da Área e CTro. ....	20
IV – RESPOSTA À SELEÇÃO DE CARACTERÍSTICAS CORPORAIS E DE DESEMPENHO EM TILÁPIAS DO NILO, VARIEDADE TILAMAX, DURANTE SETE GERAÇÕES .....	33
Figura 1 - Medidas corporais mensuradas em cada peixe nas sete gerações.....	39
Figura 2- Representação da Área e CTro.....	39
Figura 3 - Taxa de endogamia de tilápias do Nilo, variedade Tilamax, produzidas entre 2008 a 2015. ....	44

## RESUMO

Objetivou-se estimar os componentes de variâncias e covariâncias, parâmetros genéticos e associações genéticas de características corporais e de desempenho de tilápias do Nilo da variedade Tilamax, cultivadas em tanques-rede, por meio de inferência Bayesiana, além de avaliar a resposta à seleção e a evolução genética entre as diferentes gerações, bem como verificar o impacto da seleção nas características, ao selecionar os peixes com base no ganho em peso diário. No primeiro trabalho o conjunto de dados continha informações de machos e fêmeas de tilápias cultivadas em tanques-rede, nos anos de 2011-12, 2013 e 2014. Foram realizadas estimações dos componentes de variâncias e covariâncias, tendências genéticas para altura e largura caudal, comprimento do tronco, área do corpo, peso à despesca, ganho em peso diário e volume de filé, por inferência Bayesiana. Utilizou-se um modelo animal considerando efeitos aleatórios genético aditivo, residual e comum de família, além dos efeitos fixos de sexo e tanques-rede, em análises uni e bicaracterísticas. As correlações genéticas entre as características foram positivas e superiores a 0,82, evidenciando incrementos nas características, principalmente área do corpo e volume de filé. As herdabilidades das características corporais e desempenho foram de média magnitude. Os ganhos genéticos foram crescentes em todas as características, em especial no ganho em peso diário, peso à despesca, área do corpo e volume de filé com valores de 4,15, 4,59, 2,30 e 3,65% por geração, respectivamente. A seleção baseada no ganho em peso diário resultou em ganhos genéticos indiretos nas características ao longo das gerações, alterando a forma do corpo dos peixes, aumentando o peso corporal com tendência às alterações no peso de filé, bem como no aproveitamento de diferentes cortes para o mercado consumidor. No segundo trabalho foram utilizadas informações de machos e fêmeas de tilápias de sete gerações de seleção, cultivadas em tanques-rede de 2008 a

2015. Foram estimados componentes de variâncias para comprimentos total, padrão e do tronco, altura e largura do corpo, área do corpo, peso à despesca, ganho em peso diário e volume de filé pela metodologia Bayesiana, em análise unicaracterística, além de tendências genéticas e taxa de endogamia. As herdabilidades foram de média magnitude, com valores entre 0,14 a 0,28. As tendências genéticas evidenciaram incrementos dos valores genéticos no decorrer das gerações, com taxas anuais de ganhos de 1,440 cm<sup>2</sup> na área do corpo, 12,90 g no peso à despesca, 0,04 g/dia no ganho em peso diário e 3,317 cm<sup>3</sup> no volume de filé, representando 1,27, 2,35, 2,29 e 1,90% por geração, respectivamente. A taxa de endogamia apresentou pequeno incremento, com valor de 0,0036 na geração oito. Os valores de herdabilidades e variâncias genéticas no decorrer das gerações evidenciaram o progresso genético e resposta à seleção, com principais ganhos nas características área do corpo, peso à despesca, ganho em peso diário e volume de filé, sem reduzir a variabilidade genética e com baixo incremento de endogamia, possibilitando ganhos genéticos nas futuras gerações desta variedade.

**Palavras-chave:** correlação genética, endogamia, forma do corpo, ganho genético, *Oreochromis niloticus*, tendência genética.

## **ABSTRACT**

This study aimed to estimate the variance and covariance components, genetic parameters and genetic associations of body traits and performance of Nile tilapia, Tilamax variety, grown in cages, and evaluate responses to selection and genetic evolution between generations, as well as verify the impact of selection on traits, when selecting fish based on daily weight gain. The data set used in the first study contained information of male and female tilapia grown in cages in 2011-12, 2013 and 2014. Estimates were made of variances and covariances components, genetic trends for height and tail width, trunk length, body area, harvest weight, daily weight gain and fillet volume by Bayesian Inference. An animal model considering random effects additive, residual and common family was used in addition to the fixed effects of sex and cages, in single-trait and bi-characteristics analysis. Genetic correlations between traits were positive and higher than 0.82, showing increase in traits, mainly body area and fillet volume. The heritabilities of body traits and performance were of moderate magnitude. Genetic gains were increasing to all traits, specially for daily weight gain, harvest weight, body area and fillet volume with values of 4.15, 4.59, 2.30 and 3.65% per generation, respectively. The selection based on daily weight gain resulted in indirect genetic gains in trait over the generations, changing body shape, increasing body weight with trends changing the fillet weight, as well as in the taking advantage of different cuts to the consumer market. The data set used in the second study contained information of male and female tilapia of Tilamax variety, produced in cages from 2008 to 2015. Estimates were made of variances components for total, standard and trunk length; height and width of the body, body area, harvest weight, daily weight gain and fillet volume by Bayesian inference, using single-trait analysis, in addition to genetic trends and rate of inbreeding. The heritabilities were of moderate

magnitude with values between 0.14 to 0.28. The genetic trends showed increases of genetic values over the generations, with annual rates gains of 1.440 cm<sup>2</sup> in body area, 12.90 g in harvest weight, 0.04 g day<sup>-1</sup> in daily weight gain and 3.317 cm<sup>3</sup> in fillet volume, representing 1.27, 2.35, 2.29 and 1.90% per generation, respectively. The rate of inbreeding showed small increment, with value of 0.36% for generation eight. The heritabilities values and genetic variances over the generations showed the genetic progress and response to selection, with the main gains in traits body area, harvest weight, daily weight gain and fillet volumes without reducing the genetic variability and with small increment of inbreeding, which enables genetic gains on future generations.

**Keywords:** genetic correlation, inbreeding, body shape, genetic gain, *Oreochromis niloticus*, genetic trend.

## I - INTRODUÇÃO

A produção pesqueira mundial foi de 158 milhões de toneladas em 2012 (FAO 2014), sendo que a projeção da produção mundial para 2024 é de 191 milhões de toneladas (OECD/FAO 2015), na qual a aquicultura será a principal responsável e poderá alcançar a produção de 96 milhões de toneladas, superando a pesca em 2023, tornando-se um dos setores produtivos de acelerado crescimento.

No Brasil, a pesca e aquicultura desempenham papel importante na segurança alimentar e atualmente o país é o segundo maior produtor aquícola no continente americano, atrás apenas do Chile, fornecendo uma fonte importante de proteínas e melhorando a condição de vida de milhões de famílias. Estima-se um crescimento para a produção aquícola brasileira de 52% de 2012-14 a 2024 (OECD/FAO 2015).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE 2014), o Brasil atingiu produção superior a 628 mil toneladas de pescado em 2014 e é um dos sete maiores produtores de tilápias do mundo, sendo esta espécie uma das três mais cultivadas no planeta (ACEB 2014). A tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, é uma das espécies de peixes que apresenta características específicas, em que o mercado consumidor se identifica e aprecia, tornando-se um dos principais destaques da piscicultura continental brasileira. Sua produção chegou a 199 mil toneladas em 2014, representando 42% do total de pescado produzido (IBGE 2014), sendo considerada uma das espécies mais promissoras para a piscicultura por exibir características de interesse zootécnico como boa conversão alimentar e ganho de peso, rusticidade ao manejo, resistência a doenças e carne de qualidade superior com poucas espinhas (Lopera-Barrero et al. 2011).

A contínua intensificação dos sistemas de cultivo de tilápias acarreta a necessidade de se desenvolver variedades de desempenho superior (Costa et al. 2009), com rápido

crescimento e adaptadas a diferentes sistemas de cultivo, para se obter maior quantidade de carne com menor custo de produção (Diodatti unpublished data).

Pesquisas genéticas e a aplicação de programas de melhoramento são geralmente responsáveis pela maior eficiência de produção e aumento da produtividade das lavouras e pecuárias tradicionais (Santos unpublished data). Em peixes, os resultados obtidos com a implantação de programas de melhoramento mostram que a taxa de crescimento pode ser aumentada significativamente, atingindo ganhos genéticos de 15% por geração em programas bem conduzidos (Ponzoni et al. 2005).

Nos diversos programas de melhoramento de tilápias do Nilo, além do peso e ganho em peso, há interesse por características de forma corporal (Ponzoni et al. 2005; Rutten et al. 2005a; Charo-Karisa et al. 2007; Nguyen et al. 2010; Gjerde et al. 2012; Kunita unpublished data; Hamzah et al. 2015), informações estas que podem auxiliar na estimação dos parâmetros genéticos e de rendimentos corporais, sem necessidade de sacrificar os peixes e, ainda, podem ser utilizadas como critério de seleção e no controle do crescimento nas diferentes fases de vida dos peixes (Diodatti et al. 2008).

Segundo Contreras-Guzmán (1994), a forma do corpo é de suma importância na escolha de equipamentos para pesca, estocagem e processamento na indústria, pois pode afetar as operações de decapitação, evisceração, limpeza geral, além de influenciar os rendimentos da carne quando processada na forma de corpo limpo, a velocidade de resfriamento e o congelamento.

Na tilapicultura, a avaliação do crescimento dos peixes é feita principalmente em características de desempenho e rendimentos do processamento (Martins et al. 2009), visto que as medidas corporais contribuem para a descrição da forma corporal e variam conforme as características de cada espécie, além de poder influenciar o peso corporal, o peso e o rendimento do filé (Bosworth et al. 1998). Entretanto, pouco se sabe da influência das medidas corporais no rendimento dos cortes comerciais e a relação entre eles pode ser de grande valia para programas de melhoramento genético de tilápias do Nilo.

### **1.1. Caracterização da Espécie**

A tilápia do Nilo, *O. niloticus*, é pertencente à família *Cichlidae* e é originária da África, sendo encontrada em vários países de clima tropical ou subtropical (Ribeiro 2001). Foi inicialmente introduzida no Brasil em 1971 pelo Departamento Nacional de

Obras Contra a Seca – DNOCS (Nogueira unpublished data) e posteriormente, em 1996, foram importados 20.800 exemplares de tilápias do Nilo da variedade Chitralada da Tailândia (Zimmermann e Fitzsimmons 2004).

Nos anos de 2002 e 2005, variedades melhoradas, Supreme e GIFT respectivamente, também foram introduzidas no país (Massago et al. 2010). Estas foram desenvolvidas pelo atual WorldFish Center, que realizou o mais longo programa de melhoramento genético de tilápias nas Filipinas (Santos unpublished data). Este programa envolveu quatro populações selvagens capturadas em Gana, Egito, Quênia e Senegal, além de quatro populações cultivadas nas Filipinas, Israel, Taiwan e Tailândia (Massago et al. 2010).

A variedade GIFT é um bom exemplo de programa de melhoramento genético na piscicultura brasileira (Royo 2010). A partir de um convênio entre a Universidade Estadual de Maringá e o WorldFish Center, juntamente com a Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca, extinto Ministério da Pesca e Aquicultura (MPA), foram importadas 30 famílias, iniciando o programa de melhoramento genético de tilápias do Nilo em Maringá – PR (Resende et al. unpublished data).

A tilápia do Nilo é uma das espécies de peixes mais promissoras para a piscicultura por apresentar características de interesse zootécnico, boa conversão alimentar e ganho de peso, rápido crescimento, resistência a doenças, capacidade de suportar altas densidades de povoamento e tolerância a baixos teores de oxigênio dissolvido (Ribeiro 2001; Nogueira 2007), principalmente tratando-se da produção em tanques-rede (Scorvo Filho et al. 2010).

As tilápias possuem carne branca com textura firme, sabor delicado, poucas espinhas e ausência de odor desagradável, além de fácil filetagem, características estas que a torna uma carne de qualidade superior e, portanto, com boa aceitação pelo consumidor (Nogueira 2007; Silva et al. 2009; Lopera-Barrero et al. 2011).

Apesar desta espécie apresentar hábito alimentar fitoplanctófago, possui grande capacidade de aceitar alimento artificial, seja na forma farelada, peletizada ou extrusada, ocupando um baixo nível trófico na cadeia alimentar do ambiente aquático, o que a confere a capacidade de produzir proteína de alta qualidade com o uso de fontes alternativas de proteína (Ribeiro 2001).

## 1.2. Uso De Medidas Corporais em Peixes

A morfometria é definida como o estudo da forma e do tamanho do corpo do animal, e de como estas duas variáveis se relacionam entre si, constituindo uma ferramenta para entender a relação destas com diversas outras variáveis (Moraes 2003). É uma técnica não invasiva e vantajosa para avaliar o rendimento corporal na piscicultura (Conte unpublished data), é de fácil obtenção, sem a necessidade de sacrificar os peixes para sua realização (Diodatti et al. 2008), podendo ser utilizada como critério de seleção em programas de melhoramento (Rutten et al. 2004).

Por meio das medições das características corporais em peixes podem ser estimados os rendimentos, razões corporais e índices para as avaliações de crescimento comparativo de variedades, além de serem utilizadas em testes de rações ou mesmo seleção genética (Rodriguez unpublished data).

Segundo Diodatti et al. (2008), a caracterização da carcaça por medidas corporais como comprimento padrão, tamanho ou comprimento da cabeça, altura e largura do corpo e perímetros corporais podem ser procedimentos muito importantes na estimação dos rendimentos cárneos, em que as alterações nos valores ou na proporcionalidade entre as medidas corporais afetam, indiretamente, as características da carcaça. De acordo com Maciel et al. (2014), as medidas de altura e largura do tronco em mandi, *Pimelodus blochi*, influenciam diretamente na conformação do filé e estes peixes são mais robustos quando a relação largura/comprimento é elevada. Nos peixes redondos, Reis Neto et al. (2012) concluíram que as medidas de comprimento da cabeça e altura do corpo, tomada no primeiro raio da nadadeira dorsal, são importantes para determinar o peso dos peixes e estão diretamente relacionadas com o rendimento de carcaça.

Correlações positivas e significativas entre todas as medidas corporais foram verificadas por Machado e Foresti (2012) ao avaliarem estas características em curimatás, *Prochilodus lineatus*, de estoques do rio Mogi-Guaçu, sendo todas elas diretamente proporcionais ao comprimento padrão. Conforme Oliveira et al. (2013), as características corporais de tilápias do Nilo, sob seleção, aumentam com o aumento do peso dos peixes, porém em velocidades de crescimento diferentes, sendo a forma do corpo determinada em idade menor que o peso. Silva et al. (2009) também observaram que o crescimento das partes do corpo é proporcional ao aumento do peso corporal ao avaliarem as características corporais e de rendimentos de tilápias do Nilo em quatro faixas de peso.

### **1.3. Processamentos e Rendimentos Corporais em Tilápias do Nilo**

Para a maioria das espécies de peixes, o importante é o conhecimento do rendimento de filé, além da necessidade de se saber sobre o rendimento de carcaça. Entretanto, é preciso estudar sobre o rendimento de todas as partes comestíveis possíveis devido às grandes quantidades de resíduos gerados na filetagem que podem ser melhor aproveitados (Macedo-Viégas e Souza 2004).

A comercialização de tilápias do Nilo em maior escala é em forma de filé sem pele e, em menor escala, o peixe inteiro eviscerado na forma de tronco limpo (sem cabeça, nadadeiras, pele e vísceras) ou porquinho, além de pequenas postas com pele, sendo que para todos os processamentos são necessárias informações sobre rendimentos de carcaça e tronco (Macedo-Viégas e Souza 2004; Melo unpublished data).

A estrutura anatômica da carcaça (formato do corpo, tamanho da cabeça) para a indústria é importante na escolha das técnicas de preparo e padronização dos produtos (Santos et al. 2007), isso porque as características corporais dos peixes podem indicar a melhor maneira para obtenção de cortes, possibilitando incremento nos rendimentos das partes comestíveis (Gomiero et al. 2003).

Peixes com a forma corporal de torpedo ou fusiforme (atuns, sardinhas, curimatás, etc.) apresentam rendimentos altos (rendimentos de filé superior a 54%) e peixes com forma corporal comprimida como corvina, pargo e tilápias possuem rendimentos inferiores a 42% (Contreras-Guzmán 1994). Macedo-Viégas e Souza (2004), visando a comercialização de filé e tronco limpo, afirmam que em tilápias os rendimentos obtidos para as partes comestíveis são maiores quando abatidas com peso superior a 400 g. Todavia, o rendimento de filé depende, além da eficiência das máquinas filetadoras e da destreza manual do filetador, da forma anatômica do corpo, do tamanho da cabeça, do peso das vísceras, pele e nadadeiras (Contreras- Guzmán 1994).

Apesar do uso da taxa de crescimento como objetivo principal de seleção de reprodutores em programas de melhoramento de tilápias (Santos et al. 2011; Kunita et al. 2013; Oliveira et al. 2014; Fernandes et al. 2015; Porto et al. 2015), algumas características de abate, tais como características de carcaça e filé são importantes para melhorar a eficiência da cadeia produtiva da espécie (Fernandes et al. 2015).

Diversos programas de melhoramento genético de tilápias demonstram que é possível aumentar o peso dos peixes ao selecioná-los para velocidade de crescimento, obtendo ganhos superiores, principalmente no rendimento de filé, cerca de 41%,

podendo chegar a 46% (Gjerde et al. 2012; Thodesen et al. 2012; Turra et al. 2012). Porém, em vários mercados como o europeu, os produtores não são remunerados pelas indústrias por peixes com maior rendimento ou melhor conformação de carcaça e sim pelo peso vivo (Rutten et al. 2005b), ocorrendo o mesmo fato no Brasil (Reis Neto et al. 2012). Por esta razão, a utilização de peixes melhorados possibilitará a padronização nas variedades de tilápias produzidas, com incrementos no crescimento e nas características corporais, alterando a conformação do filé, no qual a tendência é de que peixes com melhores características de carcaça sejam melhor valorizados (Melo unpublished data).

Conforme Nguyen et al. (2007), peixes com corpo mais largo podem apresentar maior quantidade de carne (porção comestível) do que peixes mais longos e finos, conseqüentemente, mais atraentes aos consumidores. Possivelmente, estudos voltados para a caracterização corporal de tilápias possam descrever de maneira adequada os futuros rendimentos que serão obtidos ao selecionar peixes para velocidade de crescimento, visto que ainda Nguyen et al. (2010) afirmaram que a seleção de peixes com maior peso à despesca resultou no aumento do peso de filé, sendo precisas as equações de predição desta característica baseadas nas medidas corporais dos peixes.

#### **1.4. Associação das Características Corporais com Desempenho e Rendimentos**

Em peixes, as alterações na conformação corporal podem ser relevantes, nas quais a forma do corpo apresenta variação genética significativa, indicando potencial para seu melhoramento genético, a partir do uso de medidas corporais (Kause et al. 2003).

Populações de truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss*, selecionadas para rápido crescimento resultaram em peixes mais redondos, devido à alta correlação genética do peso com a forma corporal e fator de condição (Gjerde e Schaeffer 1989). Ainda em truta arco-íris, Komen et al. (unpublished data) observaram correlações negativas entre a elipticidade e a superfície da área do corpo e entre elipticidade e peso corporal, concluindo que ao selecionar peixes mais pesados, inevitavelmente se passará a produzir peixes mais redondos.

Na avaliação dos parâmetros genéticos para crescimento e características de carcaça em dourada, *Sparus auratus*, Navarro et al. (2009) salientaram que o

rendimento de carcaça e filé não dependem do peso corporal e do comprimento, sugerindo que o rendimento de filé seja promovido pelo crescimento dos peixes.

Diversos trabalhos com a utilização de medidas corporais foram realizados em tilápias do Nilo, os quais apresentaram alta correlação genética e fenotípica com peso corporal e peso do filé, e baixa com o rendimento de filé (Turra et al. 2010). Ao avaliar tilápias sob seleção, Rutten et al. (2004) obtiveram correlação genética superior a 0,76 ao associar peso de filé com as características comprimento, altura e largura do corpo. Independente dos métodos e números de características corporais usadas, Nguyen et al. (2010) afirmam que o peso do filé em tilápias do Nilo pode ser predito com precisão a partir das características corporais. Segundo Thodesen et al. (2012), é possível melhorar geneticamente tanto o peso à despesca quanto rendimento de filé de tilápias do Nilo e que a seleção em diversas características corporais resultou em melhoramento considerável do peso de filé.

O conhecimento sobre características de carcaça, como peso do corpo eviscerado e peso de filé, e suas correlações com as características de crescimento em peixes são de grande importância, isso porque auxiliam na tomada de decisões nos processos de seleção genética (Navarro et al. 2009). De acordo com Oliveira et al. (2012), o impacto da seleção em características de carcaça em tilápias do Nilo é evidente, em que a seleção para ganho em peso diário tem afetado positivamente outras características de desempenho e de interesse econômico, apresentando aumento das características corporais, sem alteração da participação do comprimento da cabeça no comprimento total, além de importante diferenciação na forma dos peixes entre as gerações sob seleção.

Ao avaliar os parâmetros genéticos para peso à despesca e características de altura e largura do corpo, comprimento do corpo e a elipticidade em tilápias cultivadas em tanques-rede no Vietnã, Trong et al. (2013) estimaram correlações genéticas superiores a 0,89 entre peso e as dimensões do corpo, afirmando que ao selecionar para a taxa de crescimento, os peixes se tornarão mais redondos e largos. Na análise de mudanças correlacionadas na forma corporal de tilápias do Nilo, de diferentes gerações de seleção, cultivadas em tanques-rede, Oliveira et al. (2016) observaram mudanças positivas entre as características de forma (elipticidade do plano médio sagital e relação altura comprimento) com as características de crescimento (peso à despesca e ganho em peso diário) e concluíram que a seleção de peixes com maior ganho em peso diário tende a

produzir peixes mais redondos, porém a uma intensidade muito menor que o critério de seleção.

Em estudo das medidas corporais como critério de seleção para peso e rendimentos de tilápias do Nilo em cinco idades, Fernandes et al. (2015) relataram melhorias indiretas no rendimento de carcaça e peso corporal, sendo que a altura do corpo e o comprimento corrigido são os melhores critérios ao selecionar tilápias com 119 e 231 dias de idade, respectivamente. Porto et al. (2015) afirmam que o uso da característica ganho em peso diário como critério de seleção em tilápias do Nilo pode impactar o peso à despesca e a largura do corpo de maneira mais expressiva que as medidas de altura do corpo e comprimento do tronco.

### **1.5. Tendência Genética**

A tendência genética, também conhecida como a evolução do valor genético dos produtos nascidos, mede a mudança ocasionada devido ao processo de seleção, possibilitando a quantificação da porção genética responsável pelas mudanças acumuladas no decorrer dos anos em determinado rebanho (Euclides Filho unpublished data; Torres Jr et al. 2013). Segundo Pereira (2008), a tendência genética quantifica os efeitos da seleção no melhoramento da característica, ou seja, quantifica a variação na característica produtiva (por unidade de tempo), sinalizando ao mesmo tempo o acerto ou desacerto do método utilizado e assim fornece subsídios para prosseguir ou não com a estratégia de seleção.

A obtenção da tendência genética tanto para bovinos quanto para peixes é pela regressão dos valores genéticos das características ao longo dos anos de seleção (Euclides Filho unpublished data; Nguyen e Ponzoni 2006; Forni et al. 2007; Reis Neto et al. 2014; Porto et al. 2015), sendo considerada uma das melhores maneiras de se averiguar o progresso genético dos indivíduos no decorrer das gerações (Zollinger e Nielsen 1984; Euclides Filho unpublished data), pois mostra a evolução anual do valor genético verdadeiro nas gerações sob seleção.

Ao implantar um programa de melhoramento genético é comum avaliar e acompanhar, periodicamente, a eficiência do trabalho desenvolvido (Torres Jr et al. 2013), sendo imprescindível o conhecimento dos parâmetros genéticos e da taxa anual de ganho para estabelecer diretrizes que conduzam os programas de melhoramento, não só para avaliar o progresso genético ao longo do tempo, mas também para que os

resultados sirvam de elementos orientadores de ações futuras (Euclides Filho unpublished data).

Em se tratando de aquicultura, os programas de melhoramento genético muitas vezes são conduzidos por um número limitado de tanques ou lagos, deste modo a tendência genética é uma alternativa de grande importância prática, principalmente em programas de avaliação de larga escala (Nguyen e Ponzoni 2006). No estudo de parâmetros genéticos e respostas à seleção em tilápias do Nilo de três gerações, Porto et al. (2015) observaram tendências genéticas crescentes para as características ganho em peso diário, peso à despesca, altura do corpo, largura do corpo e comprimento do tronco de 0,089 g, 22,24 g, 0,057 cm, 0,13 cm e 0,23 cm por geração, respectivamente, representando incrementos anuais de 6,36, 6,3, 1,62, 1,65 e 1,51% respectivamente.

Ao avaliar seis gerações de tilápias do Nilo melhoradas na China, utilizando como critérios de seleção o crescimento e o rendimento de filé, Thodesen et al. (2012) encontraram ganhos acumulados de 121 g para peso de filé com pele, sendo este considerado significativo ao longo das gerações em estudo.

A partir de cinco gerações de tilápias do Nilo, sob seleção, Reis Neto et al. (2014) verificaram tendências genéticas de 0,056 cm para largura do corpo, 0,132 cm para altura do corpo, 0,323 para comprimento padrão, 5,2 cm<sup>2</sup> para área do corpo e 29,9 cm<sup>3</sup> para volume do corpo por ano, respectivamente. Em termos de mudança genética anual, estes valores representaram respectivamente 1,62, 1,75, 1,63, 3,44 e 5,57% de ganhos por geração.

Com as tendências genéticas estimadas ao longo de cinco anos de seleção em tilápias do Nilo, cultivadas em tanques-rede, Oliveira et al. (2015) observaram incrementos dos valores genéticos, com taxas anuais de mudanças nas características ganho em peso diário e peso à despesca de 0,0528 g por dia e 13,663 g por período de cultivo, respectivamente. Os ganhos genéticos estimados foram de 3,8% para ambas as características, apresentando ganhos acumulados de 15% em quatro gerações.

## Referências

ACEB - ASSOCIAÇÃO CULTURAL E EDUCACIONAL BRASIL. Anuário brasileiro da pesca e aquicultura, n. 1. Florianópolis: ACEB, 2014, 135 p.

BOSWORTH BG, LIBEY GS E NOTTER DR. 1998. Relationship among total weight, body shape, visceral components, and fillet traits in palmetto bass (Striped bass female *Morone saxatilis* x white bass male *M. chrysops*) and paradise bass (Striped bass female

*Morone saxatilis* x yellow bass male *M. mississippiensis*). J World Aquacul Soc 29: 40-50.

CHARO-KARISA H, BOVENHUIS H, REZK MA, PONZONI RW, VAN ARENDONK JAM E KOMEN H. 2007. Phenotypic and genetic parameters for body measurements, reproductive traits and gut length of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) selected for growth in low-input earthen ponds. Aquaculture 273: 15-23.

CONTRERAS-GUZMÁN ES. 1994. Bioquímica de pescados e derivados, Jaboticabal: Funep, 409 p.

COSTA AC, NETO RV, FREITAS RTF, FREATO TA, LAGO AA E SANTOS V. B. 2009. Avaliação do crescimento de tilápias de diferentes linhagens através dos modelos não lineares. Arch Zootec 58: 561-564, Supl. 1.

DIODATTI FC, FREITAS RTF, FREATO TA, RIBEIRO PA E MURGAS LS. 2008. Parâmetros morfométricos en el rendimiento de los componentes corporales de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). An Vet 24: 45-55.

FAO - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. 2014. Relatório destaca o crescente papel do peixe na alimentação mundial. Disponível em: <<http://www.fao.org/news/story/pt/item/232037/icode/>>. Acesso em: 22 mar. 2016.

FERNANDES AFA, SILVA MA, ALVARENGA ER, TEIXEIRA EA, SILVA JUNIOR AF, ALVES GFO, SALLES SCM, MANDUCA LG E TURRA EM. 2015. Morphometric traits as selection criteria for carcass yield and body weight in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) at five ages. Aquaculture 446: 303-309.

FORNI S, FEDERICI JF E ALBUQUERQUE LG. 2007. Tendências genéticas para escores visuais de conformação, precocidade e musculatura à desmama de bovinos Nelore. Rev Bras Zootec, 36: 572-577.

GJERDE B E SCHAEFFER LR. 1989. Body traits in rainbow trout. II. Estimates of heritabilities and of phenotypic and genetic correlations. Aquaculture 80: 25-44.

GJERDE B, MENGISTU SB, ODEGARD J, JOHANSEN H E ALTAMIRANO DS. 2012. Quantitative genetics of body weight, fillet weight and fillet yield in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture 342-343: 117-124.

GOMIERO JSG, RIBEIRO PAP, FERREIRA MW E LOGATO PVR. 2003. Rendimento de carcaça de peixe matrinxã (*Brycon cephalus*) nos diferentes cortes de cabeça. Ciênc Agrotec 27: 211-216.

HAMZAH A, MEKKAWY W, KHAW HL, NGUYEN NH, YEE HY, BAKAR KRA, NOR SAM E PONZONI RW. 2015. Genetic parameters for survival during the grow-out period in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and correlated response to selection for harvest weight. Aquac Res 46: 1-9.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2014. Sistema IBGE de Recuperação Automática – Sidra, Tabela 3940 - Produção da aquicultura, por tipo de produto. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=3940&z=t&o=21>>. Acesso em: 22 mar. 2016.

KAUSE A, RITOLA O, PAANANEN T, ESKELINEN U E MANTYSAARI E. 2003. Big and beautiful? Quantitative genetic parameters for appearance of large rainbow trout. J Fish Biol 62: 610-622.

- KUNITA NM, OLIVEIRA CAL, OLIVEIRA SN, YOSHIDA GM, RIZZATO GS, RESENDE EK E RIBEIRO RP. 2013. Avaliação genética de características corporais em tilápias do Nilo cultivadas. Arch Zootec 62: 555-566.
- LOPERA-BARRERO NM, RIBEIRO RP, POVH JA, MENDEZ LDV, POVEDA-PARRA AR, E DIGMAYER M. 2011. As principais espécies produzidas no Brasil. In: LOPERA-BARRERO NM, RIBEIRO RP, POVH JA, MENDEZ LDV E POVEDA-PARRA AR. Produção de organismos aquáticos: uma visão no Brasil e no mundo, Guaíba: Agrolivros, Guaíba, RS, p. 143-206.
- MACEDO-VIÉGAS EM E SOUZA MLR. 2004. Pré-processamento e conservação do pescado produzido em piscicultura. In: CYRINO JEP, URBINATI EC, FRACALOSSO DM E CASTAGNOLLI N. Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva, São Paulo: TecArt, São Paulo, Brasil, p. 405-480.
- MACHADO MRF E FORESTI F. 2012. Morphometric characteristics of *Prochilodus lineatus* (Valenciennes 1847), of the migratory and resident stocks of the river Mogi-Guaçu, São Paulo State, Brazil. Acta Sci Anim Sci 34: 341-346.
- MACIEL LG, SANTOS JS E ARAÚJO JA. 2014. Relação das características corporais externas do mandi (*Pimelodus blochii*) em relação ao seu potencial de produção de filé. Agro Tec 35: 113-120.
- MARTINS TR, SANTOS VB, PERES PV E SILVA TT. 2009. Variação da composição química corporal de tilápias (*Oreochromis niloticus*) com o crescimento. Colloq Vitae 1: 117-122.
- MASSAGO H, CASTAGNOLI N, MALHEIROS EB, KOBERSTEIN TCRD, SANTOS MA E RIBEIRO RP. 2010. Crescimento de quatro linhagens de tilápias *Oreochromis niloticus*. Rev Acad, Ciênc Agrár Ambient 8: 397-403.
- MORAES DA. 2003. A morfometria geométrica e a “revolução na morfometria” localizando e visualizando mudanças na forma dos organismos. Boletim 3: 1-5. Disponível em: <[https://www.ufpe.br/mastozoologia/images/documentos/astua\\_de\\_moraes\\_2003\\_morfometria\\_geometrica.pdf](https://www.ufpe.br/mastozoologia/images/documentos/astua_de_moraes_2003_morfometria_geometrica.pdf)>. Acesso em: 10 ago. 2015.
- NAVARRO A, ZAMORANO MJ, HILDEBRANDT S, GINÉS R, AGUILERA C E AFONSO JM. 2009. Estimates of heritabilities and genetic correlations for growth and carcass traits in gilthead seabream (*Sparus auratus* L.), under industrial conditions. Aquaculture 289: 225-230.
- NGUYEN NH E PONZONI RW. 2006. Perspectives from agriculture: advances in livestock breeding - Implications for aquaculture genetics. NAGA, WorldFish Center Quarterly 29: 39-45.
- NGUYEN NH, KHAW HL, PONZONI RW, HAMZAH A E KAMARUZZAMAN K. 2007. Can sexual dimorphism and body shape be altered in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by genetic means?. Aquaculture 272(S1): S38-S46.
- NGUYEN NH, PONZONI RW, ABU-BAKAR KR, HAMZAH A, KHAW HL E YEE HY. 2010. Correlated response in fillet weight and yield to selection for increased harvest weight in genetically improved farmed tilapia (GIFT strain), *Oreochromis niloticus*. Aquaculture 305: 1-5.
- NOGUEIRA AC. 2007. Criação de tilápias em tanques rede, Salvador: Sebrae, 23 p.
- OECD/FAO - ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO/ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO

E AGRICULTURA. 2015. OECD-FAO Agricultural Outlook 2015, Paris: OECD Publishing, 145 p. Disponível em: <[http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2015\\_agr\\_outlook-2015-en](http://www.oecd-ilibrary.org/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2015_agr_outlook-2015-en)>. Acesso em: 05 out. 2015.

OLIVEIRA CAL, RIBEIRO RP, STREIT JUNIOR D, POVH JA E RESENDE EK. 2012. Melhoramento genético de peixes uma realidade para a piscicultura brasileira. *Panor Aquicul* 120: 38-47.

OLIVEIRA CAL, RIBEIRO RP, YOSHIDA GM, KUNITA NM, RIZZATO GS, OLIVEIRA SN, SANTOS AI E NGUYEN NH. 2016. Correlated changes in body shape after five generations of selection to improve growth rate in a breeding program for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in Brazil. *J Appl Genetics*, 1-7. Publicação online.

OLIVEIRA CAL, YOSHIDA GM, OLIVEIRA SN, KUNITA NM, SANTOS AI, ALEXANDRE FILHO L E RIBEIRO RP. 2015. Avaliação genética de tilápias-do-nilo durante cinco anos de seleção. *Pesq Agropec Bras* 50: 871-877.

OLIVEIRA MAS, OLIVEIRA CAL, MATSUBARA BJA, OLIVEIRA SN, KUNITA NM, YOSHIDA GM E RIBEIRO PR. 2013. Padrões de crescimento de machos e fêmeas de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) da variedade GIFT. *Semin-Cienc Agrar* 34: 1891-1900.

OLIVEIRA SN, OLIVEIRA CAL, ALEXANDRE FILHO L, RESENDE EK, BARRERO NML, KUNITA NM, SANTANDER VFA E RIBEIRO PR. 2014. Genetic parameters and morphometric characteristics of two generations from the GIFT strain of the Nile tilapia. *Semin-Cienc Agrar* 35: 3457-3468.

PEREIRA JCC. 2008. Melhoramento genético aplicado à produção animal, Belo Horizonte: FEPMVZ, 617 p.

PONZONI RW, HAMZAH A, TAN S E KAMARUZZAMAN N. 2005. Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 247: 203-210.

PORTO EP, OLIVEIRA CAL, MARTINS EN, RIBEIRO RP, CONTI ACM, KUNITA NM, OLIVEIRA SN E PORTO PP. 2015. Respostas à seleção para características de desempenho em tilápia-do-nilo. *Pesq Agropec Bras* 50: 745-752.

REIS NETO RV, FREITAS RTF, SERAFINI MA, COSTA AC, FREATO TA, ROSA PV E ALLAMAN IB. 2012. Interrelationships between morphometric variables and rounded fish body yields evaluated by path analysis. *R Bras Zootec* 41: 1576-1582.

REIS NETO RV, OLIVEIRA CAL, RIBEIRO RP, FREITAS RTF, ALLAMAN IB E OLIVEIRA SN. 2014. Genetic parameters and trends of morphometric traits of GIFT tilapia under selection for weight gain. *Sci Agric* 71: 259-265.

RIBEIRO RP. 2001. Espécies exóticas. In: MOREIRA HLM, VARGAS L, RIBEIRO RP E ZIMMERMANN S. Fundamentos da aquicultura moderna, Canoas: Ulbra, Canoas, RS, p. 91-121.

ROYO J. 2010. Peixes - Tilápia Gift: espécie tem ganho de peso de 5% por geração. Portal Dia de Campo: informação que produz. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=21767&secao=Paquetes%20Tecnol%F3gicos>>. Acesso em: 05 out. 2015.

- RUTTEN MJM, BOVENHUIS H E KOMEN H. 2004. Modeling fillet traits based on body measurements in three tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture* 231:113-122.
- RUTTEN MJM, BOVENHUIS H E KOMEN H. 2005a. Genetic parameters for fillet traits and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture* 246: 125-132.
- RUTTEN MJM, KOMEN H E BOVENHUIS H. 2005b. Longitudinal genetic analysis of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) body weight using a random regression model. *Aquaculture*. 246: 101-113.
- SANTOS AI, RIBEIRO RP, VARGAS L, MORA F, ALEXANDRE FILHO L, FORNARI DC E OLIVEIRA SN. 2011. Bayesian genetic parameters for body weight and survival of Nile tilapia farmed in Brazil. *Pesq Agropec Bras* 46: 33-43.
- SANTOS VB, FREITAS RTF, LOGATO PVR, FREATO TA, ORFÃO LH E MILLIOTI LC. 2007. Rendimento do processamento de linhagens de tilápias (*Oreochromis niloticus*) em função do peso corporal. *Ciênc Agrotec* 31:554-562.
- SCORVO FILHO JD, FRASCÁ-SCORVO CMD, ALVES JMC E SOUZA FRA. 2010. A tilapicultura e seus insumos, relações econômicas. *R Bras Zootec* 39: 112-118.
- SILVA FV, SARMENTO NLA, VIERIA JS, TESSITORE AJA, OLIVEIRA LLS E SARAIVA EP. 2009. Características corporais, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias do Nilo em diferentes faixas de peso. *R Bras Zootec* 38:1407-1412.
- THODESEN J, RYE M, MANG Y, BENTSEN HB E GJEDREM T. 2012. 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* 366-367: 67-75.
- TORRES JR RAA, SILVA LCO, MENEZES GRO E NOBRE PRC. 2013. Melhoramento animal na era das DEPs. In: ROSA AN et al. (Eds), *Melhoramento genético aplicado em gado de corte: programa Geneplus-Embrapa*, Brasília: Embrapa, Brasília, Brasil, p. 149-166.
- TRONG TQ, MULDER HA, VAN ARENDONK JAM E KOMEN H. 2013. Heritability and genotype by environment interaction estimates for harvest weight, growth rate, and shape of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) grown in river cage and VAC in Vietnam. *Aquaculture* 384-387: 119-127.
- TURRA EM, OLIVEIRA DAA, TEIXEIRA EA, PRADO SA, MELO DC E SOUSA AB. 2010. Uso de medidas corporais no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev Bras Reprod Anim* 34: 29-36.
- TURRA EM, OLIVEIRA DAA, VALENTE BD, TEIXEIRA EA, PRADO AS, ALVARENGA ER, MELO DC, FELIPE VPS, FERNANDES AFA E SILVA MA. 2012. Longitudinal genetic analyses of fillet traits in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 356-557: 381-390.
- ZIMMERMANN S E FITZSIMMONS K. 2004. Tilapicultura intensiva. In: CYRINO JEP, URBINATI EC, FRACALOSI DM AND CASTAGNOLLI N. *Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva*, São Paulo: TecArt, p. 239-266.
- ZOLLINGER WA E NIELSEN MK. 1984. An evaluation of bias in estimated breeding values for weaning weight in angus beef cattle field records. I- Estimates of within herd genetic trend. *J Anim Sci* 58: 545-549.

## **II - OBJETIVOS GERAIS**

Estimar os componentes de covariância, parâmetros genéticos e associações genéticas de características corporais e de desempenho de tilápias do Nilo, variedade Tilamax, cultivadas em tanques-rede no final do período de cultivo, por meio de inferência Bayesiana.

Avaliar respostas à seleção e a evolução genética entre as diferentes gerações de tilápias do Nilo, bem como verificar o impacto da seleção nas características corporais e de desempenho, ao selecionar os peixes com base no ganho em peso diário.

### **III – RESPOSTA À SELEÇÃO DIRETA E CORRELACIONADA DE CARACTERÍSTICAS DE INTERESSE ECONÔMICO EM TILÁPIAS DO NILO<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Parte da Tese de Doutorado apresentada à Universidade Estadual de Maringá, UEM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Av. Colombo, 5.790, Jardim Universitário, Maringá-PR, Brasil. E-mail: amsozoo@gmail.com

#### **Resumo**

Objetivou-se estimar parâmetros genéticos e fenotípicos, correlações genéticas e fenotípicas, respostas à seleção, além de tendências genéticas de características corporais e desempenho em tilápias do Nilo, da variedade Tilamax, ao final do período de cultivo. Foram estimados componentes de variâncias e covariâncias para altura e largura caudal, comprimento do tronco, área do corpo, peso à despesca, ganho em peso diário e volume de filé pela metodologia Bayesiana, em análises uni e bicaracterísticas, além de tendências genéticas. As correlações genéticas entre as características foram positivas e superiores a 0,82, evidenciando incrementos, principalmente nas características área do corpo e volume de filé. As herdabilidades das características corporais e desempenho foram de média magnitude. Os ganhos genéticos foram crescentes com 4,15, 4,59, 2,30 e 3,65% por geração no ganho em peso diário, peso à despesca, área do corpo e volume de filé, respectivamente. A seleção baseada no ganho em peso diário resulta em ganhos genéticos indiretos nas características ao longo das gerações, alterando a forma do corpo dos peixes, aumentando o peso corporal com tendência às alterações no peso de filé, bem como no aproveitamento de diferentes cortes para o mercado consumidor.

Termos para indexação: altura caudal, correlação genética, ganho em peso diário, morfometria, *Oreochromis niloticus*, tendência genética.

#### **Direct and correlated responses to selection of traits of economic interest in Nile tilapias**

#### **Abstract**

The aim of this work was to estimate genetic and phenotypic parameters, phenotypic and genetic correlations, responses to selection, as well as genetic trends of body traits and of

performance of Nile tilapias, Tilamax variety, at the end of the period of cultivation. Estimates were made of variances and covariances components, genetic trends for height and tail width, trunk length, body area, harvest weight, daily weight gain and fillet volume by Bayesian Inference, in single-trait and two-traits analyses. We observed genetic trends of traits. Genetic correlations between traits were positive and higher than 0.82, showing increase in the traits, mainly body area and fillet volume. The heritabilities of body traits and performance were of moderate magnitude. Genetic gains were increasing with 4.15, 4.59, 2.30 and 3.65% per generation for the harvest weight, daily weight gain, body area and fillet volume, respectively. The selection based on daily weight gain resulted in indirect genetic gains in traits over the generations, changing body shape, increasing body weight with prone to changes the fillet weight, as well as in the taking advantage of different cuts to the consumer market.

Index terms: tail height, genetic correlation, daily weight gain, morphometry, *Oreochromis niloticus*, genetic trend.

### **Introdução**

Na tilapicultura, a avaliação do crescimento dos peixes é feita principalmente em características de desempenho como peso e ganho em peso, além de rendimentos do processamento como carcaça, tronco, postas, filé (Macedo-Viegas e Souza, 2004; Martins et al., 2009; Thodesen et al., 2012; Fernandes et al., 2015) e características corporais (Khaw et al., 2012; Kunita et al, 2013; Trong et a., 2013).

O estudo de medidas corporais contribui para a descrição da forma do corpo dos peixes, e auxiliam na compreensão sobre a maneira com que podem influenciar o peso corporal e o rendimento de filé (Bosworth et al., 1998). De acordo com Contreras-Guzmán (1994), os peixes possuem capacidade diferencial de acumulação de massa muscular em determinados pontos do corpo durante seu crescimento, o que caracteriza o seu formato e influência os rendimentos cárneos.

As características de crescimento são consideradas de maior importância econômica em programas de melhoramento de tilápias (Blanck et al., 2009)), tendo como principal objetivo de seleção a taxa de crescimento, que está relacionada com a forma do corpo dos peixes e é expressa por medidas ou índices morfométricos (Huang e Liao, 1990). A taxa de crescimento analisa, de maneira indireta, o desempenho dos peixes sem a necessidade de sacrificá-los (Rutten et al., 2004). Nguyen et al. (2010) afirmam que o peso de filé pode ser predito com

precisão a partir das características corporais, no qual esta característica, na prática, é mais importante que o rendimento de filé.

Peixes com formas mais largas podem apresentar maior quantidade de carne que peixes com formato do corpo comprido e fino, por isto, os primeiros são àqueles que apresentam maior preferência dos consumidores (Nguyen et al., 2007). Ao analisar as características corporais e de rendimentos corporais de tilápias do Nilo, em diferentes faixas de peso, Silva et al. (2009), concluíram que o crescimento das partes constituintes do corpo é proporcional ao aumento do peso corporal.

Em análise das alterações da forma do corpo de machos e fêmeas de tilápias, Nguyen et al. (2007) encontraram herdabilidades de moderada a alta, além de altas correlações genéticas entre as características corporais e de desempenho, sugerindo que estas características em machos e fêmeas sejam controladas pelos mesmos genes. De acordo com Nguyen et al. (2010), tanto o crescimento quanto o desempenho de carcaça podem ser simultaneamente melhorados.

A associação genética entre características de desempenho (peso, ganho em peso, rendimento de filé) e corporais (comprimentos total e padrão, diferentes alturas e larguras do corpo) tem sido estudadas por diversos autores (Rutten et al., 2005; Charo-Karisa et al., 2007; Nguyen et al. 2010; Gjerde et al., 2012; Kunita et al., 2013; Hamzah et al., 2015), porém outras informações como altura e largura em outras regiões do corpo dos peixes, além de características de forma corporal e rendimento podem ser relevantes e contribuir no estudo de estratégias alternativas para a melhoria do rendimento de filé, auxiliando na seleção de peixes com melhor crescimento e conseqüentemente mais produtivos.

Neste ínterim, objetivou-se estimar parâmetros genéticos e fenotípicos, correlações genéticas e fenotípicas, respostas à seleção, bem como tendências genéticas das características corporais e de desempenho de tilápias do Nilo, variedade Tilamax, ao final do período de cultivo.

### **Material e Métodos**

O conjunto de dados utilizado continha informações de machos e fêmeas tilápias do Nilo, variedade Tilamax, avaliadas nos anos de 2011-2012 (G5), 2013 (G6) e 2014 (G7), do Programa de Melhoramento Genético da Universidade Estadual de Maringá, cedidos pelo grupo de pesquisa PeixeGen - UEM. Os peixes utilizados foram produzidos na Estação de Piscicultura UEM-CODAPAR, em Floriano – PR (23° 31' 8" S 52° 2' 21" O), a partir do acasalamento hierárquico de um macho com duas fêmeas, sendo que para a produção dos

peixes da G6 houve introdução de variedades locais de tilápias para a produção das famílias. Por esta razão, a variedade de tilápias produzidas pelo programa de melhoramento da UEM passou a ser denominada de Tilamax. A característica utilizada como critério de seleção em todas as gerações foi o ganho em peso diário (GPD). O processo de obtenção das famílias e o manejo reprodutivo adotado foram descritos por Yoshida et al. (2015). Todos os procedimentos experimentais foram feitos conforme protocolo n° 064-2014 aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA-UEM).

Para a formação das famílias de cada geração foram selecionados os peixes com maiores médias para os valores genéticos de GPD, sendo um macho e duas fêmeas de cada família, em todas as famílias de cada geração. O sistema de acasalamento adotado em todas as gerações foi do tipo preferencial positivo, ou seja, entre indivíduos semelhantes geneticamente (melhores com melhores, medianos com medianos e/ou piores com piores) e negativo, ou seja, entre indivíduos dessemelhantes geneticamente (melhores com piores; melhores com medianos; medianos com piores e vice-versa), com o intuito de manter a maior parte da variabilidade genética possível. Para minimizar os efeitos de consanguinidade impediu-se o acasalamento entre indivíduos com mais de um bisavô comum.

A incubação dos ovos foi realizada artificialmente e após eclosão, todas as larvas foram contadas, separando um número determinado de indivíduos, que foi dividido em dois grupos. Em seguida, foram transferidos para a estrutura de alevinagem, constituída de hapas de 1 m<sup>3</sup>, distribuindo os grupos nestas estruturas de forma aleatória, em locais distintos da estufa, permanecendo neste ambiente até atingirem peso de identificação, o que gerou uma fonte de variação, o efeito comum de família (f). Ao atingirem peso médio de 10 g, cerca de 40 indivíduos de cada família foram identificados por meio de microchips introduzidos na cavidade visceral, momento em que ocorreu a primeira biometria.

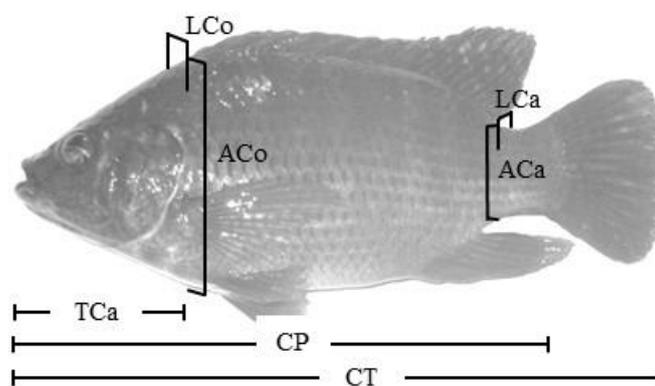
Após o procedimento de identificação, os peixes passaram por um período de recuperação de 15 dias, sendo os peixes das diferentes famílias mantidos juntos em uma hapa de polietileno com 10 m<sup>3</sup>, alocada dentro da estufa de alevinagem. Após este período os peixes foram transferidos para a Unidade Demonstrativa de Produção em Tanques-Rede – UEM, no município de Diamante do Norte – PR (22° 39' 24" S 52° 46' 51" O), no Rio do Corvo, tributário do Rio Paranapanema, no reservatório de Rosana.

O período médio de avaliação foi de 213 dias, no qual os peixes foram avaliados em sistema de tanques-rede, sendo que os indivíduos da G5, diferente das demais gerações, foram avaliados em 2 anos consecutivos (2011 e 2012). Os períodos de avaliação em todas as gerações coincidiram com o final do outono, inverno e começo da primavera (entre os meses

de abril a outubro). Apenas os indivíduos avaliados em 2013 que tiveram seu cultivo iniciado no final do verão.

Para a produção e avaliação dos peixes foram utilizados tanques-rede com volume de 6 m<sup>3</sup>, sendo três tanques em 2011-2012 e dois tanques nos anos de 2013 e 2014, mantendo em cada tanques/ano conexão genealógica dos peixes. Ao final de cada período de avaliação foram coletadas informações de peso à despesca (Peso, g), comprimento total (CT: compreendido entre a extremidade anterior da cabeça ao final da nadadeira caudal), comprimento padrão (CP - compreendido entre a extremidade anterior da cabeça a inserção da nadadeira caudal - cm), tamanho da cabeça (TCa: compreendido entre a extremidade anterior da cabeça e o bordo caudal do opérculo - cm), altura do corpo (ACo: medida à frente do primeiro raio da nadadeira dorsal - cm), largura do corpo (LCo: medida à frente do primeiro raio da nadadeira dorsal - cm), altura caudal (ACa: medida ao final da nadadeira dorsal – à frente do último raio - cm) e largura caudal (LCa: medida ao final da nadadeira dorsal – à frente do último raio - cm) (Figura 1).

Para obtenção do peso dos peixes, utilizou-se uma balança digital com precisão de 0,1 g. Os comprimentos total e padrão foram mensurados por meio de um ictiômetro e as demais medidas com auxílio de paquímetro, ambos graduados em milímetros.

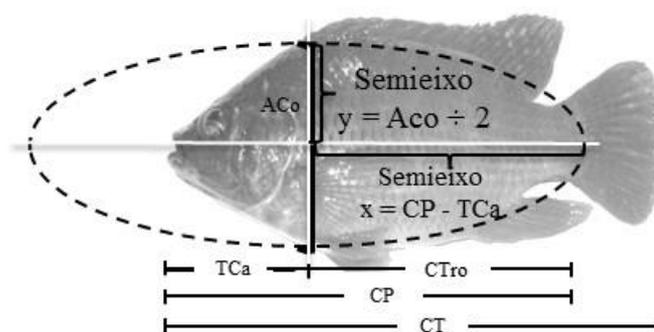


**Figura 1.** Medidas corporais mensuradas em cada peixe nas três gerações.

Durante o cultivo a alimentação utilizada foi ração comercial extrusada com 45% de proteína bruta, fornecida três vezes ao dia (8, 12 e 17 horas) por 30 dias e em seguida, a alimentação consistiu de ração comercial extrusada com 32% de proteína bruta, sendo fornecida duas vezes ao dia (8 e 17 horas), até o final dos períodos de cultivos. A quantidade diária de ração foi calculada com base no percentual de biomassa estocada e os ajustes na quantidade fornecida ocorreram de acordo com as biometrias realizadas no decorrer dos

cultivos. A densidade média de estocagem nos três períodos de avaliação foi aproximadamente de 100 kg por m<sup>3</sup>.

A partir das medidas corporais e Peso foram calculados o ganho em peso diário em g dia<sup>-1</sup> (GPD):  $GPD = P_f / I_f$ , em que  $P_f$ , peso final e  $I_f$ , idade do peixe ao final do período de avaliação; comprimento do tronco em cm (CTro) (Figura 2):  $CTro = CP - TCa$ , em que CP, comprimento do tronco e TCa, tamanho da cabeça; área do corpo em cm<sup>2</sup> (Área):  $Área = ((ACo / 2) \times CTro \times \pi) / 2$ , calculada considerando a equação da área da meia elipse (Figura 2), adaptada de Trong et al. (2013) e Schubert e Kirchner (2014).



**Figura 2.** Representação da Área e CTro.

Calculou-se também o volume de filé em cm<sup>3</sup> (VolF), de acordo com as equações de predição para machos até 520 g ( $VolF_{520} = 18,49 + 0,341 \times \text{Peso}$ ), machos acima de 521 g ( $VolF_{>521} = 17,51 + 0,327 \times \text{Peso}$ ), fêmeas até 600 g ( $VolF_{600} = 2,283 + 0,299 \times \text{Peso}$ ) e fêmeas acima de 601 g ( $VolF_{>601} = 44,53 + 0,243 \times \text{Peso}$ ) propostas por Conte (dados não publicados)

O número de indivíduos por geração e famílias, período de avaliação, idade média dos peixes e as médias das características avaliadas em cada geração seguem na Tabela 1, de acordo com a estatística descritiva dos dados.

**Tabela 1.** Número total de indivíduos, machos e fêmeas, famílias por geração, período de avaliação (cultivo em dias) e valores médios com seus respectivos desvios padrão da idade (dias), características corporais e de desempenho.

	Geração 5	Geração 6	Geração 7
Nº indivíduos	1127	1455	1107
Nº machos	555	855	589
Nº fêmeas	572	600	518

Nº famílias	50		51		52	
Cultivo	218		232		188	
Valores médios						
Idade	309	± 33,3	289	± 18,3	301	± 22,8
CT	28,4	± 4,0	31,5	± 4,1	28,4	± 4,2
CP	23,2	± 3,3	25,2	± 3,3	23,1	± 3,5
ACo	9,0	± 1,4	10,3	± 1,6	9,3	± 1,6
LCo	4,0	± 0,6	3,7	± 0,5	4,0	± 0,6
TCa	7,2	± 1,0	7,7	± 1,0	7,1	± 1,1
ACa	3,3	± 0,7	3,4	± 0,6	3,3	± 0,6
LCa	1,4	± 0,4	1,4	± 0,2	1,4	± 0,3
CTro	16,0	± 2,4	17,4	± 2,5	16,0	± 2,6
Área	115,1	± 34,0	143,7	± 39,5	119,6	± 35,3
Peso	554,2	± 257,4	780,3	± 328,8	522,0	± 214,6
GPD	1,8	± 0,8	2,7	± 1,0	1,7	± 0,7
VolF	176,7	± 77,6	240,2	± 100,7	163,3	± 61,8

CT = comprimento total em cm; CP = comprimento padrão em cm; ACo = altura do corpo em cm; LCo = largura do corpo em cm; TCa = tamanho da cabeça em cm; ACa = altura caudal em cm; LCa = largura caudal em cm; CTro = comprimento do tronco em cm; Área = área do corpo em cm<sup>2</sup>; Peso = peso corporal em g; GPD = ganho em peso diário em g dia<sup>-1</sup>; VolF = volume de filé em cm<sup>3</sup>.

Foram realizadas estimações dos componentes de variâncias e covariâncias para as características, a partir da metodologia das equações de modelo misto, proposta por Henderson (1984), por meio de Inferência Bayesiana, pelo amostrador de Gibbs, com os programas GIBBS1F90 e GIBBS2F90 (Misztal et al., 2015). Para as análises empregou-se um modelo animal que incluiu os efeitos genético aditivo direto, comum de família e residual como aleatórios, além dos efeitos fixos de sexo e tanques-rede, estando o efeito de ano aninhado ao tanque-rede. A idade dos peixes foi utilizada como covariável, considerando efeito linear e quadrático. Foi considerado nas análises distribuição normal e *priori* para todos os parâmetros como não informativas.

Foram realizadas análises unicarácter para as características ACa, LCa, CTro, Área, Peso, GPD e VolF e a combinação duas a duas destas características geraram as análises bicarácter. O modelo utilizado, em forma matricial, nas análises unicarácter foi:  $y = X\beta + Z_1a + Z_2f + e$ , em que  $y$  é vetor das observações das características ACa, LCa, CTro, Área, Peso,

GPD e VolF;  $X$  é a matriz de incidência dos efeitos ambientais identificáveis, contidos vetor  $\beta$  e definidos como sexo e tanques-rede;  $Z_1$  é a matriz de incidência efeitos aleatórios genéticos aditivos diretos, contidos no vetor  $a$ ;  $Z_2$  é a matriz de incidência do efeito comum de família (período de alevinagem – manutenção dos irmãos completos em hapas de 1 m<sup>3</sup> antes da identificação), contido vetor  $f$ ; e  $e$  é o vetor dos erros aleatórios.

Para as análises bicarácter, o modelo utilizado segue abaixo, em forma matricial:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 \\ 0 & X_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{11} & 0 \\ 0 & Z_{12} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{21} & 0 \\ 0 & Z_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

em que,  $y_1$  e  $y_2$  são vetores das observações das características 1 e 2;  $X_1$  e  $X_2$  são matrizes de incidência dos efeitos ambientais identificáveis, contidas nos vetores  $\beta_1$  e  $\beta_2$  para as características 1 e 2;  $Z_{11}$  e  $Z_{12}$  são matrizes de incidência dos efeitos aleatórios genéticos aditivos diretos, contidas nos vetores  $a_1$  e  $a_2$  para as características 1 e 2;  $Z_{21}$  e  $Z_{22}$  são matrizes de incidência do efeito comum de família, contidas nos vetores  $f_1$  e  $f_2$  para as características 1 e 2;  $e_1$  e  $e_2$  são vetores dos erros aleatórios.

Para as análises unicarácter foram geradas cadeias de Gibbs a partir de 1.000.000 de ciclos, com a eliminação dos 100.000 ciclos iniciais, obtendo amostras a cada 30 ciclos, finalizando em cadeia composta por no mínimo 30.000 informações de componentes de variância. Nas análises bicarácter foram geradas cadeias a partir de 3.000.000 de ciclos, eliminação de 10% de ciclos iniciais, com intervalo de retirada de 50, totalizando 54.000 amostras dos componentes de variância na cadeia final, no mínimo.

A convergência das cadeias geradas foi verificada pelo critério de Heidelberger e Welch (1983), implementado no pacote Coda do programa R para Windows v. 3.2.2 (R Core Team, Vienna, Austria) e em seguida, estimadas as médias *a posteriori* e os intervalos de credibilidade de 95% de probabilidade para as herdabilidades ( $h^2$ ), participação relativa do efeito comum de família na variância total ( $F^2$ ) e as correlações genética ( $r_a$ ) e fenotípica ( $r_p$ ).

Os valores genéticos de todas as características foram preditos considerados os componentes de variâncias e parâmetros genéticos estimados pelos modelos mistos de Henderson, nas análises unicarácter, utilizando o programa GIBBS1F90 (Misztal et al., 2015).

Para a descrição do comportamento dos valores genéticos ao longo das três gerações, foram estimadas as tendências genéticas, considerando um modelo de regressão dos valores genéticos preditos em função das gerações de seleção. Utilizou-se o pacote BRugs do programa R v. 3.2.2 (R Core Team, Vienna, Austria) para estimação Bayesiana dos coeficientes de regressão, em que se considerou a resposta ( $Y_i$ ) tendo distribuição Normal, ou seja,  $Y_i \sim \text{Normal}(\mu_i, \tau)$ ,  $Y_i$  representa os valores genéticos de cada característica;  $\mu_i = \beta_0 +$

$\beta_1 X_i$ , em que  $X_i$  representa as gerações;  $\beta_0$  e  $\beta_1$  assumem distribuições *a priori* não informativas e independentes,  $\beta_k \sim \text{Normal}(0, 10^{-6})$ ,  $k = 0, 1$ . Para  $\tau$  também foi considerada *a priori*, com distribuição não informativa, sendo  $\tau \sim \text{Gamma}(10^{-3}, 10^{-3})$  (Rossi, 2011). Foram geradas cadeias a partir de 10.000 ciclos e descarte 1.000 valores iniciais na estimação dos betas. Para a convergência das cadeias utilizou-se o critério de Heidelberger e Welch (1983), implementado no pacote Coda do programa R v. 3.2.2 (R Core Team, Vienna, Austria).

Os ganhos genéticos ( $\Delta g$ ), expressos em porcentagem, foram calculados:  $\Delta g = \beta_1 \times 100 / \mu_p$ , em que  $\beta_1$ , coeficiente da regressão linear e  $\mu_p$ , média fenotípica de cada característica.

### Resultados e Discussão

Nas análises uni e bicaracterísticas foram verificadas convergências para todas as cadeias de Gibbs dos componentes de variâncias, covariâncias e parâmetros genéticos de todas as características em estudo. As amplitudes dos intervalos de credibilidade das análises uni e bicaracterísticas foram de pequena magnitude, o que indica precisão nas estimativas obtidas (Tabela 2 e 3).

As estimativas das herdabilidade ( $h^2$ ), em análises unicarácter, para todas as características foram de média magnitude, em que as características de maior  $h^2$  foram Aca, Área, Peso, GPD e VolF, contudo os intervalos de credibilidade foram coincidentes, com limites inferior e superior variando de 0,05 a 0,40, respectivamente (Tabela 2). Conforme Gjedrem e Baranski (2009), para características economicamente importantes (peso corporal, peso total, idade a maturidade, sobrevivência, rendimento de filé, textura, cor da carne, etc.) em animais aquáticos, as herdabilidades normalmente encontra-se entre 0,1 a 0,4.

**Tabela 2.** Médias *a posteriori* e respectivos intervalos de credibilidade da herdabilidade ( $h^2$ ), variância genética aditiva ( $\sigma^2 a$ ) e participação relativa do efeito comum de família ( $F^2$ ) nas análises unicarácter.

Características	$h^2$	$\sigma^2 a$	$F^2$
ACa	0,27 (0,13-0,40)	0,05 (0,02-0,08)	0,05 (0,01-0,10)
LCa	0,16 (0,07-0,27)	0,01 (0,003-0,013)	0,02 (0,001-0,06)
CTro	0,19 (0,05-0,36)	0,56 (0,13-1,1)	0,15 (0,10-0,22)

Área	0,21 (0,07-0,37)	125,7 (41,6-227,0)	0,16 (0,10-0,22)
Peso	0,21 (0,07-0,38)	6.879 (2.007-12.760)	0,18 (0,12-0,25)
GPD	0,23 (0,10-0,39)	0,08 (0,03-0,15)	0,19 (0,13-0,26)
VolF	0,21 (0,06-0,36)	543,7 (156,8-1.008)	0,17 (0,11-0,24)

ACa = altura caudal; LCa = largura caudal; Área = área do corpo; CTro = comprimento do tronco; Peso = peso à despesca; GPD = ganho em peso diário; VolF = volume de filé.

Os valores de  $h^2$  das características Aca, Área, Peso, GPD e VolF apresentaram maior contribuição da qualidade genética dos peixes que do ambiente, com potencial resposta à seleção e possivelmente estas características estejam relacionadas com o rendimento da carcaça, peso e rendimento de filé. Além disso, estes resultados evidenciaram o progresso genético obtido nas gerações analisadas e possíveis ganhos genéticos nas futuras gerações desta variedade, em que se observou maiores variabilidades genéticas das características Peso ( $\sigma^2_a = 6.879$ ) e GPD ( $\sigma^2_a = 0,08$ ) quando comparadas com gerações anteriores, que apresentaram variabilidades genéticas de 3.812,5 e 0,06 nas mesmas características, respectivamente (Porto et al., 2015), garantindo a longevidade do programa de seleção (Tabela 2).

Segundo Nguyen et al. (2010), o peso do filé em tilápias do Nilo pode ser predito com precisão a partir das características corporais, sendo os valores de  $h^2$  obtidos no presente estudo semelhantes aos encontrados em outros programas de melhoramento de tilápias (Rutten et al., 2005; Nguyen et al., 2007, 2010; Santos et al., 2011).

Na avaliação de tilápias pertencentes à primeira e segunda gerações do programa de melhoramento da UEM, Oliveira et al. (2014) verificaram  $h^2$  variando de 0,15 a 0,23 para as características corporais, peso à despesca e GPD. Herdabilidade de 0,21 para peso à despesca foi obtido por Santos et al. (2011), em análise de parâmetros genéticos do peso e sobrevivência da população base de tilápias do mesmo programa de melhoramento. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados no presente estudo, no qual os valores de  $h^2$  variaram de 0,16 a 0,27, demonstrando a conservação da variabilidade genética no decorrer das gerações do programa de seleção.

A participação relativa do efeito comum de família na variação total ( $F^2$ ), durante a alevinagem das diferentes gerações, apresentou-se menos importante nas características Aca e LCa no momento final de cultivo, ou seja, este efeito foi mais distante da despesca, entretanto para as características CTro, Área, Peso, GPD e VolF, este efeito foi mais evidente, no qual a manutenção dos grupos de irmãos completos mantidos nas mesmas condições ambientais até atingirem o peso à identificação (alevinagem), ocasionou maior diferença entre os indivíduos das diferentes famílias. É possível afirmar a importância de utilizar este efeito no modelo estatístico para compreender melhor a influência do ambiente comum de família (manutenção dos peixes em hapas antes da identificação) no desempenho final dos peixes (Tabela 2).

Os resultados para  $F^2$  foram semelhantes aos encontrados por Khaw et al. (2012), que obtiveram estimativas variando de 0,14 a 0,18 para peso à despesca e medidas corporais. Considerando o mesmo efeito, na avaliação de parâmetros genéticos e fenotípicos do peso à despesca e características de carcaça, Gjerde et al. (2012) observaram valor de 0,23 para peso. Visto os intervalos de credibilidade obtidos para  $F^2$  no presente estudo, estes foram diferentes de zero e, por esta razão, estatisticamente significativos (Rossi, 2011), devendo ser considerado no modelo estatístico. Caso o efeito de família seja omitido do modelo estatístico, as estimativas dos parâmetros podem ser superestimadas, alterando principalmente os valores de  $h^2$  e, conseqüentemente, reduzindo a precisão da seleção (Nguyen et al., 2007; Hamzah et al., 2015).

Ao associar as características, em análises bicaracter, tanto as correlações fenotípicas quanto genéticas foram altas, com valores superiores a 0,55 e 0,82. As correlações genéticas entre Aca e LCa, Peso e LCa e entre CTro e Área foram fortes e positivas, sendo que o aumento de uma característica causou alteração em outra, ou seja, à medida que aumentou a altura caudal também houve aumento na largura caudal; incrementos no Peso e CTro causaram, conseqüentemente incrementos na LCa e Área. Estas características foram fortemente correlacionadas com GPD e VolF, evidenciando mudanças na forma do corpo dos peixes ao longo das gerações, confirmada pelas altas correlações de GPD e VolF com a Área. Além da alteração na forma corporal, pode ter corrido o acúmulo de massa muscular nas regiões estudadas, indicando aumento do peso de carcaça e filé. Contreras-Guzmán (1994) afirma que as tilápias possuem a forma do corpo fusiforme com compressão lateral uniforme e, possivelmente no presente estudo a compressão lateral do corpo foi reduzida, isto é, nas diferentes regiões do corpo dos peixes apresentou um aumento de massa muscular,

modificando a forma do corpo das tilápias no decorrer do processo de seleção realizado nesta variedade (Tabela 3).

**Tabela 3.** Correlações genéticas (abaixo da diagonal) e fenotípicas (acima da diagonal) em análise bicaracter com seus respectivos intervalos de credibilidade das características corporais e de desempenho.

Características	ACa	LCa	Área	CTro	Peso	GPD	VolF
ACa		0,62 (0,59-0,65)	0,76 (0,74-0,78)	0,69 (0,67-0,72)	0,77 (0,75-0,79)	0,77 (0,75-0,79)	0,74 (0,71-0,76)
LCa	0,95 (0,86-1,0)		0,56 (0,53-0,59)	0,56 (0,53-0,59)	0,57 (0,54-0,60)	0,57 (0,55-0,61)	0,55 (0,52-0,58)
Área	0,91 (0,79-0,99)	0,87 (0,67-0,99)		0,91 (0,90-0,92)	0,89 (0,88-0,90)	0,90 (0,88-0,90)	0,86 (0,85-0,88)
CTro	0,82 (0,58-0,95)	0,88 (0,62-0,99)	0,96 (0,89-0,99)		0,79 (0,77-0,81)	0,80 (0,78-0,82)	0,76 (0,74-0,79)
Peso	0,94 (0,81-1,0)	0,95 (0,78--1,0)	0,99 (0,97-1,0)	0,94 (0,79-1,0)		0,99 (0,99-1,0)	0,98 (0,98-0,98)
GPD	0,94 (0,81-1,0)	0,94 (0,77-0,99)	0,99 (0,96-1,0)	0,93 (0,76-1,0)	0,99 (0,99-1,0)		0,97 (0,97-0,98)
VolF	0,92 (0,75-1,0)	0,93 (0,73-0,99)	0,99 (0,96-1,0)	0,95 (0,81-1,0)	0,99 (0,99-1,0)	0,99 (0,99-1,0)	

ACa = altura caudal; LCa = largura caudal; Área = área do corpo; CTro = comprimento do tronco; Peso = peso à despesca; GPD = ganho em peso diário; VolF = volume de filé.

As estimativas de correlação genética de CTro com VolF e destas com as características Área, Peso e GPD e do VolF foram fortes e positivas. As associações genética e fenotípica entre GPD e Peso e, destes com as outras características foram altas, principalmente ao correlacionar GPD ao Peso e VolF, sendo estas as maiores correlações genéticas observadas (0,99), podendo estas características serem controladas pelo mesmo conjunto de genes de ação aditiva (Nguyen et al., 2010), com ocorrência de progresso genético indireto, melhorando o desempenho dos peixes e as características corporais concomitantemente, principalmente Área e VolF. As menores associações genéticas foram entre as características ACa e CTro, Área e LCa (Tabela 3).

De maneira geral, as características avaliadas apresentaram forte associação genética entre si e com o critério de seleção (GPD), evidenciando ganhos genéticos expressivos, sendo que a seleção de peixes para o aumento do GPD resultou em incrementos nas características corporais, no peso e VolF, sendo que este último apresentou forte associação com Área, Peso e GPD (0,99). Em relação ao incremento no peso corporal, resultados sobre os ganhos indiretos no processo de seleção são evidentes na literatura (Rutten et al., 2005; Charo-Karisa et al., 2007; Nguyen et al., 2010; Gjerde et al., 2012; Kunita et al., 2013; Hamzah et al., 2015), especialmente estudos que utilizaram o GPD como critério de seleção (Oliveira et al., 2014; Porto et al., 2015).

As correlações genéticas de Peso e GPD com CTro foram superiores às encontradas por Porto et al. (2015), que corresponderam a 0,74 e 0,91, respectivamente. Rutten et al. (2005) obtiveram correlações genética e fenotípica para peso corporal e CTro de 0,87 e 0,84, sendo menores que as obtidas no presente estudo. Ao avaliar as tilápias do Nilo, do programa de melhoramento da UEM, gerações cultivadas em 2008 e 2009, Oliveira et al. (2014) observaram para peso à despesca e GPD correlações genética de 0,89 e fenotípica de 0,95. As diferenças nas estimativas do presente estudo, quando comparadas a trabalhos anteriores, possivelmente estão relacionadas ao número diferente de peixes utilizados nas análises, tamanho da matriz de parentesco e pelos diferentes anos de avaliação dos peixes. Entretanto, o processo de seleção possibilitou a obtenção de resposta correlacionada no peso à despesca e demais características ao selecionar os peixes com base no GPD.

De acordo com Thodesen et al. (2012), as características peso à despesca e rendimento de filé podem ser melhoradas em tilápias do Nilo e a seleção em diversas características corporais resulta em melhoramento considerável do peso de filé. Ao utilizar como medida de forma do corpo a elipticidade, Trong et al. (2013) verificaram altas correlações genéticas do peso à despesca com as dimensões do corpo (altura, largura, comprimento) e estes autores salientaram que ao selecionar os peixes para velocidade de crescimento, os mesmos se tornarão mais rotundos (redondos) e largos, com maior percentagem de carne. Altas correlações genéticas também foram observadas na análise dos resultados do presente estudo, em que os peixes apresentaram mudanças em sua forma corporal ao longo das gerações, tendo as características corporais ganhos genéticos significativos (Tabela 4).

Análises adicionais foram realizadas com as características altura e largura do corpo para verificar a correlação genética destas com ACa, LCa, Área e VolF e foram encontradas correlações altas e positivas com valores superiores a 0,89, resultando em incrementos das características, com alterações simultâneas destas ao selecionar os peixes para GPD. As

maiores correlações genéticas foram da altura do corpo com ACa, Área e VolF, com valores de 0,97, 0,97 e 0,99 respectivamente e da largura do corpo com LCa e VolF, apresentando 0,95 e 0,96%, evidenciando as mudanças na forma corporal devido o progresso genético das gerações e, possivelmente, influenciando o peso e rendimentos cárneos. Estes resultados corroboram os de Bosworth et al. (1998), que afirmam que as medidas corporais contribuem para a descrição da forma do corpo dos peixes e podem influenciar o peso corporal e o rendimento do filé.

Em abordagem frequentista, Reis Neto et al. (2014) obtiveram correlações genéticas entre área e altura do corpo de 0,97 e, entre área e largura do corpo de 0,91, sendo similares ao presente estudo, no qual estas características corporais foram correlacionadas positivamente com o peso e rendimento de filé em outras pesquisas com tilápias sob seleção (Rutten et al., 2005; Nguyen et al., 2010).

Em se tratando do comportamento dos valores genéticos, este aumentou linearmente em todas as características ao longo das gerações, com taxas de mudanças anuais de 0,028 cm para ACa; 0,024 cm para LCa; 0,133 cm para CTro; 2,964 cm<sup>2</sup> para Área; 26,60 g para Peso; 0,098 g dia<sup>-1</sup> para GPD e 7,244 cm<sup>3</sup> para VolF, apresentando coeficientes angulares ( $\beta_1$ ) significativos, pois não contiveram o valor zero em seus intervalos (Tabela 4).

**Tabela 4.** Coeficientes de regressão ( $\beta_1$ ) e respectivos intervalos de credibilidade (IC), médias fenotípicas ( $\mu$ ), ganhos genéticos ( $\Delta g$ ) estimados para as características corporais e de desempenho nas gerações cinco, seis e sete de tilápias do Nilo, variedade Tilamax.

Parâmetros	$\beta_1$	IC	$\mu$	$\Delta g$ (%)
ACa	0,028	0,02- 0,03	3,36	0,82
LCa	0,024	0,02-0,03	1,45	1,63
CTro	0,133	0,12-0,15	16,67	0,80
Área	2,964	2,74-3,19	128,98	2,30
Peso	26,60	24,97-28,25	640,20	4,15
GPD	0,098	0,09-0,10	2,13	4,59
VolF	7,244	6,79-7,71	198,38	3,65

IC de 2,5 a 97,5%; ACa = altura caudal em cm; LCa = largura caudal em cm; CTro = comprimento do tronco em cm; Área = área do corpo em cm<sup>2</sup>; Peso = peso corporal em g; GPD = ganho em peso diário em g dia<sup>-1</sup>; VolF = volume de filé em cm<sup>3</sup>.

As tendências genéticas, isto é, a evolução do valor genético verdadeiro nas três gerações de tilápias, variedade Tilamax, demonstraram expressivos ganhos genéticos nas características de desempenho VolF, Peso e GPD com 3,65, 4,15, 4,59% por geração, respectivamente, apresentando as maiores respostas à seleção no decorrer das gerações. As características corporais com maiores ganhos genéticos indiretos foram LCa e Área, ficando evidente as mudanças na forma do corpo das tilápias ao longo das gerações, no qual a seleção de peixes com maior valor genético para GPD tende a alterar a forma do corpo em menor intensidade (Tabela 4).

Em gerações avaliadas nos anos de 2008 e 2009, do programa de melhoramento genético de tilápias da UEM, Oliveira et al. (2014) obtiveram ganhos genéticos diretos na característica ganho em peso diário de 2,6 e 8,1%, respectivamente. No estudo das gerações de tilápias cultivadas em 2008, 2009 e 2010, do mesmo programa de melhoramento, Porto et al. (2015) apresentaram ganhos genéticos variando de 1,62 a 6,36% para as características GPD, peso à despesca e corporais. Para as características altura e largura do corpo, comprimento padrão, área corporal e volume do corpo, Reis Neto et al. (2014) observaram ganhos genéticos de 1,62, 1,75, 1,63, 3,44 e 5,57%, respectivamente. As diferenças nos ganhos genéticos do presente estudo com os anteriores podem estar relacionadas com o tamanho do banco de dados, matriz de parentesco e com os métodos utilizados para sua estimação, em que neste estudo os ganhos foram obtidos pela razão dos coeficientes de regressão linear e pelas médias fenotípicas, todavia os valores genéticos preditos neste trabalho foram maiores devido à superioridade genética dos peixes que foram candidatos à seleção ao longo das gerações cinco, seis e sete. Além disso, a variabilidade genética da população estudada foi mantida em relação as anteriores, sustentando o progresso genético e garantindo ganhos nas próximas gerações.

As estimativas das correlações e respostas à seleção obtidas evidenciaram incrementos nas características no decorrer das três gerações, com aumentos no peso à despesca, na altura e largura caudal, no comprimento do tronco, na área do corpo e no volume de filé. Segundo Contreras-Guzmán (1994), os peixes possuem capacidade diferencial de acúmulo de massa muscular em determinados pontos do corpo durante seu crescimento, caracterizando o seu formato e influenciando os rendimentos cárneos. As características corporais utilizadas trouxeram benefícios para o melhor entendimento das mudanças no crescimento das características corporais, alterando a forma corporal, podendo estas influenciar positivamente os rendimentos cárneos (tronco limpo, postas, carcaça, filé etc.). Além disso, sugere-se que o volume de filé, considerado no presente estudo como característica de rendimento, seja uma

alternativa estratégica para a predição do peso e rendimento de filé em tilápias do Nilo, sob seleção, cultivadas em tanques-rede.

### Conclusões

O uso de medidas corporais na avaliação de tilápias mostra-se eficiente e estas podem ser utilizadas para avaliar o crescimento, pois estão associadas às características área do corpo e de desempenho dos peixes, apresentando incrementos quando o critério de seleção é o ganho em peso diário.

A seleção baseada no ganho em peso diário resulta em ganhos genéticos indiretos nas características corporais de tilápias do Nilo, variedade Tilamax, alterando a forma do corpo dos peixes e aumentando o peso corporal tendendo a alterações no peso de filé, bem como no aproveitamento de diferentes cortes para o mercado consumidor.

### Referências

- BLANCK, D.V.; GASPARINO, E.; RIBEIRO, R.P.; MARQUES, D.S. Polimorfismo no gene GH1-PstI associado a características corporais de linhagens de tilápias-do-Nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.599-604, 2009. DOI:10.1590/S0100-204X2009000600008.
- BOSWORTH, B.G.; LIBEY, G.S.; NOTTER, D.R. Relationship among total weight, body shape, visceral components, and fillet traits in palmetto bass (Striped bass female *Morone saxatilis* x white bass male *M. chrysops*) and paradise bass (Striped bass female *Morone saxatilis* x yellow bass male *M. mississippiensis*). **Journal World Aquaculture Society**, v.29, p.40-50, 1998. DOI:10.1111/j.1749-7345.1998.tb00298.x.
- CHARO-KARISA, H.; BOVENHUIS, H.; REZK, M.A.; PONZONI, R.W.; ARENDONK, J.A.M.V.; 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. DOI:10.1016/j.aquaculture.2007.09.011.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E.S. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: Funep, 1994. 409p.
- FERNANDES, A.F.A.; SILVA, M.A.; ALVARENGA, E.R.; TEIXEIRA, E.A.; SILVA JUNIOR, A.F.; ALVES, G.F.O.; SALLES, S.C.M.; MANDUCA, L.G.; TURRA, E.M. Morphometric traits as selection criteria for carcass yield and body weight in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) at five ages. **Aquaculture**, v.446, p.303-309, 2015.
- GJEDREM, T.; BARANSKI, M. **Selective breeding in aquaculture: an introduction**. v.10. Heidelberg: Springer Verlag, 2009. 221p.
- GJERDE, B.; MENGISTU, S.B.; ODEGARD, 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. DOI:10.1016/j.aquaculture.2012.02.015.

- HAMZAH, A.; MEKKAWY, W.; KHAW, H.L.; NGUYEN, N.H.; YEE, H.Y.; BAKAR, K.R.A.; NOR, S.A.M.; PONZONI, R.W. Genetic parameters for survival during the grow-out period in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and correlated response to selection for harvest weight. **Aquaculture Research**, v.46, p.1-9, 2015. DOI:10.1111/are.12859.
- HEIDELBERGER, P.; WELCH, P.D. Simulation run length control in the presence of an initial transient. **Operations Research**, v.31, p.1109-1144, 1983. DOI:10.1287/opre.31.6.1109.
- HENDERSON, C.R. **Applications of linear models in animal breeding**. Canada: University of Guelph, 1984. 423p.
- HUANG, C.M.; LIAO, J.C. Response to mass selection for growth rate in *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v.85, p.199-205, 1990. DOI:10.1016/0044-8486(90)90019-J.
- KHAW, H.L.; PONZONI, R.W.; HAMZAH, A.; ABU-BAKAR, K.B.; BIJAMA, P. Genotype by production environment interaction in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture**, v.326-329, p.53-60, 2012. DOI:10.1016/j.aquaculture.2011.11.016.
- KUNITA, N.M.; OLIVEIRA, C.A.L.; OLIVEIRA, S.N.; YOSHIDA, G.M.; RIZZATO, G.S.; RESENDE, E.K.; RIBEIRO, R.P. Avaliação genética de características corporais em tilápias do Nilo cultivadas. **Archivos de Zootecnia**, v.62, p.555-566, 2013. DOI:10.4321/S0004-05922013000400008.
- MACEDO-VIÉGAS, E.M.; SOUZA, M.L.R. Pré-processamento e conservação do pescado produzido em piscicultura. In: 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. p.405-480.
- MARTINS, T.R.; SANTOS, V.B.; PERES, P.V.; SILVA, T.T. Variação da composição química corporal de tilápias (*Oreochromis niloticus*) com o crescimento. **Colloquium Vitae**, v.1, p.117-122, 2009. DOI:10.5747/cv.2009.v01.n2.v017.
- MISZTAL, I.; TSURUTA, S.; LOURENÇO, D.; AGUILAR, I.; LEGARRA, A.; VITEZICA, Z. **Manual for BLUPF90 family of programs**. Athens: University of Georgia, 2015. 125p. Disponível em: <[http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90\\_all2.pdf](http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90_all2.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2015.
- NGUYEN, N.H.; KHAW, H.L.; PONZONI, R.W.; HAMZAH, A.; KAMARUZZAMAN, K. Can sexual dimorphism and body shape be altered in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by genetic means? **Aquaculture**, v.272(S1), p.S38-S46, 2007. DOI:10.1016/j.aquaculture.2007.08.013.
- 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. DOI:10.1016/j.aquaculture.2010.04.007.
- OLIVEIRA, S.N.; OLIVEIRA, C.A.L.; ALEXANDRE FILHO, L.; RESENDE, E.K.; BARRERO, N.M.L.; KUNITA, N.M.; SANTANDER, V.F.A.; RIBEIRO, P.R. Genetic parameters and morphometric characteristics of two generations from the GIFT strain of the Nile tilapia. **Semina Ciências Agrárias**, v.35, p.3457-3468, 2014. DOI:10.5433/1679-0359.2014v35n6p3457.

PORTO, E.P.; OLIVEIRA, C.A.L.; MARTINS, E.N.; RIBEIRO, R.P.; CONTI, A.C.M.; KUNITA, N.M.; OLIVEIRA, S.N.; PORTO, P.P. Respostas à seleção para características de desempenho em tilápia-do-Nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.745-752, 2015. DOI:10.1590/S0100-204X2015000900002.

REIS NETO, R.; OLIVEIRA, C.A.L.; RIBEIRO, R.P.; FREITAS, R.T.F.; ALLAMAN, I.B.; OLIVEIRA, S.N. Genetic parameters and trends of morphometric traits of GIFT tilapia under selection for weight gain. **Scientia Agricola**, v.71, p.259-265. 2014. DOI:10.1590/0103-9016-2013-0294.

ROSSI, R.M. **Introdução aos métodos bayesianos na análise de dados zootécnicos com uso do WinBugs e R**. Maringá: Eduem, 2011. 191p.

RUTTEN, M.J.M.; BOVENHUIS, H.; KOMEN, H. Genetic parameters for fillet traits and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture**, v.246, p.125-132, 2005. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.01.006.

RUTTEN, M.J.M.; BOVENHUIS, H.; KOMEN, H. Modeling fillet traits based on body measurements in three tilapia strains (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture**, v.231, p.113-122, 2004. DOI:10.1016/j.aquaculture.2003.11.002.

SANTOS, A.I.; RIBEIRO, R.P.; VARGAS, L.; MORA, F.; ALEXANDRE FILHO, L.; 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, p.33-43, 2011. DOI:10.1590/S0100-204X2011000100005.

SCHUBERT, P.; KIRCHNER, M. Ellipse area calculations and their applicability in posturography. **Gait & Posture**, v.39, p.518-522, 2014. DOI:10.1016/j.gaitpost.2013.09.001.

SILVA, F.V.; SARMENTO, N.L.A.F.; VIEIRA, J.S.; TESSITORE, A.J.A.; OLIVEIRA, L.L.S.; SARAIVA, E.P. Características corporais, rendimentos de carcaça, filé, vísceras e resíduos em tilápias do Nilo em diferentes faixas de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1407-1412, 2009. DOI:10.1590/S1516-35982009000800003.

THODESEN, J.; RYE, M.; MANG, Y.; 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. DOI:10.1016/j.aquaculture.2012.08.028.

TRONG, T.Q.; MULDER, H.A.; ARENDONK, J.A.M.V.; KOMEN, H. Heritability and genotype by environment interaction estimates for harvest weight, growth rate, and shape of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) grown in river cage and VAC in Vietnam. **Aquaculture**, v.384-387, p.119-127, 2013. DOI:10.1016/j.aquaculture.2012.12.022.

YOSHIDA, G.M.; OLIVEIRA, C.A.L.; KUNITA, N.M.; RIZZATO, G.S.; RIBEIRO, R.P. Reproduction performance of female Nile tilapia under different environments and age classes. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.37, p.221-226, 2015. DOI:10.4025/actascianimsci.v37i3.25907.

**IV – RESPOSTA À SELEÇÃO DE CARACTERÍSTICAS CORPORAIS E DE DESEMPENHO EM TILÁPIAS DO NILO, VARIEDADE TILAMAX, DURANTE SETE GERAÇÕES<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Parte da Tese de Doutorado apresentada à Universidade Estadual de Maringá, UEM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Av. Colombo, 5.790, Jardim Universitário, 87020900, Maringá-PR, Brasil.

**Palavras-chave:** área do corpo, endogamia, ganho genético, morfometria, *Oreochromis niloticus*, tendência genética.

**Resposta à seleção em tilápias durante sete gerações**

**Ciências Agrárias**

Correspondente: Aline M. S. Oliveira Zardin

E-mail: amsozoo@gmail.com

### **ABSTRACT**

This study aimed to estimate genetic and phenotypic parameters, responses to selection and genetic trends of body traits and performance and, verify the genetic progress retrieved from in breeding program of Nile tilapia, Tilamax variety, produced in cages from 2008 to 2015. Estimates were made of variances components to morphometric traits and performance by Bayesian Inference, in addition genetic trends and rate of inbreeding. The heritabilities were moderate magnitude, with values between 0.14 and 0.28. The genetic trends showed increments of genetic values over the generations, with the highest gains in the traits body area, harvest weight, daily weight gain and fillet volume, with 1.27, 2.35, 2.29 and 1.90% per generation, respectively. The rate of inbreeding showed small increment, however the greater increment was 0.36%. The heritabilities values and genetic variances over the generations showed the genetic progress and response to selection, with the main gains in traits body area, harvest weight, daily weight gain and fillet volumes without reducing the genetic variability and with small increment of inbreeding, which enables genetic gains on future generations.

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de programas de melhoramento genético em peixes iniciou na década de 1970 em salmonídeos (Gall e Gross 1978), seguido de espécies tropicais como truta e tilápia (Eknath et al. 1993; Gjoen e Bentsen 1997; Gjedrem 2012), o que resultou em altos ganhos genéticos, de 10 a 20% por geração, na taxa de crescimento das características de importância econômica (Eknath et al. unpublished data; Ponzoni et al. 2005; Gjedrem e Baranski 2009).

No Brasil, em 2005, foi implantado o programa de melhoramento genético de tilápias do Nilo, a partir de uma parceria entre a Universidade Estadual de Maringá - UEM e o WorldFish Center, junto à Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca, extinto Ministério da Pesca e Aquicultura, pela qual foram importadas 30 famílias de tilápias do Nilo, variedade GIFT - Genetically Improved Farmed Tilapia (Oliveira et al. 2012). Com o estabelecimento do programa de melhoramento genético de tilápias no país, foi possível a estruturação e a condução de testes de desempenho dos peixes, produto de acasalamentos controlados (Oliveira et al. 2012), possibilitando, a partir da implantação deste núcleo de melhoramento, a realização de avaliações genéticas por meio de métodos quantitativos, tendo controle individual dos indivíduos e de *pedigree* dos mesmos (Santos et al. 2011).

Nos primeiros estudos realizados na população base do programa de melhoramento genético da UEM, Santos et al. (2011) observaram, para a característica peso à despesca, ganhos genéticos de 7,4% para machos e 3,9% para fêmeas, respectivamente, ao selecionar os melhores indivíduos de cada família. Em gerações avaliadas nos anos de 2008 e 2009, do mesmo programa de melhoramento, Oliveira et al. (2014) obtiveram, para cada geração, ganhos genéticos diretos na característica ganho em peso diário de 2,6 e 8,1%, respectivamente. Ainda no mesmo programa de seleção, ao analisar as características altura e largura do corpo, comprimento do tronco, peso à despesca e ganho em peso diário de tilápias cultivadas em 2008, 2009 e 2010, Porto et al. (2015) verificaram ganhos genéticos variando de 1,62 a 6,36%.

Ao implantar um programa de melhoramento genético, é necessário avaliar, periodicamente, a eficiência do trabalho realizado, sendo imprescindível o conhecimento dos parâmetros genéticos e da taxa anual de ganho, para que se estabeleçam diretrizes que conduzam os programas de melhoramento, não só para verificar o progresso genético ao longo do tempo, mas também para que os resultados sirvam de elementos orientadores de ações futuras.

Objetivou-se estimar parâmetros genéticos e fenotípicos, respostas à seleção, bem como tendências genéticas de características corporais e de desempenho e verificar o avanço genético obtido com o programa de melhoramento genético de tilápias do Nilo, da variedade Tilamax, produzidas em tanques-rede no período de 2008 a 2015.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O conjunto de dados utilizado continha informações de tilápias do Nilo, de sete gerações (gerações dois, três, quatro, cinco, seis, sete e oito), avaliadas nos anos de 2008, 2009, 2010, 2011-2012, 2013, 2014 e 2015 do Programa de Melhoramento Genético da Universidade Estadual de Maringá - UEM, cedidos pelo grupo de pesquisa PeixeGen - UEM. Os peixes utilizados foram produzidos na Estação de Piscicultura da UEM e da Companhia de Desenvolvimento Agropecuário do Paraná - CODAPAR, em Floriano – PR (23° 31' 8" S 52° 2' 21" O), a partir do acasalamento hierárquico de um macho com duas fêmeas, utilizando-se hapas de 1 m<sup>3</sup> dentro de um viveiro, coberto por estufa agrícola. Na geração seis (2013), houve introdução de variedades locais de tilápias para a produção das famílias, sendo que a variedade de tilápias produzidas no programa de melhoramento da UEM passou a ser denominada de Tilamax. A característica utilizada como critério de seleção em todas as gerações foi o ganho em peso diário (GPD). Todos os procedimentos experimentais foram feitos conforme protocolo n° 064-2014 aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA-UEM).

Para a formação das famílias em cada geração foram selecionados os peixes com maiores médias para os valores genéticos de GPD, sendo um macho e duas fêmeas de cada família, em todas as famílias de cada geração. O sistema de acasalamento adotado em todas as gerações foi do tipo preferencial positivo, ou seja, entre indivíduos semelhantes geneticamente (melhores com melhores, medianos com medianos e/ou piores com piores) e negativo, ou seja, entre indivíduos dessemelhantes geneticamente (melhores com piores; melhores com medianos; medianos com piores e vice-versa), com o intuito de manter a maior parte da variabilidade genética possível. Para minimizar os efeitos de consanguinidade, impediu-se o acasalamento entre indivíduos com mais de um bisavô comum.

A incubação dos ovos foi realizada artificialmente a partir da quinta geração. Anteriormente a incubação era realizada naturalmente pelas fêmeas, sendo que, após a eclosão dos ovos as larvas foram mantidas com as mães até o final da estação

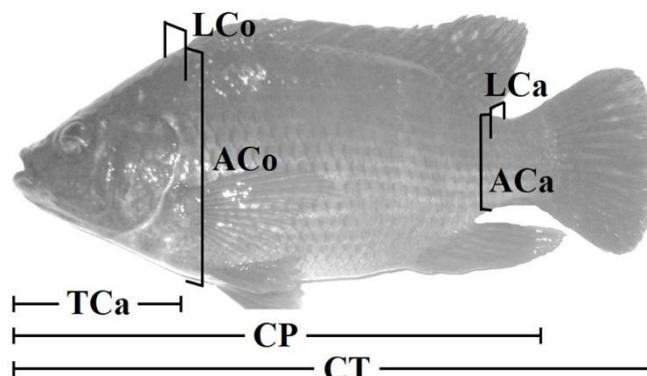
reprodutiva e, posteriormente, transferidas para a estrutura de alevinagem. Em todas as gerações, os indivíduos das diferentes famílias foram transferidos para a alevinagem, sendo feita a contagem do número total de indivíduos por família e, em seguida, separado um número determinado que, após serem divididos em dois grupos, foram alocados em hapas de 1 m<sup>3</sup>. Estas foram distribuídas em locais distintos (para reduzir o efeito do ambiente como variações de temperatura, oxigenação da água), dentro de um viveiro, coberto por estufa agrícola (estufa de alevinagem). Os peixes, separados por família, foram mantidos na estrutura de alevinagem até atingirem o peso para a identificação, o que gerou uma fonte de variação, o efeito comum de família. Ao atingirem peso médio de 10 g, cerca de 40 indivíduos de cada família foram identificados por meio de microchips introduzidos na cavidade visceral, ao se realizar a primeira biometria.

Após o procedimento de identificação e durante o período de recuperação, os peixes das diferentes famílias foram mantidos juntos em hapa de polietileno, dentro da estufa de alevinagem por aproximadamente 15 dias. Após recuperação, os peixes foram transferidos para a Unidade Demonstrativa de Produção em Tanques-Rede – UEM, no município de Diamante do Norte – PR (22° 39' 24" S 52° 46' 51" O), no Rio do Corvo, tributário do Rio Paranapanema, no reservatório de Rosana.

Todas as gerações foram avaliadas por período médio de 211 dias, em sistema de tanques-rede, sendo que os indivíduos da geração cinco foram avaliados em 2011 e 2012 respectivamente, devido a problemas na quantidade de famílias formadas em 2011. Os períodos de avaliação coincidiram com o final do outono, inverno e começo da primavera (entre os meses de abril a outubro). Apenas os indivíduos da geração seis (2013) tiveram avaliação iniciada no final do verão.

Em cada ano de avaliação, para a produção dos peixes, foram utilizados de dois a três tanques-rede (volume de 6 m<sup>3</sup>), sendo três tanques em 2008, 2010 e 2011-2012; dois tanques nos anos de 2009, 2013 e 2014, nos quais foi realizada a distribuição dos peixes das diferentes. No ano de 2015 utilizou-se apenas um tanque-rede para a avaliação dos peixes. Ao final de cada período de avaliação foram coletadas informações de peso à despesca (g) (Peso), comprimento total (CT - compreendido entre a extremidade anterior da cabeça ao final da nadadeira caudal), comprimento padrão (CP - compreendido entre a extremidade anterior da cabeça e a inserção da nadadeira caudal), tamanho da cabeça (TCa - compreendido entre a extremidade anterior da cabeça e o bordo caudal do opérculo), altura do corpo (ACo - medida à

frente do primeiro raio da nadadeira dorsal) e largura do corpo (LCo - medida à frente do primeiro raio da nadadeira dorsal), em centímetros (Figura 1).



**Figura 1** - Medidas corporais mensuradas em cada peixe nas sete gerações.

Para obtenção do peso dos peixes utilizou-se uma balança digital com precisão de 0,1 g. Os comprimentos total e padrão foram mensurados por meio de um ictiômetro e as demais medidas com auxílio de paquímetro, ambos graduados em milímetros.

No início de cada período de avaliação (aproximadamente 30 dias), a alimentação utilizada foi ração comercial extrusada com 45% de proteína bruta, fornecida três vezes ao dia (8, 12 e 17 horas) e a partir daí a alimentação consistiu de ração comercial extrusada com 32% de proteína bruta, sendo fornecida duas vezes ao dia (8 e 17 horas), até o final dos períodos de cultivos. A quantidade diária de ração em todos os períodos de avaliação foi calculada com base no percentual de biomassa estocada e os ajustes na quantidade fornecida ocorreram de acordo com as biometrias realizadas no decorrer dos cultivos. A densidade média de estocagem em todos os períodos de avaliação foi aproximadamente de 100 kg/m<sup>3</sup>.

A partir das medidas corporais e Peso foram calculados:

Ganho em peso diário (g/dia) (GPD), resultado obtido da divisão do peso à despesca ou peso final ( $P_f$ ) e idade do peixe ao final do período de avaliação ( $I_f$ ):

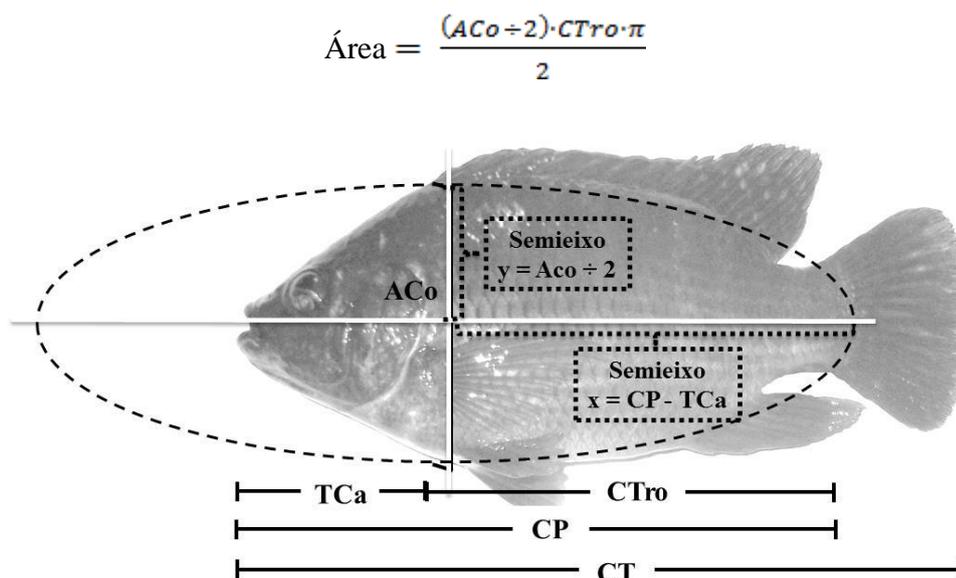
$$GPD = P_f \div I_f \quad (1)$$

Comprimento do tronco (cm) (CTro), definido pela diferença entre o comprimento padrão e o tamanho da cabeça:

$$CTro = CP - TCa \quad (2)$$

Área do corpo (cm<sup>2</sup>) (Área), calculada considerando a equação da área da meia elipse (Figura 2), adaptada de Trong et al. (2013) e Schubert e Kirchner (2014):

(3)



**Figura 2-** Representação da Área e CTro.

Volume de filé (cm<sup>3</sup>) (VolF), de acordo com as equações de predição para machos até 520 g (VolF<sub>520</sub>), machos acima de 521 g (VolF<sub>>521</sub>), fêmeas até 600 g (VolF<sub>600</sub>) e fêmeas acima de 601 g (VolF<sub>>601</sub>) propostas por Conte (unpublished data), respectivamente:

$$VolF_{520} = 18,49 + 0,341 \cdot \text{Peso} \quad (4)$$

$$VolF_{521} = -17,51 + 0,327 \cdot \text{Peso} \quad (5)$$

$$VolF_{600} = 2,283 + 0,299 \cdot \text{Peso} \quad (6)$$

$$VolF_{601} = 44,53 + 0,243 \cdot \text{Peso} \quad (7)$$

O número total de indivíduos por geração e famílias, período de avaliação, idade média dos peixes e médias das características avaliadas em cada geração seguem na Tabela 1, de acordo com a estatística descritiva dos dados. O termo família foi caracterizado pelos grupos de irmãos completos.

**TABELA I**  
**Número total de indivíduos, machos e fêmeas, famílias por geração, período de avaliação (cultivo) e valores médios com seus respectivos desvios padrão da idade, características corporais e de desempenho.**

	<b>Geração 2</b>	<b>Geração 3</b>	<b>Geração 4</b>	<b>Geração 5</b>	<b>Geração 6</b>	<b>Geração 7</b>	<b>Geração 8</b>
Nº indivíduos	1731	1717	2695	1127	1455	1107	1103
Nº machos	835	971	1291	555	855	589	490
Nº fêmeas	896	746	1404	572	600	518	613
Nº famílias	33	58	79	50	51	52	49
Cultivo (dias)	251	168	170	218	232	188	253
<b>Valores Médios</b>							
Idade (dias)	397 ± 11,4	285 ± 21,4	295 ± 12,2	309 ± 33,3	289 ± 18,3	301 ± 22,8	293 ± 12,0
CT (cm)	32,2 ± 3,6	23,5 ± 2,3	26,0 ± 7,3	28,4 ± 4,0	31,5 ± 4,1	28,4 ± 4,2	31,5 ± 3,4
CP (cm)	26,1 ± 3,0	18,8 ± 2,0	21,0 ± 2,3	23,2 ± 3,3	25,2 ± 3,3	23,1 ± 3,5	25,6 ± 2,8
ACo (cm)	9,9 ± 1,2	7,2 ± 1,0	8,0 ± 1,1	9,0 ± 1,4	10,3 ± 1,6	9,3 ± 1,6	9,5 ± 1,1
LCo (cm)	4,0 ± 0,3	3,2 ± 0,4	3,7 ± 0,5	4,0 ± 0,6	3,7 ± 0,5	4,0 ± 0,6	4,4 ± 0,4
TCa (cm)	8,1 ± 1,0	5,8 ± 0,6	6,5 ± 0,7	7,2 ± 1,0	7,7 ± 1,0	7,1 ± 1,1	8,0 ± 0,8
CTro (cm)	18,1 ± 2,1	13,0 ± 1,4	14,4 ± 1,7	16,0 ± 2,4	17,4 ± 2,5	16,0 ± 2,6	17,6 ± 2,1
Área (cm <sup>2</sup> )	142,7 ± 32,2	74,0 ± 15,5	92,0 ± 21,4	115,1 ± 34,0	143,7 ± 39,5	119,6 ± 35,3	132,4 ± 29,6
Peso (g)	792,3 ± 278,3	262,5 ± 83,1	402,8 ± 140,8	554,2 ± 257,4	780,3 ± 328,8	522,0 ± 214,6	700,0 ± 245,8
GPD (g/dia)	2,0 ± 0,7	1,0 ± 0,3	1,4 ± 0,5	1,8 ± 0,8	2,7 ± 1,0	1,7 ± 0,7	2,4 ± 0,8
VolF (cm <sup>3</sup> )	245,0 ± 87,5	97,0 ± 35,6	137,0 ± 50,3	176,7 ± 77,6	240,2 ± 100,7	163,3 ± 61,8	217,0 ± 75,0

Nº = número total; CT = comprimento total; CP = comprimento padrão; ACo = altura do corpo; LCo = largura do corpo; TCa = tamanho da cabeça; CTro = comprimento do tronco; Área = área do corpo; Peso = peso à despesca; GPD = ganho em peso diário; VolF = volume de filé.

Foram realizadas estimações dos componentes de variâncias para cada característica, a partir da metodologia das equações de modelo misto, proposta por Henderson (1984), por meio de Inferência Bayesiana, pelo amostrador de Gibbs, utilizando o programa GIBBS1F90 (Misztal et al. 2015). Para as análises empregou-se um modelo animal que incluiu os efeitos genético aditivo direto, comum de família e residual como aleatórios, além dos efeitos fixos de sexo e tanques-rede, estando o efeito de ano aninhado aos tanques-rede. Foram considerados, para as análises, distribuição normal e *priori* para todos os parâmetros como não informativas. O modelo utilizado, em análises unicarácter, foi descrito abaixo:

$$y = X\beta + Z_1a + Z_2f + e \quad (8)$$

$y$  é vetor das observações das características ACa, LCa, CTro, Área, Peso; GPD e VolF;  $X$  é a matriz de incidência dos efeitos ambientais identificáveis, contidos vetor  $\beta$  e definidos como sexo e tanques-rede;  $Z_1$  é a matriz de incidência efeitos aleatórios genéticos aditivos diretos, contidos no vetor  $a$ ;  $Z_2$  é a matriz de incidência do efeito comum de família (período de alevinagem – manutenção dos irmãos completos em hapas de 1m<sup>3</sup> antes da identificação), contido vetor  $f$ ;  $e$  é o vetor dos erros aleatórios.

Análises unicarácter foram realizadas para as características corporais CT, CP, ACo, LCo, TCa, CTro, de forma corporal, a Área e de desempenho Peso, GPD e VolF. A idade dos peixes foi utilizada como covariável, considerando efeito linear e quadrático. A partir dos componentes de variâncias foram estimadas as herdabilidades ( $h^2$ ) e a participação relativa do efeito comum de família na variância total ( $F^2$ ).

Para as análises foram geradas cadeias de Gibbs de 1.000.000 de ciclos, com a eliminação dos 100.000 ciclos iniciais, obtendo amostras a cada 30 ciclos, finalizando em cadeias compostas por 30.000 informações de componentes de variância.

Verificou-se a convergência das cadeias por meio do critério de Heidelberger e Welch (1983), implementado no pacote Coda do programa R para Windows v. 3.2.2 (R Core Team 2015). A partir das cadeias obtidas foram estimadas as médias *a posteriori* e os intervalos de credibilidade de 95% de probabilidade para os componentes de variâncias e parâmetros genéticos.

Os valores genéticos das características foram preditos considerados os componentes de variâncias e parâmetros genéticos estimados pelos modelos mistos de Henderson, nas análises por meio do programa GIBBS1F90 (Misztal et al. 2015).

Para a descrição do comportamento dos valores genéticos ao longo das gerações, foram estimadas as tendências genéticas, considerando um modelo de regressão dos

valores genéticos preditos em função das gerações de seleção. Utilizou-se o pacote BRugs do programa R v. 3.2.2 (R Core Team, 2015) para estimação Bayesiana dos coeficientes de regressão, em que se considerou a resposta ( $Y_i$ ) tendo distribuição Normal, ou seja,  $Y_i \sim Normal(\mu_i, \tau)$ ,  $Y_i$  representa os valores genéticos de cada característica;  $\mu_i = \beta_0 + \beta_1 X_i$ , em que  $X_i$  representa as gerações;  $\beta_0$  e  $\beta_1$  assumem distribuições *a priori* não informativas e independentes,  $\beta_k \sim Normal(0, 10^{-6})$ ,  $k = 0,1$ . Para  $\tau$  também foi considerada *a priori*, com distribuição não informativa, sendo  $\tau \sim Gamma(10^{-3}, 10^{-3})$  (Rossi 2011). Foram geradas cadeias de 10.000 ciclos e descarte de 1.000 valores iniciais na estimação dos betas. Para a convergência das cadeias utilizou-se o critério de Heidelberger e Welch (1983), implementado no pacote Coda do programa R v. 3.2.2 (R Core Team 2015).

Os ganhos genéticos realizados ( $\Delta g$ ), expressos em percentagem, foram calculados pela razão dos coeficientes de regressão linear ( $\beta_1$ ) e pelas médias fenotípicas ( $\mu_p$ ) de cada característica em análise, conforme equação:

$$\Delta g(\%) = \beta_1 \cdot 100 \div \mu_p \quad (9)$$

A partir do *pedigree* dos peixes foi estimada a probabilidade de ocorrência de endogamia por meio da metodologia de análise de regressão segmentada em função das gerações, sendo realizado pelo procedimento NLIN do SAS v. 9.1.3 (SAS 2002-2004).

## RESULTADOS

Nas análises unicaracterísticas foram verificadas convergências para todas as cadeias de Gibbs dos componentes de variâncias e parâmetros genéticos de todas as características em estudo. As herdabilidades ( $h^2$ ) estimadas para as características foram próximas, com valores entre 0,14 a 0,28, sendo de média magnitude. As características ACo e a Área apresentaram estimativas de  $h^2$  de 0,25 e 0,28 respectivamente, enquanto a  $h^2$  para Peso, GPD e VolF foi de 0,24, contudo os intervalos de credibilidade das médias *a posteriori* para todas as características foram coincidentes (Tabela 2).

**TABELA II**  
Médias *a posteriori* e respectivos intervalos de credibilidade da herdabilidade ( $h^2$ ), variância genética aditiva ( $\sigma^2 a$ ) e participação relativa do efeito comum de família ( $F^2$ ) em análises unicarácter.

Características	$h^2$	$\sigma^2 a$	$F^2$
CT	0,18 (0,10-0,30)	1,17 (0,56-1,92)	0,23 (0,18-0,28)
CP	0,18	0,78	0,22

	(0,10-0,29)	(0,40-1,28)	(0,18-0,27)
ACo	0,28 (0,18-0,38)	0,25 (0,16-0,36)	0,16 (0,12-0,21)
LCo	0,16 (0,10-0,24)	0,02 (0,01-0,04)	0,16 (0,11-0,20)
TCa	0,14 (0,10-0,24)	0,06 (0,02-0,10)	0,19 (0,14-0,24)
CTro	0,18 (0,08-0,28)	0,44 (0,20-0,70)	0,20 (0,15-0,24)
Área	0,25 (0,15-0,34)	117,3 (71-169)	0,18 (0,14-0,22)
Peso	0,24 (0,15-0,35)	6.684 (3.937-9.767)	0,18 (0,14-0,28)
GPD	0,24 (0,15-0,33)	0,06 (0,04-0,09)	0,22 (0,18-0,27)
VolF	0,24 (0,15-0,34)	546,4 (319-796)	0,18 (0,14-0,22)

CT = comprimento total; CP = comprimento padrão; ACo = altura do corpo; LCo = largura do corpo; TCa = tamanho da cabeça; Área = área do corpo; Peso = peso à despesca; GPD = ganho em peso diário; VolF = volume de filé.

A participação relativa do efeito comum de família na variação total ( $F^2$ ) foi evidente em todas as características no final do período de cultivo, com valores entre 16 e 23% na variação total, tendo menor importância para ACo e LCo. Os intervalos de credibilidade do efeito comum de família nas características avaliadas não contiveram o valor zero (Tabela 2).

Em relação ao comportamento dos valores genéticos dos peixes, estes aumentaram linearmente, sendo as estimativas de tendências genéticas significativas. As taxas de mudanças anuais foram de 0,102 cm para CT, 0,083 cm para CP, 0,041 cm para ACo, 0,012 cm para LCo, 0,019 cm para TCa, 0,069 cm para CTro, 1,440 cm<sup>2</sup> para Área, 12,90 g para Peso, 0,040 g/dia GPD e 3,317 cm<sup>3</sup> para VolF, as quais apresentaram coeficientes de regressão significativos, por não conterem o valor zero em seus intervalos (Tabela 3).

**TABELA III**  
**Coefficientes de regressão ( $\beta_1$ ) e respectivos intervalos de credibilidade (IC), médias fenotípicas ( $\mu$ ), tendências genéticas e ganhos genéticos ( $\Delta g$ ) estimados para características corporais e desempenho de tilápias do Nilo, variedade Tilamax, produzidas de 2008 a 2015.**

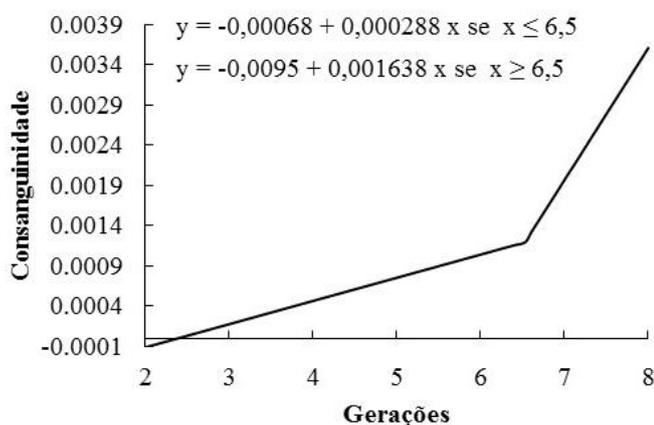
Parâmetros	$\beta_1$	IC	$\mu$	$\Delta g$ (%)
CT (cm)	0,102	0,10-0,11	28,3	0,36

CP (cm)	0,083	0,08-0,09	22,9	0,36
ACo (cm)	0,041	0,037- 0,041	8,9	0,46
LCo (cm)	0,012	0,011-0,012	3,8	0,31
TCa (cm)	0,019	0,018-0,020	7,1	0,27
CTro (cm)	0,069	0,069-0,072	15,8	0,44
Área (cm <sup>2</sup> )	1,440	1,38-1,50	113,2	1,27
Peso (g)	12,90	12,48-13,32	549,3	2,35
GPD (g/dia)	0,040	0,038-0,041	1,8	2,29
VolF (cm <sup>3</sup> )	3,317	3,19-3,44	174,3	1,90

IC de 2,5 a 97,5%; CT = comprimento total; CP = comprimento padrão; ACo = altura do corpo; LCo = largura do corpo; TCa = tamanho da cabeça; CTro = comprimento do tronco; Área = área do corpo; Peso = peso à despesca; GPD = ganho em peso diário; VolF = volume de filé.

As tendências genéticas evidenciaram incrementos dos valores genéticos no decorrer das gerações, tanto nas características corporais quanto nas características de desempenho. Os maiores ganhos genéticos foram nas características Área, Peso, GPD e VolF, com 1,27, 2,35, 2,29 e 1,90% por geração, respectivamente, com as maiores respostas à seleção no decorrer das gerações. O menor ganho genético observado foi na característica TCa (Tabela 3).

Em se tratando da taxa de endogamia, verificou-se valor médio de -0,0001 na geração dois, tendo aumento de 0,0003 ao ano, ao longo das gerações. A partir da geração seis, a taxa de endogamia apresentou maior incremento (0,00164), sendo verificada máxima endogamia na geração oito, com 0,0036 ou 0,36% (Figura 3).



**Figura 3** - Taxa de endogamia de tilápias do Nilo, variedade Tilamax, produzidas entre 2008 a 2015.

## DISCUSSÃO

As estimativas de herdabilidade foram de média magnitude, apresentando importância relativa das diferenças genéticas herdáveis na variação total, com potencial resposta à seleção (Tabela 2). Os valores de  $h^2$  foram semelhantes aos observados em trabalhos com tilápias do Nilo de gerações anteriores do presente programa de melhoramento genético (Santos et al. 2011; Yoshida et al. 2013; Oliveira et al. 2014; Porto et al. 2015), entretanto, verificou-se ampla variância genética aditiva das características corporais, da área do corpo e das características de desempenho no presente estudo, evidenciando que mesmo após vários anos de seleção, a população manteve a variabilidade genética significativa, garantindo a longevidade do programa de seleção por muito mais tempo. Ponzoni et al. (2005) salientam que a variância genética indica a possibilidade de prosseguir com o ganho genético mesmo depois de diversas gerações selecionadas.

As maiores herdabilidades estimadas foram das características Área e ACo, seguidas das características Peso, GPD e VolF, com 28, 25 e 24% respectivamente, sendo que a maior contribuição foi de origem genética, isto é, que elas apresentaram mais influência da qualidade genética dos peixes do que do ambiente e, possivelmente, estas características estão relacionadas com o rendimento da carcaça, peso e rendimento de filé (Tabela 2). Ao avaliar a resposta correlacionada de características corporais com peso e rendimento de filé em tilápias sob seleção, Nguyen et al. (2010) salientaram que o peso do filé em tilápias do Nilo pode ser predito com precisão a partir das características corporais. Em estudo de tilápias do Nilo de cinco idades diferentes, com objetivo de estimar parâmetros genéticos e correlação de medidas corporais, peso corporal e rendimento de carcaça para identificar os possíveis resultados da seleção indireta no rendimento de carcaça, Fernandes et al. (2015) obtiveram melhorias no peso corporal e rendimento de carcaça e afirmaram que a altura do corpo (ACo) e o comprimento corrigido (CTro) foram os melhores critérios ao selecionar peixes com 119 e 231 dias de idade, respectivamente. Conforme Gjedrem e Baranski (2009), para características economicamente importantes (peso corporal, peso total, idade a maturidade, sobrevivência, rendimento de filé, textura, cor da carne, etc.) em animais aquáticos, as herdabilidades normalmente encontra-se entre 0,1 a 0,4.

Para a manutenção do *pedigree*, após período de larvicultura, os peixes foram transferidos para estruturas de hapas (alevinagem), onde permaneceram até atingirem peso para identificação, gerando desta maneira o efeito comum de família. A

participação relativa do efeito comum de família na variação total ( $F^2$ ) foi significativa para as características avaliadas ao final do período de cultivo, sendo responsável pela grande proporção da variação fenotípica em todas as características, com valores de 16 a 23%, em que as características CT, CP, CTro e GPD foram as que apresentaram maiores proporções, 23, 22, 20 e 22%, respectivamente. Estes resultados indicaram que ao manter os indivíduos nas mesmas condições ambientais até a identificação (período de alevinagem), nas diferentes gerações, houve maior diferença entre os indivíduos das diferentes famílias, mesmo durante o período de avaliação em tanques-rede, isto é, a manutenção dos indivíduos na fase inicial fez com que houvesse maior uniformidade dos indivíduos dentro de suas famílias, aumentando as diferenças entre os peixes das diferentes famílias no cultivo. Deste modo, com o maior desempenho dos indivíduos no ambiente de criação houve maior hierarquia de dominância dos mesmos, aumentando o nível de competição, tanto para o acesso à alimentação quanto para o maior espaço no ambiente (Tabela 2), isto é, os peixes maiores continuaram maiores e peixes menores continuaram menores, devido menor poder de dominância, pois tiveram menor acesso ao alimento.

Em estudo de três gerações de tilápias do Nilo, cultivadas em viveiros e tanques-rede na Malásia, Khaw et al. (2012) observaram valores de ambiente comum de família variando de 0,14 a 0,18 em peixes cultivados em tanques-rede, para as características altura e largura do corpo, comprimento padrão e peso à despesca. Na avaliação das alterações da forma do corpo de machos e fêmeas de tilápias melhoradas, Nguyen et al. (2007) encontraram, para ambos, valores de ambiente comum e materno de 18, 16, 16 e 24% nas características peso à despesca, comprimento padrão, altura e largura, respectivamente. Alguns autores afirmam que este efeito é mais evidente na fase jovem de desenvolvimento que em idades mais avançadas (Rutten et al 2005; Rezk et al. 2009; Nguyen et al. 2010; Turra et al. 2012; Conti et al 2014), entretanto na presente pesquisa, mesmo na fase posterior à inicial, este efeito foi importante. Portanto, é recomendável que ao realizar avaliação genética de tilápias melhoradas este efeito seja considerado, pois caso seja omitido do modelo estatístico, as estimativas dos parâmetros podem ser superestimadas, alterando principalmente os valores de  $h^2$  e, conseqüentemente, reduzindo a precisão da seleção (Nguyen et al. 2007; Hamzah et al. 2015). Ainda, os intervalos de credibilidade obtidos para  $F^2$  foram diferentes de zero e, por esta razão, estatisticamente significativos (Rossi 2011), devendo ser considerados no modelo estatístico (Tabela 2).

Os valores genéticos dos peixes entre as sete gerações apresentaram incrementos nas características corporais e de desempenho e, conseqüentemente, na resposta à seleção, evidenciando melhorias nas características ao longo das gerações, principalmente no peso à despesca e no GPD, com ganhos superiores a 2%, tendo taxas anuais de mudanças de 12,90 g e 0,040 g/dia, respectivamente (Tabela 2). Ao avaliar seis gerações de tilápias do Nilo melhoradas na China, utilizando como critérios de seleção o crescimento e o rendimento de filé, Thodesen et al. (2012) observaram ganhos de 8% para peso à despesca. Oliveira et al. (2015), ao estimarem tendências genéticas em tilápias do Nilo, oriundas do mesmo programa de melhoramento deste trabalho, entre os anos de 2008 a 2013, obtiveram incrementos dos valores genéticos com taxas anuais de mudanças nas características GPD e peso à despesca de 0,0528 g/dia e 13,663 g por período de cultivo, respectivamente, apresentando ganhos genéticos de 3,8% para ambas as características, tendo ganhos acumulados de 15% em quatro gerações.

As diferenças nos ganhos genéticos (menores ganhos) entre o presente estudo e outros trabalhos de outros programas de melhoramento de tilápias (Bolivar e Newkirk 2002; Ponzoni et al. 2005; Nguyen et al. 2010; Ponzoni et al. 2011; Thodesen et al. 2012) podem estar relacionadas ao tamanho do banco de dados, matriz de parentesco, modelo animal, intensidade de seleção, além da maneira que o processo de seleção é realizado, sendo que desde as primeiras gerações do programa de melhoramento de tilápias da UEM, os melhores indivíduos de cada família, em cada geração, foram selecionados para compor o plantel de reprodutores.

Os ganhos genéticos das características corporais foram menores em relação às características de desempenho, contudo possibilitaram pequenas alterações na forma do corpo dos peixes quando comparados aos resultados obtidos por Yoshida et al. (2013), em avaliação de tilápias cultivadas no ano de 2009, que encontraram ganhos de 0,245, 0,247, 0,250, 0,220% para CT, CP, ACo e LCo, respectivamente. Na avaliação de tilápias cultivadas em 2008, 2009 e 2010 do programa de melhoramento, Porto et al. (2015) apresentaram ganhos genéticos de 1,62 para LCo, 1,65 para ACo, 1,51 para CTro, 6,36% para peso à despesca e 6,30% para GPD. Para as características altura, largura, área, comprimento padrão e volume do corpo, Reis Neto et al. (2014) observaram ganhos genéticos de 1,62, 1,75, 1,63, 3,44 e 5,57%, respectivamente, a partir da terceira geração. As diferenças nos ganhos genéticos do presente estudo com os anteriores podem estar relacionadas com os métodos utilizados para a estimação destes ganhos, em que neste estudo os ganhos foram obtidos pela razão dos coeficientes

de regressão linear e pelas médias fenotípicas, apresentando os maiores valores genéticos preditos nas últimas gerações, devido à superioridade genética dos peixes que foram candidatos à seleção ao longo das gerações (Tabela 3).

As tendências genéticas das características Área e VolF apresentaram expressivos ganhos, sendo 1,27 e 1,90% respectivamente, evidenciando mudanças na forma corporal devido o progresso genético ao selecionar peixes com maior GPD, o que pode influenciar o peso e os rendimentos cárneos dos mesmos (Tabela 3). De acordo com Thodesen et al. (2012), as características peso e rendimento de filé podem ser melhoradas em tilápias do Nilo e a seleção em diversas características corporais resulta em melhoramento considerável do peso de filé. Bosworth et al. (1998) afirmam que as características corporais contribuem para a descrição da forma do corpo dos peixes e podem influenciar o peso corporal e o rendimento do filé.

A característica TCa apresentou menor ganho, com 0,27%, sendo resultado de grande importância para o programa de seleção, visto que o tamanho da cabeça pode interferir no rendimento do processamento (Tabela 3). Segundo Contreras-Guzmán (1994), peixes com cabeça pequena podem atingir valores altos de rendimento e, ainda afirma que no processamento dos peixes, as perdas de tecido muscular podem ter influência devido ao maior tamanho de cabeça na decapitação, conseqüentemente prejudicando o rendimento dos cortes cárneos.

A taxa de endogamia no decorrer das sete gerações de seleção apresentou pequeno incremento, em que o maior valor obtido manteve-se dentro do aceitável (Figura 3), sendo inferior ao observado por Oliveira et al. (2014), que encontraram 0,005 e 0,004 nas gerações dois e três do mesmo programa de melhoramento. Após doze gerações de seleção de tilápias do Nilo produzidas na Ásia, Bolivar e Newkirk (2002) encontraram coeficiente de endogamia de 6,3%, com taxa média de endogamia de 1,4% por geração, muito além dos observados no presente trabalho. Na avaliação de tilápias do Nilo de um programa de melhoramento genético conduzindo na Malásia, produzidas de 2002 a 2008, Ponzoni et al. (2010) verificaram incremento de 2,14% na última geração. De acordo com Holtsmark et al. (2007), a taxa de endogamia desejável é de 0,5% por geração de seleção. Bentsen e Olesen (2002) afirmam que resposta considerável a seleção pode ser obtida em programas de melhoramento aquícolas com taxas de endogamia tão baixas quanto 1% por geração. Segundo Oliveira et al. (2014), o tamanho efetivo da população ( $N_e$ ), quando pequeno, induz à consanguinidade e à deriva genética, dificultando a sustentabilidade de programas de melhoramento durante

longos períodos. Na presente pesquisa, entre as sete gerações avaliadas, o Ne apresentou variações, com valores entre 69 a 125, em que as últimas gerações foram 84 indivíduos que deixaram descendentes. Contudo, ao longo dos anos de seleção, mesmo com a variação no número de reprodutores, a taxa de endogamia foi pequena e mostrou que a seleção de indivíduos de todas as famílias foi eficiente, mantendo a variabilidade genética na população. Bentsen e Olesen (2002) e Meuwissen (2007) sugerem tamanho de população efetiva de no mínimo 50 indivíduos em programas de melhoramento, no qual 84 indivíduos, nas últimas gerações, foi acima do recomendado.

### **CONCLUSÕES**

O processo de seleção baseado no ganho em peso diário, ao longo de oito anos, mostrou-se eficiente, com ganhos genéticos significativos, alterando a morfometria e aumentando o peso corporal dos peixes, sendo indicativo de influência positiva no peso e rendimentos de filé e carcaça.

Os valores de herdabilidades e variâncias genéticas no decorrer das gerações evidenciaram o progresso genético e resposta à seleção, com principais ganhos nas características área do corpo, peso à despesca, ganho em peso diário e volume de filé, sem reduzir a variabilidade genética e com baixo incremento de endogamia, possibilitando ganhos genéticos nas futuras gerações desta variedade.

### **RESUMO**

Objetivou-se estimar parâmetros genéticos e fenotípicos, respostas à seleção, bem como tendências genéticas de características corporais e de desempenho e, verificar o avanço genético obtido com o programa de melhoramento genético de tilápias do Nilo, da variedade Tilamax, produzidas em tanques-rede no período de 2008 a 2015. Foram estimados componentes de variâncias para as características corporais e de desempenho pela metodologia Bayesiana, além de tendências genéticas e taxa de endogamia. As herdabilidades foram de média magnitude, com valores entre 0,14 a 0,28. As tendências genéticas evidenciaram incrementos dos valores genéticos no decorrer das gerações, com os maiores ganhos nas características área do corpo, peso à despesca, ganho em peso diário e volume de filé, sendo 1,27, 2,35, 2,29 e 1,90% por geração. A taxa de endogamia apresentou pequeno incremento, contudo o maior incremento foi de 0,36%. Os valores de herdabilidades e variâncias genéticas no decorrer das gerações evidenciaram o progresso genético e resposta à seleção, com principais ganhos nas

características área do corpo, peso à despesca, ganho em peso diário e volume de filé, sem reduzir a variabilidade genética e com baixo incremento de endogamia, possibilitando ganhos genéticos nas futuras gerações desta variedade.

**Palavras-chave:** área do corpo, endogamia, ganho genético, morfometria, *Oreochromis niloticus*, tendência genética.

## REFERÊNCIAS

BENTSEN HB E OLESEN I. 2002. Designing aquaculture mass selection programs to avoid high inbreeding rates. *Aquaculture* 204: 349-359.

BOLIVAR RB E NEWKIRK GF. 2002. Response to within family selection for body weight in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) using a single-trait animal model. *Aquaculture* 2004: 371-381.

BOSWORTH B G, LIBEY GS E NOTTER DR. 1998. Relationship among total weight, body shape, visceral components, and fillet traits in palmetto bass (Striped bass female *Morone saxatilis* x white bass male *M. chrysops*) and paradise bass (Striped bass female *Morone saxatilis* x yellow bass male *M. mississippiensis*). *J World Aquacul Soc* 29: 40-50.

CONTI ACM, OLIVEIRA CAL, MARTINS EN, RIBEIRO RP, BIGNARDI AB, PORTO EP E OLIVEIRA SN. 2014. Genetic parameters for weight and body measurements for Nile tilapias by random regression modeling. *Semin-Cienc Agrar* 35: 2843-2858.

CONTRERAS-GUZMÁN ES. 1994. *Bioquímica de pescados e derivados*, Jaboticabal: Funep, 409 p.

EKNATH AE et al. 1993. Genetic improvement of farmed tilapias the growth performance of eight strains of *Oreochromis niloticus* tested in different farm environments. *Aquaculture* 111: 171-188.

FERNANDES AFA, SILVA MA, ALVARENGA ER, TEIXEIRA EA, SILVA JUNIOR AF, ALVES GFO, SALLES SCM, MANDUCA LG E TURRA EM. 2015. Morphometric traits as selection criteria for carcass yield and body weight in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) at five ages. *Aquaculture* 446: 303-309.

GALL GAE E GROSS SJ. 1978. Genetic studies of growth in domesticated rainbow trout. *Aquaculture* 13: 225-234.

GJEDREM T E BARANSKI M. 2009. Selective breeding in aquaculture: an introduction, *Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries*, 5, Springer, 221 p.

GJEDREM T. 2012. Genetic improvement for the development of efficient global aquaculture: a personal opinion review. *Aquaculture* 344-349: 12-22.

GJOEN HM E BENTSEN HB. 1997. Past, present, and future of genetic improvement in salmon aquaculture. *J Mar Sci* 54: 1009-1014.

HAMZAH A, MEKKAWY W, KHAW HL, NGUYEN NH, YEE HY, BAKAR KRA, NOR SAM E PONZONI RW. 2015. Genetic parameters for survival during the grow-

out period in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and correlated response to selection for harvest weight. *Aquac Res* 46: 1-9.

HEIDELBERGER P E WELCH PD. 1983. Simulation run length control in the presence of an initial transient. *Oper Res* 31: 1109-1144.

HENDERSON CR. 1984. Applications of linear models in animal breeding. Canada: University of Guelph, 423p.

HOLTSMARK M, KLEMETSDAL G, SONESSON AK AND WOOLLIAMS JA. 2007. Establishing a base population for a breeding program in aquaculture, from multiple subpopulations, differentiated by genetic drift: II. Sensitivity to assumptions on the additive genetic relationships of base animals. *Aquaculture* 274: 241-246.

KHAW HL PONZONI RW, HAMZAH A, ABU-BAKAR KB E BIJMA P. 2012. Genotype by production environment interaction in the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 326-329: 53-60.

MEUWISSEN T. 2007. Operation of conservation schemes. In: Oldenbroek, K. (Eds.), Utilisation and conservation of farm animal genetic resources, Wageningen: Wageningen Academic Publishers, Wageningen, The Netherlands, p. 167-194.

MISZTAL I, TSURUTA S, LOURENÇO D, AGUILAR I, LEGARRA A E VITEZICA Z. 2015. Manual for BLUPF90 family of programs, Athens: University of Georgia, 125 p. Disponível em: <[http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90\\_all2.pdf](http://nce.ads.uga.edu/wiki/lib/exe/fetch.php?media=blupf90_all2.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2015.

NGUYEN NH, KHAW HL, PONZONI RW, HAMZAH A E KAMARUZZAMAN K. 2007. Can sexual dimorphism and body shape be altered in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by genetic means?. *Aquaculture* 272(S1): S38-S46.

NGUYEN NH, PONZONI RW, ABU-BAKAR KR, HAMZAH A, KHAW HL E YEE HY. 2010. Correlated response in fillet weight and yield to selection for increased harvest weight in genetically improved farmed tilapia (GIFT strain), *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 305: 1-5.

OLIVEIRA CAL, RIBEIRO RP, STREIT JUNIOR D, POVH JA E RESENDE EK. 2012. Melhoramento genético de peixes uma realidade para a piscicultura brasileira. *Panor Aquicul* 120: 38-47.

OLIVEIRA CAL, YOSHIDA GM, OLIVEIRA SN, KUNITA NM, SANTOS AI, ALEXANDRE FILHO L E RIBEIRO RP. 2015. Avaliação genética de tilápias-do-Nilo durante cinco anos de seleção. *Pesq Agropec Bras* 50: 871-877.

OLIVEIRA SN, OLIVEIRA CAL, ALEXANDRE FILHO L, RESENDE EK, BARRERO NML, KUNITA NM, SANTANDER VFA E RIBEIRO PR. 2014. Genetic parameters and morphometric characteristics of two generations from the GIFT strain of the Nile tilapia. *Semin-Cienc Agrar* 35: 3457-3468.

PONZONI RW, HAMZAH A, TAN S E KAMARUZZAMAN N. 2005. Genetic parameters and response to selection for live weight in the GIFT strain of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 247: 203-210.

PONZONI RW, KHAW HL, NGUYEN NH E HAMZAH A. 2010. Inbreeding and effective population size in the Malaysian nucleus of the GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 302: 42-48.

- PONZONI RW, NGUYEN NH, KHAW HL, HAMZAH A, BAKAR KRA E YEE HY. 2011. Genetic improvement of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with special reference to the work conducted by the WorldFish Center with the GIFT strain. *Aquacult Res* 3:27-41.
- PORTO EP, OLIVEIRA CAL, MARTINS EN, RIBEIRO RP, CONTI ACM, KUNITA NM, OLIVEIRA SN E PORTO PP. 2015. Respostas à seleção para características de desempenho em tilápia-do-Nilo. *Pesq Agropec Bras* 50: 745-752.
- R CORE TEAM. 2015. R: a language and environment for statistical computing. Version 3.2.2. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 20 abr. 2015.
- REIS NETO R, OLIVEIRA CAL, RIBEIRO RP, FREITAS RTF, ALLAMAN IB E OLIVEIRA SN. 2014. Genetic parameters and trends of morphometric traits of GIFT tilapia under selection for weight gain. *Sci Agric* 71: 259-265.
- REZK MA, PONZONI RW, KHAW HL, KAMEL E, DAWOOD T E JOHN G. 2009. Selective breeding for increased body weight in a synthetic breed of Egyptian Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: response to selection and genetic parameters. *Aquaculture* 293: 187-194.
- ROSSI RM. 2011. Introdução aos métodos bayesianos na análise de dados zootécnicos com uso do WinBugs e R, Maringá: Eduem, 191 p.
- RUTTEN MJM, BOVENHUIS H E KOMEN H. 2005. Genetic parameters for fillet traits and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture* 246: 125-132.
- SANTOS AI, RIBEIRO RP, VARGAS L, MORA F, ALEXANDRE FILHO L, FORNARI DC E OLIVEIRA SN. 2011. Bayesian genetic parameters for body weight and survival of Nile tilapia farmed in Brazil. *Pesq Agropec Bras* 46: 33-43.
- SCHUBERT P E KIRCHNER M. 2014. Ellipse area calculations and their applicability in posturography. *Gait Posture* 39: 518-522.
- SAS - STATISTICAL ANALYSES SYSTEM Institute Inc. 2002-2004. 9.1.3. Help and Documentation. Version 9.1.3. Cary: SAS Institute Inc.
- THODESEN J, RYE M, MANG Y, BENTSEN HB E GJEDREM T. 2012. 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* 366-367: 67-75.
- TRONG TQ, MULDER HA, VAN ARENDONK JAM E KOMEN H. 2013. Heritability and genotype by environment interaction estimates for harvest weight, growth rate, and shape of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) grown in river cage and VAC in Vietnam. *Aquaculture* 384-387: 119-127.
- TURRA EM, OLIVEIRA DAA, VALENTE BD, TEIXEIRA EA, PRADO AS, ALVARENGA ER, MELO DC, FELIPE VPS, FERNANDES AFA E SILVA MA. 2012. Longitudinal genetic analyses of fillet traits in Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture* 356-557: 381-390.
- YOSHIDA GM, OLIVEIRA CAL, KUNITA NM, OLIVEIRA SN, ALEXANDRE FILHO L, RESENDE EK, LOPERA-BARRERO NM E RIBEIRO RP. 2013. Resposta à seleção de características de desempenho e corporais de tilápia-do-Nilo ao longo do período de cultivo. *Arq Bras Med Vet Zootec* 65: 1815-1822..

## V - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de características corporais, forma do corpo e desempenho na avaliação do crescimento de tilápias do Nilo é eficiente, resultando em ganhos genéticos significativos nas características ao longo das gerações, com alterações nas características corporais, principalmente na altura do corpo, na largura da cauda, na área do corpo e no volume de filé, aumentando o peso corporal e com tendência a alterações no peso e rendimento de filé e carcaça, bem como no melhor aproveitamento dos diferentes cortes comerciais.

O processo de seleção em tilápias do Nilo, utilizando como critério o ganho em peso diário, evidencia o progresso genético e a resposta à seleção, com principais ganhos nas características área do corpo, peso à despesca, ganho em peso diário e volume de filé, sem reduzir a variabilidade genética da população, possibilitando ganhos genéticos nas futuras gerações de seleção.

A alta associação genética de volume de filé com o peso à despesca e o ganho em peso diário demonstra relação positiva com o peso de filé, podendo este ser usado como estratégia alternativa para a predição do rendimento de filé em tilápias do Nilo sob seleção, cultivadas em tanques-rede. Sugerem-se pesquisas para analisar se além das características corporais, o volume de filé poderá ser indicativo de maiores rendimentos em tilápias do Nilo, permitindo melhor padronização de carcaça e filé, auxiliando desta maneira produtores e principalmente a indústria no processamento de tilápias do Nilo.

**VI – ANEXOS**

## **Anexo 1 – Normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**

### **Diretrizes para Autores**

#### **Escopo e política editorial**

A revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) é uma publicação mensal da Embrapa, que edita e publica trabalhos técnico-científicos originais, em português, espanhol ou inglês, resultantes de pesquisas de interesse agropecuário. A principal forma de contribuição é o Artigo, mas a PAB também publica Notas Científicas e Revisões a convite do Editor.

#### **Análise dos artigos**

A Comissão Editorial faz a análise dos trabalhos antes de submetê-los à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se aspectos como escopo, apresentação do artigo segundo as normas da revista, formulação do objetivo de forma clara, clareza da redação, fundamentação teórica, atualização da revisão da literatura, coerência e precisão da metodologia, resultados com contribuição significativa, discussão dos fatos observados em relação aos descritos na literatura, qualidade das tabelas e figuras, originalidade e consistência das conclusões. Após a aplicação desses critérios, se o número de trabalhos aprovados ultrapassa a capacidade mensal de publicação, é aplicado o critério da relevância relativa, pelo qual são aprovados os trabalhos cuja contribuição para o avanço do conhecimento científico é considerada mais significativa. Esse critério é aplicado somente aos trabalhos que atendem aos requisitos de qualidade para publicação na revista, mas que, em razão do elevado número, não podem ser todos aprovados para publicação. Os trabalhos rejeitados são devolvidos aos autores e os demais são submetidos à análise de assessores científicos, especialistas da área técnica do artigo.

#### **Forma e preparação de manuscritos**

Os trabalhos enviados à PAB devem ser inéditos (não terem dados – tabelas e figuras – publicadas parcial ou integralmente em nenhum outro veículo de divulgação técnico-científica, como boletins institucionais, anais de eventos, comunicados técnicos, notas científicas etc.) e não podem ter sido encaminhados simultaneamente a outro periódico científico ou técnico. Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho.

- São considerados, para publicação, os seguintes tipos de trabalho: Artigos Científicos, Notas Científicas e Artigos de Revisão, este último a convite do Editor.

- Os trabalhos publicados na PAB são agrupados em áreas técnicas, cujas principais são: Entomologia, Fisiologia Vegetal, Fitopatologia, Fitotecnia, Fruticultura, Genética, Microbiologia, Nutrição Mineral, Solos e Zootecnia.

- O texto deve ser digitado no editor de texto Microsoft Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, com margens de 2,5 cm e com páginas e linhas numeradas.

#### **Organização do Artigo Científico**

A ordenação do artigo deve ser feita da seguinte forma:

- Artigos em português - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Referências, tabelas e figuras.

- Artigos em inglês - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Abstract, Index terms, título em português, Resumo, Termos para indexação, Introduction,

Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, tables, figures.

- Artigos em espanhol - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumen, Términos para indexación; título em inglês, Abstract, Index terms, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos, Referencias, cuadros e figuras.

- O título, o resumo e os termos para indexação devem ser vertidos fielmente para o inglês, no caso de artigos redigidos em português e espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês.

- O artigo científico deve ter, no máximo, 20 páginas, incluindo-se as ilustrações (tabelas e figuras), que devem ser limitadas a seis, sempre que possível.

### **Título**

Deve representar o conteúdo e o objetivo do trabalho e ter no máximo 15 palavras, incluindo-se os artigos, as preposições e as conjunções; Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito; Deve ser iniciado com palavras chaves e não com palavras como “feito” ou “influência”; Não deve conter nome científico, exceto de espécies pouco conhecidas; neste caso, apresentar somente o nome binário; Não deve conter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos; As palavras do título devem facilitar a recuperação do artigo por índices desenvolvidos por bases de dados que catalogam a literatura.

### **Nomes dos autores**

Grafar os nomes dos autores com letra inicial maiúscula, por extenso, separados por vírgula; os dois últimos são separados pela conjunção “e”, “y” ou “and”, no caso de artigo em português, espanhol ou em inglês, respectivamente; O último sobrenome de cada autor deve ser seguido de um número em algarismo arábico, em forma de expoente, entre parênteses, correspondente à chamada de endereço do autor.

### **Endereço dos autores**

São apresentados abaixo dos nomes dos autores, o nome e o endereço postal completos da instituição e o endereço eletrônico dos autores, indicados pelo número em algarismo arábico, entre parênteses, em forma de expoente; Devem ser agrupados pelo endereço da instituição; Os endereços eletrônicos de autores da mesma instituição devem ser separados por vírgula.

### **Resumo**

O termo Resumo deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda, e separado do texto por travessão; Deve conter, no máximo, 200 palavras, incluindo números, preposições, conjunções e artigos; Deve ser elaborado em frases curtas e conter o objetivo, o material e os métodos, os resultados e a conclusão; Não deve conter citações bibliográficas nem abreviaturas; O final do texto deve conter a principal conclusão, com o verbo no presente do indicativo.

### **Termos para indexação**

A expressão Termos para indexação, seguida de dois-pontos, deve ser grafada em letras minúsculas, exceto a letra inicial; Os termos devem ser separados por vírgula e iniciados com letra minúscula; Devem ser no mínimo três e no máximo seis, considerando-se que um termo pode possuir duas ou mais palavras; Não devem conter palavras que componham o título; Devem conter o nome científico (só o nome binário) da espécie estudada; Devem, preferencialmente, ser termos contidos no AGROVOC: Multilingual Agricultural Thesaurus ou no Índice de Assuntos da base SciELO .

### **Introdução**

A palavra Introdução deve ser centralizada e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito; Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho,

situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto; O último parágrafo deve expressar o objetivo de forma coerente com o descrito no início do Resumo.

### **Material e Métodos**

A expressão Material e Métodos deve ser centralizada e grafada em negrito; os termos Material e Métodos devem ser grafados com letras minúsculas, exceto as letras iniciais; Deve ser organizado, de preferência, em ordem cronológica; Deve apresentar a descrição do local, a data e o delineamento do experimento, e indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental; Deve conter a descrição detalhada dos tratamentos e variáveis; Deve-se evitar o uso de abreviações ou as siglas; Os materiais e os métodos devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento; Devem ser evitados detalhes supérfluos e extensas descrições de técnicas de uso corrente; Deve conter informação sobre os métodos estatísticos e as transformações de dados; Deve-se evitar o uso de subtítulos; quando indispensáveis, grafá-los em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda da página.

### **Resultados e Discussão**

A expressão Resultados e Discussão deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial; Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos; As tabelas e figuras são citadas sequencialmente; Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto, mas discutidos em relação aos apresentados por outros autores; Evitar o uso de nomes de variáveis e tratamentos abreviados; Dados não apresentados não podem ser discutidos; Não deve conter afirmações que não possam ser sustentadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou por outros trabalhos citados; As chamadas às tabelas ou às figuras devem ser feitas no final da primeira oração do texto em questão; se as demais sentenças do parágrafo referirem-se à mesma tabela ou figura, não é necessária nova chamada; Não apresentar os mesmos dados em tabelas e em figuras; As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.

### **Conclusões**

O termo Conclusões deve ser centralizado e grafado em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial; Devem ser apresentadas em frases curtas, sem comentários adicionais, com o verbo no presente do indicativo; Devem ser elaboradas com base no objetivo do trabalho; Não podem consistir no resumo dos resultados; Devem apresentar as novas descobertas da pesquisa; Devem ser numeradas e no máximo cinco.

### **Agradecimentos**

A palavra Agradecimentos deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial; Devem ser breves e diretos, iniciando-se com “Ao, Aos, À ou Às” (pessoas ou instituições); Devem conter o motivo do agradecimento.

### **Referências**

A palavra *Referências* deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial; Devem ser de fontes atuais e de periódicos: pelo menos 70% das referências devem ser dos últimos 10 anos e 70% de artigos de periódicos; Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 6023 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir; Devem ser apresentadas em ordem alfabética dos nomes dos autores, separados por ponto-e-vírgula, sem numeração; Devem apresentar os nomes de todos os autores da obra; Devem conter os títulos das obras ou dos periódicos grafados em negrito; Devem conter somente a obra consultada, no caso de citação de citação; Todas as referências devem registrar uma data de publicação, mesmo que aproximada; Devem ser trinta, no máximo.

## **Citações**

Não são aceitas citações de resumos, comunicação pessoal, documentos no prelo ou qualquer outra fonte, cujos dados não tenham sido publicados. - A autocitação deve ser evitada; Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir; Redação das citações dentro de parênteses

Citação com um autor: sobrenome grafado com a primeira letra maiúscula, seguido de vírgula e ano de publicação; Citação com dois autores: sobrenomes grafados com a primeira letra maiúscula, separados pelo "e" comercial (&), seguidos de vírgula e ano de publicação; Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor grafado com a primeira letra maiúscula, seguido da expressão et al., em fonte normal, vírgula e ano de publicação; Citação de mais de uma obra: deve obedecer à ordem cronológica e em seguida à ordem alfabética dos autores; Citação de mais de uma obra dos mesmos autores: os nomes destes não devem ser repetidos; colocar os anos de publicação separados por vírgula; Citação de citação: sobrenome do autor e ano de publicação do documento original, seguido da expressão “citado por” e da citação da obra consultada. Deve ser evitada a citação de citação, pois há risco de erro de interpretação; no caso de uso de citação de citação, somente a obra consultada deve constar da lista de referências; Redação das citações fora de parênteses; Citações com os nomes dos autores incluídos na sentença: seguem as orientações anteriores, com os anos de publicação entre parênteses; são separadas por vírgula.

## **Fórmulas, expressões e equações matemáticas**

Devem ser iniciadas à margem esquerda da página e apresentar tamanho padronizado da fonte Times New Roman; Não devem apresentar letras em itálico ou negrito, à exceção de símbolos escritos convencionalmente em itálico.

## **Tabelas**

As tabelas devem ser numeradas seqüencialmente, com algarismo arábico, e apresentadas em folhas separadas, no final do texto, após as referências; Devem ser auto-explicativas; Seus elementos essenciais são: título, cabeçalho, corpo (colunas e linhas) e coluna indicadora dos tratamentos ou das variáveis; Os elementos complementares são: notas-de-rodapé e fontes bibliográficas; O título, com ponto no final, deve ser precedido da palavra Tabela, em negrito; deve ser claro, conciso e completo; deve incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes; No cabeçalho, os nomes das variáveis que representam o conteúdo de cada coluna devem ser grafados por extenso; se isso não for possível, explicar o significado das abreviaturas no título ou nas notas-de-rodapé; Todas as unidades de medida devem ser apresentadas segundo o Sistema Internacional de Unidades; Nas colunas de dados, os valores numéricos devem ser alinhados pelo último algarismo; Nenhuma célula (cruzamento de linha com coluna) deve ficar vazia no corpo da tabela; dados não apresentados devem ser representados por hífen, com uma nota-de-rodapé explicativa; Na comparação de médias de tratamentos são utilizadas, no corpo da tabela, na coluna ou na linha, à direita do dado, letras minúsculas ou maiúsculas, com a indicação em nota-de-rodapé do teste utilizado e a probabilidade; Devem ser usados fios horizontais para separar o cabeçalho do título, e do corpo; usá-los ainda na base da tabela, para separar o conteúdo dos elementos complementares. Fios horizontais adicionais podem ser usados dentro do cabeçalho e do corpo; não usar fios verticais; Notas de rodapé das tabelas; Notas de fonte: indicam a origem dos dados que constam da tabela; as fontes devem constar nas referências; Notas de chamada: são informações de caráter específico sobre partes da tabela, para conceituar dados. São indicadas em algarismo arábico, na forma de expoente, entre parênteses, à direita da palavra ou do número, no título, no cabeçalho, no corpo ou na coluna indicadora. São apresentadas de forma contínua, sem

mudança de linha, separadas por ponto; Para indicação de significância estatística, são utilizadas, no corpo da tabela, na forma de expoente, à direita do dado, as chamadas ns (não-significativo); \* e \*\* (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

### **Figuras**

São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto; Só devem acompanhar o texto quando forem absolutamente necessárias à documentação dos fatos descritos; O título da figura, sem negrito, deve ser precedido da palavra Figura, do número em algarismo arábico, e do ponto, em negrito; Devem ser auto-explicativas; A legenda (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura, no título, ou entre a figura e o título; Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas, e devem ser seguidas das unidades entre parênteses; Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas; as fontes devem ser referenciadas; O crédito para o autor de fotografias é obrigatório, como também é obrigatório o crédito para o autor de desenhos e gráficos que tenham exigido ação criativa em sua elaboração; As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados; Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como: círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios); Os números que representam as grandezas e respectivas marcas devem ficar fora do quadrante; As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico; Devem ser elaboradas de forma a apresentar qualidade necessária à boa reprodução gráfica e medir 8,5 ou 17,5 cm de largura; Devem ser gravadas nos programas Word, Excel ou Corel Draw, para possibilitar a edição em possíveis correções; Usar fios com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura; No caso de gráfico de barras e colunas, usar escala de cinza (exemplo: 0, 25, 50, 75 e 100%, para cinco variáveis); Não usar negrito nas figuras; As figuras na forma de fotografias devem ter resolução de, no mínimo, 300 dpi e ser gravadas em arquivos extensão TIF, separados do arquivo do texto; Evitar usar cores nas figuras; as fotografias, porém, podem ser coloridas.

## Anexo 2 – Normas da Revista Anais da Academia Brasileira de Ciências

2016

An. Acad. Bras. Ciênc. - Instruções aos autores



**ISSN 0001-3765 versão impressa**  
**ISSN 1678-2690 versão online**

### INSTRUÇÕES AOS AUTORES

- Objetivo e política editorial
- Preparação de originais

#### Objetivo e política editorial

A revista **ANAI DA ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS** encoraja fortemente as submissões online. Uma vez o artigo preparado de acordo com as instruções abaixo, visite o site de submissão online (<http://aabc.abc.org.br>).

As instruções devem ser lidas cuidadosamente e seguidas integralmente. Desta forma, a avaliação e publicação de seu artigo poderão ser feitas com mais eficiência e rapidez. Os editores reservam-se o direito de devolver artigos que não estejam de acordo com estas instruções. Os artigos devem ser escritos em inglês claro e conciso.

#### OBJETIVO E POLÍTICA EDITORIAL

Todos os artigos submetidos devem conter pesquisa original e ainda não publicada ou submetida para publicação. O primeiro critério para aceitação é a qualidade científica. O uso excessivo de abreviaturas ou jargões deve ser evitado, e os artigos devem ser compreensíveis para uma audiência tão vasta quanto possível. Atenção especial deve ser dada ao Abstract, Introdução e Discussão, que devem nitidamente chamar a atenção para a novidade e importância dos dados relatados. A não observância desta recomendação poderá resultar em demora na publicação ou na recusa do artigo.

Os textos podem ser publicados como uma revisão, um artigo ou como uma breve comunicação. A revista é trimestral, sendo publicada nos meses de março, junho, setembro e dezembro.

#### TIPOS DE TRABALHOS

**Revisões.** Revisões são publicadas somente a convite. Entretanto, uma revisão pode ser submetida na forma de breve carta ao Editor a qualquer tempo. A carta deve informar os tópicos e autores da revisão proposta e declarar a razão do interesse particular do assunto para a área.

**Artigos.** Sempre que possível, os artigos devem ser subdivididos nas seguintes partes: 1. Página de rosto; 2. Abstract (escrito em página separada, 200 palavras ou menos, sem abreviações); 3. Introdução; 4. Materiais e Métodos; 5. Resultados; 6. Discussão; 7. Agradecimentos quando necessário; 8. Resumo e palavras-chave (em português - os autores estrangeiros receberão assistência); 9. Referências. Artigos de algumas áreas, como Ciências Matemáticas, devem observar seu formato usual. Em certos casos pode ser aconselhável omitir a parte (4) e reunir as partes (5) e (6). Onde se aplicar, a parte de Materiais e Métodos deve indicar o Comitê de Ética que avaliou os procedimentos para estudos em humanos ou as normas seguidas para a manutenção e

os tratamentos experimentais em animais.

### Breves comunicações

Breves comunicações devem ser enviadas em espaço duplo. Depois da aprovação não serão permitidas alterações no artigo, a fim de que somente correções de erros tipográficos sejam feitos nas provas.

Os autores devem enviar seus artigos somente em versão eletrônica.

## **Preparação de originais**

### **PREPARO DOS ARTIGOS**

Os artigos devem ser preparados em espaço duplo. Depois de aceitos nenhuma modificação será realizada, para que nas provas haja somente correção de erros tipográficos.

Tamanho dos artigos. Embora os artigos possam ter o tamanho necessário para a apresentação concisa e discussão dos dados, artigos sucintos e cuidadosamente preparados têm preferência tanto em termos de impacto quando na sua facilidade de leitura.

**Tabelas e ilustrações.** Somente ilustrações de alta qualidade serão aceitas. Todas as ilustrações serão consideradas como figuras, inclusive desenhos, gráficos, mapas, fotografias e tabelas com mais de 12 colunas ou mais de 24 linhas (máximo de figuras gratuitas: cinco figuras). A localização provável das figuras no artigo deve ser indicada.

**Figuras digitalizadas.** As figuras devem ser enviadas de acordo com as seguintes especificações: 1. Desenhos e ilustrações devem ser em formato .PS/.EPS ou .CDR (Postscript ou Corel Draw) e nunca inseridas no texto; 2. Imagens ou figuras em meio tom devem ser no formato .TIF e nunca inseridas no texto; 3. Cada figura deve ser enviada em arquivo separado; 4. Em princípio, as figuras devem ser submetidas no tamanho em que devem aparecer na revista, i.e., largura de 8 cm (uma coluna) ou 12,6 cm (duas colunas) e com altura máxima para cada figura menor ou igual a 22 cm. As legendas das figuras devem ser enviadas em espaço duplo e em folha separada. Cada dimensão linear das menores letras e símbolos não deve ser menor que 2 mm depois da redução. Somente figuras em preto e branco serão aceitas. 5. Artigos de Matemática, Física ou Química podem ser digitados em Tex, AMS-TeX ou Latex; 6. Artigos sem fórmulas matemáticas podem ser enviados em .RTF ou em WORD para Windows.

**Página de rosto.** A página de rosto deve conter os seguintes itens: 1. Título do artigo (o título deve ser curto, específico e informativo); 2. Nome (s) completo (s) do (s) autor (es); 3. Endereço profissional de cada autor; 4. Palavras-chave (4 a 6 palavras, em ordem alfabética); 5. Título abreviado (até 50 letras); 6. Seção da Academia na qual se enquadra o artigo; 7. Indicação do nome, endereço, números de fax, telefone e endereço eletrônico do autor a quem deve ser endereçada toda correspondência e prova do artigo.

**Agradecimentos.** Devem ser inseridos no final do texto. Agradecimentos pessoais devem preceder os agradecimentos a

instituições ou agências. Notas de rodapé devem ser evitadas; quando necessário, devem ser numeradas. Agradecimentos a auxílios ou bolsas, assim como agradecimentos à colaboração de colegas, bem como menção à origem de um artigo (e.g. teses) devem ser indicados nesta seção.

**Abreviaturas.** As abreviaturas devem ser definidas em sua primeira ocorrência no texto, exceto no caso de abreviaturas padrão e oficial. Unidades e seus símbolos devem estar de acordo com os aprovados pela ABNT ou pelo Bureau International des Poids et Mesures (SI).

**Referências.** Os autores são responsáveis pela exatidão das referências. Artigos publicados e aceitos para publicação (no prelo) podem ser incluídos. Comunicações pessoais devem ser autorizadas por escrito pelas pessoas envolvidas. Referências a teses, abstracts de reuniões, simpósios (não publicados em revistas indexadas) e artigos em preparo ou submetidos mas ainda não aceitos, podem ser citados no texto como (Smith et al. unpublished data) e não devem ser incluídos na lista de referências.

As referências devem ser citadas no texto como, por exemplo, (Smith 2004), (Smith and Wesson 2005) ou, para três ou mais autores, (Smith et al. 2006). Dois ou mais artigos do mesmo autor no mesmo ano devem ser distinguidos por letras, e.g. (Smith 2004a), (Smith 2004b) etc. Artigos com três ou mais autores com o mesmo primeiro autor e ano de publicação também devem ser distinguidos por letras.

As referências devem ser listadas em ordem alfabética do primeiro autor sempre na ordem do sobrenome XY no qual X e Y são as iniciais. Se houver mais de 10 autores, use o primeiro seguido de et al. As referências devem ter o nome do artigo. Os nomes das revistas devem ser abreviados. Para as abreviações corretas, consultar a listagem de base de dados na qual a revista é indexada ou consulte a World List of Scientific Periodicals. A abreviatura para os Anais da Academia Brasileira de Ciências é An Acad Bras Cienc. Os seguintes exemplos são considerados como guia geral para as referências.

#### *Artigos*

ALBE-FESSARD D, CONDES-LARA M, SANDERSON P AND LEVANTE A. 1984a. Tentative explanation of the special role played by the áreas of paleospinothalamic projection in patients with deafferentation pain syndromes. *Adv Pain Res Ther* 6: 167-182.

ALBE-FESSARD D, SANDERSON P, CONDES-LARA M, DELANDSHEER E, GIUFFRIDA R AND CESARO P. 1984b. Utilisation de la depression envahissante de Leão pour l'étude de relations entre structures centrales. *An Acad Bras Cienc* 56: 371-383.

KNOWLES RG AND MONCADA S. 1994. Nitric oxide synthases in mammals. *Biochem J* 298: 249-258.

PINTO ID AND SANGUINETTI YT. 1984. Mesozoic Ostracode Genus *Theriosynoecum* Branson, 1936 and validity of related Genera. *An Acad Bras Cienc* 56: 207-215.

*Livros e Capítulos de Livros*

DAVIES M. 1947. An outline of the development of Science, Athinker's Library, n. 120. London: Watts, 214 p.

PREHN RT. 1964. Role of immunity in biology of cancer. In: NATIONAL CANCER CONFERENCE, 5, Philadelphia Proceedings ..., Philadelphia: J.B. Lippincott, p. 97-104.

UYTENBOGAARDT W AND BURKE EAJ. 1971. Tables for microscopic identification of minerals, 2nd ed., Amsterdam: Elsevier, 430 p.

WOODY RW. 1974. Studies of theoretical circular dichroism of Polipeptides: contributions of B-turns. In: BLOUTS ER ET AL. (Eds), Peptides, polypeptides and proteins, New York: J Wiley & Sons, New York, USA, p. 338-350.

*Outras Publicações*

INTERNATIONAL KIMBERLITE CONFERENCE, 5, 1991. Araxá, Brazil. Proceedings ... Rio de Janeiro: CPRM, 1994, 495 p.

SIATYCKI J. 1985. Dynamics of Classical Fields. University of Calgary, Department of Mathematics and Statistics, 55 p. Preprint n. 600.

[[Home](#)] [[Sobre esta revista](#)] [[Corpo editorial](#)] [[Assinatura](#)]



Todo o conteúdo do periódico, exceto onde está identificado, está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](#)

**R. Anílofio de Carvalho, 29, 3º and.  
20030-060 Rio de Janeiro RJ Brasil  
Tel: +55 21 3907-8100  
Fax: +55 21 3907-8101**



[aabc@abc.org.br](mailto:aabc@abc.org.br)