

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

“CRUZAMENTO DIALÉLICO INTERESPECÍFICO ENTRE PACU (*Piaractus mesopotamicus*), PIRAPITINGA (*Piaractus brachypomum*) e TAMBQUI (*Colossoma macropomum*) EM TANQUES-REDE E EM SISTEMA FECHADO DE RECIRCULAÇÃO”

Autora: Maiza de Oliveira Soares
Orientador: Dr. Adriano Carvalho Costa
Coorientador: Prof. Dr. Marco Antônio Pereira da Silva

RIO VERDE – GO
Maio - 2017

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

“CRUZAMENTO DIALÉLICO INTERESPECÍFICO ENTRE PACU (*Piaractus mesopotamicus*), PIRAPITINGA (*Piaractus brachypomum*) e TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) EM TANQUES-REDE E EM SISTEMA FECHADO DE RECIRCULAÇÃO”

Autora: Maiza de Oliveira Soares
Orientador: Dr. Adriano Carvalho Costa
Coorientador: Prof. Dr. Marco Antônio Pereira da Silva

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – campus Rio Verde - Área de concentração Zootecnia e Recursos Pesqueiros

RIO VERDE – GO
Maio – 2017

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

SO676 de Oliveira Soares, Maiza
c CRUZAMENTO DIALÉLICO INTERESPECÍFICO ENTRE PACU
(Piaractus mesopotamicus), PIRAPITINGA (Piaractus
brachypomum) e TAMBAQUI (Colossoma macropomum) EM
TANQUES-REDE E EM SISTEMA FECHADO DE RECIRCULAÇÃO /
Maiza de Oliveira Soares; orientador Adriano
Carvalho Costa; co-orientador Marco Antônio Pereira
da Silva. -- Rio Verde, 2017.
66 p.

Dissertação (Mestrado em Mestrado em Zootecnia) --
Instituto Federal Goiano, Câmpus Rio Verde, 2017.

1. Colossoma. 2. Growth. 3. Crossing. 4. Fish. 5.
Piaractus. I. Carvalho Costa, Adriano, orient. II.
Antônio Pereira da Silva, Marco, co-orient. III.
Título.

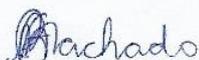
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CÂMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**CRUZAMENTO DIALÉLICO INTERESPECÍFICO ENTRE
PACU (*Piaractus mesopotamicus*), PIRAPITINGA (*Piaractus
brachypomum*) e TAMBACUI (*Colossoma macropomum*) EM
TANQUES-REDE E EM SISTEMA FECHADO**

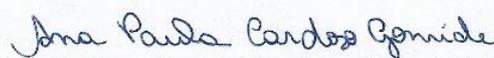
Autora: Maiza de Oliveira Soares
Orientador: Adriano Carvalho Costa

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia – Área de concentração Zootecnia
– Zootecnia e Recursos Pesqueiros.

APROVADA em 04 de maio de 2017.



Prof.^a Dr.^a. Mônica Rodrigues Ferreira
Machado
Avaliadora externa
UFG/Jataí



Prof.^a Dr.^a. Ana Paula Cardoso Gomide
Avaliadora interna
IF Goiano/ RV



Prof. Dr. Adriano Carvalho Costa
Presidente da banca
IF Goiano/RV



Prof.^a Dr.^a. Maria Cristina de Oliveira
Avaliadora externa
UniRV

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me sustentado, dado forças e por permitir que eu conhecesse pessoas maravilhosas no decorrer desta caminhada;

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde, pelo aceite no programa de Pós-graduação;

À FAPEG, pela concessão de bolsa;

Ao meu orientador Adriano Carvalho Costa, por toda ajuda, apoio e ensinamentos;

À Professora Fernanda de Paula, pela oportunidade de conduzir o experimento no Setor de Piscicultura da Universidade Federal de Goiás;

Às pisciculturas Verde Vale (RO), Projeto Tambacu (GO) e Buriti (MT), pela doação dos animais para o experimento;

Ao Bitá, por toda ajuda no Setor;

Ao Welker e Manoel, pela ajuda na condução do meu experimento;

Aos meus pais, Ademir e Marly, a razão da minha vida, que mesmo de longe nunca deixaram de se preocupar comigo, sorriram e choraram com minhas alegrias e tristezas, e me fazem a cada dia querer ser uma pessoa melhor. A vocês, todo o meu amor e gratidão;

Aos amigos de Mestrado que ingressaram comigo nessa caminhada, Raísa, Caio e Patrick, pelo apoio, pelas trocas de informações, desesperos e pelos bons momentos vividos;

Aos meus amigos, Mario, Fagner e Pedro, que me ajudaram na instalação do experimento;

Aos meus amigos Ranieli e Leandro (batata), e Talita e Caíke, pessoas maravilhosas; amigas que considero como irmãs por terem me acolhido em Rio Verde;

Às minhas amigas Glenda e Tainara, pelas conversas, conselhos e apoios;

Às minhas eternas amigas do “Tora de Castanheira”, Dani, Letícia, Camila, Greice e Dri, que me acompanham desde a graduação;

A toda minha família, que sempre demonstrou apoio e orgulho, independente da distância, meus tios, primos e principalmente aos meus avós Genésio e Iracy, por sempre me motivarem;

A todos que cruzaram meu caminho durante esse período, que contribuíram intelectual e profissionalmente;

Meu muito obrigada.

BIOGRAFIA DA AUTORA

Maiza de Oliveira Soares, filha de Ademir Lange Soares e Marly Alves de Oliveira Soares, nasceu na cidade de Presidente Médici, RO, no dia 12 de julho de 1991.

Iniciou no curso de Bacharel em Engenharia de Pesca pela Universidade Federal de Rondônia Campus Presidente Médici, em agosto de 2009.

No ano de 2015, submeteu-se ao processo seletivo do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, ingressando no Programa e atuando na área de Zootecnia e Recursos Pesqueiros.

Em maio de 2017, submeteu à banca avaliadora sua dissertação, intitulada “Cruzamento dialético interespecífico entre pacu (*Piaractus mesopotamicus*), pirapitinga (*Piaractus brachypomum*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques-rede e em sistema fechado de recirculação”.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES.....	ix
RESUMO	10
ABSTRACT.....	11
INTRODUÇÃO	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
CAPÍTULO 1. Aspectos gerais e parâmetros genéticos de peixes redondos pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>), pirapitinga (<i>Piaractus brachypomus</i>) e tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>).....	1
<i>Piscicultura</i>	2
<i>Peixes redondos</i>	3
<i>Cruzamento ou hibridação</i>	5
<i>Crescimento ou curva de crescimento</i>	9
<i>Correlação genética, ambiental e fenotípica</i>	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
CAPÍTULO 2. Cruzamento dialético interespecífico entre pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>), pirapitinga (<i>Piaractus brachypomum</i>) e tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) em sistema fechado de recirculação.....	1
Introdução.....	2
Material e Métodos.....	4
<i>Local e período experimental</i>	4
<i>Experimento</i>	4
<i>Análise de dados</i>	5
<i>Curva de crescimento ponderal</i>	5
<i>Análise dialélica</i>	5
<i>Correlações</i>	5
Resultados e Discussão.....	5
<i>Qualidade de água</i>	5
<i>Curva de crescimento</i>	6
<i>Peso corporal</i>	9
<i>Correlações fenotípicas, ambientais e genéticas</i>	11
<i>Variâncias das capacidades combinatórias, residual, e fenotípica</i>	14

Conclusão.....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
CAPÍTULO 3. Interspecific dialectic crossing between pacu (<i>Piaractus mesopotamicus</i>), pirapitinga (<i>Piaractus brachypomum</i>) and tambaqui (<i>Colossoma macropomum</i>) in a closed system.....	1
INTRODUCTION.....	2
MATERIAL AND METHODS.....	3
<i>Facilities, biological material and management.....</i>	<i>3</i>
<i>Data analysis.....</i>	<i>5</i>
RESULTS AND DISCUSSION.....	5
<i>General Combination Capability.....</i>	<i>6</i>
<i>Specific Combination Capacity.....</i>	<i>8</i>
<i>Variance of combinatorial, residual and phenotypic capacities.....</i>	<i>10</i>
CONCLUSION.....	11
REFERENCES.....	11
CONCLUSÃO GERAL.....	14

ÍNDICE DE TABELAS

		Página
ARTIGO 2		
Tabela 1	Estimativas dos parâmetros (“a” e “k”) para os valores de CGC	7
Tabela 2	Estimativas dos parâmetros (“a” e “k”) para os valores de CEC.....	8
Tabela 3	Capacidade Geral de Combinação para o peso corporal durante o período experimental.....	9
Tabela 4	Capacidade Específica de Combinação para o peso corporal durante o período experimental	10
Tabela 5	Correlações fenotípicas, ambientais e genéticas	11
Tabela 6	Variâncias da CGC, CEC, residual e fenotípica e a proporção das variâncias da CGC e CEC em relação fenotípica para as características avaliadas	14
ARTIGO 3		
Tabela 1	Estimation of the effects of the general combining ability (g_i) (standard errors) of the studied variables	6
Tabela 2	Prediction of the effects of specific combining ability (g_i) (standard errors) of the studied variables	8
Tabela 3	Variance of CGA, SCC, residual and phenotype and the proportion of CGA and SCC variances in relation to phenotype for the characteristics evaluated	10

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
ARTIGO 2	
Figura 1	
Modelo exponencial ajustado para o peso corporal (gramas) em função dos dias de cultivo dos grupos genéticos: Patinga, tambacu e tambatinga	7
ARTIGO 3	
Figura 1	
Exponential model adjusted for body weight (grams) according to the days of cultivation of the genetic groups: Pacu, patinga, paqui, tambaqui and pirapitinga.....	6

LISTA DE SIMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACOES E UNIDADES

CEC - Capacidade Específica de Combinação

CGC - Capacidade Geral de Combinação

% - Porcentagem

G - Gramas

Mg/L - Miligrama por Litro

RESUMO

O primeiro trabalho, objetivou-se avaliar o crescimento, prever as capacidades combinatórias e estimar as correlações fenotípicas, genéticas e ambientais dos Serrasalmídeos em tanques-rede. O experimento foi realizado na Estação de Piscicultura da Universidade Federal de Goiás, com duração de 141 dias. Foram utilizados 40 juvenis de patinga, tambacu e tambatinga com peso médio de 100 gramas e 30 dias de idade, que foram identificados com microchips “Animal Tag”, e distribuídos aleatoriamente em cinco tanques-rede com volume útil de 1 m³, sendo oito animais de cada grupo em cada tanque-rede. Os animais foram alimentados até a saciedade aparente, duas vezes ao dia com ração comercial extrusada e pesados a cada 35 dias para acompanhamento do crescimento. Os dados de pesos corporais de cada amostragem foram submetidos à análise de regressão não linear e os parâmetros dos modelos foram submetidos à análise dialélica. Foram estimadas as correlações genéticas, fenotípicas e ambientais entre os pesos dos animais nas diferentes pesagens. As análises foram realizadas utilizando o programa computacional R. Pela análise dialélica, observou-se que a pirapitinga apresentou maior capacidade geral de combinação (CGC), já para a Capacidade Específica de Combinação (CEC), a patinga apresentou maior valor. As correlações fenotípicas, ambientais e genéticas foram positivas para todas as épocas de avaliações e a correlação genética se mostrou mais alta que as demais. Com relação às variâncias das capacidades combinatórias, observou-se que a CGC foi maior que a CEC, indicando que a seleção é mais indicada que o cruzamento em peixes redondos para cultivo em tanques-rede. O segundo trabalho, objetivou-se avaliar o cruzamento em Serrasalmídeos em sistema fechado por meio de modelos não lineares, estimando as capacidades combinatórias para os parâmetros do modelo. Foi realizado na Estação de Piscicultura da Universidade Federal de Lavras, com duração de 465 dias, no laboratório de recirculação de água. Foram adquiridos 12 juvenis de pacu, pirapitinga, tambaqui, patinga, paqui, piraqui, tambacu e tambatinga com peso médio de 50 gramas e 20 dias de idade. Os animais foram alimentados três vezes ao dia até atingirem 100 gramas de peso vivo e duas vezes ao dia após esta faixa de peso. A cada 35 dias, foram insensibilizados com 60 mg de benzocaina por litro de água, sendo pesados e devolvidos ao sistema de cultivo. A análise dos dados foi feita pelo ajuste dos modelos não lineares e posteriormente realizado a análise dialélica dos parâmetros do modelo. Observou-se que o modelo exponencial foi o melhor modelo para explicar o crescimento dos grupos genéticos. Pela análise dialélica, observou o tambaqui apresentou valor positivo de CGC para o parâmetro (a) e valor negativo para (k), o pacu apresentou valores negativos para ambos. Em relação a CEC, o tambaqui e o híbrido patinga foram os únicos grupos que apresentaram valores positivos para estimativa de peso (a), e para taxa de crescimento (k) os valores positivos foram observados pelo tambaqui seguido da pirapitinga. Com relação às variâncias das capacidades combinatórias, observou-se que a CGC foi maior que a CEC, indicando que a seleção é mais indicada que o cruzamento em peixes redondos para cultivo em sistema fechado.

Palavras-chave: *Colossoma*. Crescimento. Cruzamento. Peixe. *Piaractus*.

ABSTRACT

The first work aimed to evaluate the growth, to predict the combinatorial capacities and to estimate the phenotypic, genetic and environmental correlations of Serrasalmídeos in net tanks. The experiment was carried out at the Fisheries Station of the Goiás Federal University, with a duration of 141 days. A total of 40 juveniles of patinga, tambacu and tambatinga with average weight of 100 grams and 30 days of age were identified with "Animal Tag" microchips and randomly distributed in five net tanks with a volume of 1 m³, being eight animals of each group in each net-tank. The animals were fed to apparent satiety, twice daily, with commercial extruded feed and weighed every 35 days for growth monitoring. The data of body weights of each sample were submitted to non-linear regression analysis and the parameters of the models were submitted to diallel analysis. Genetic, phenotypic and environmental correlations were estimated between the weights of the animals at different weighing. The analyzes were carried out using the computer program R. By the diallel analysis, it was observed that the pirapitinga presented greater general combining ability (GCA), already for the Specific Combination Capacity (SCC), the patinga presented higher value. Phenotypic, environmental and genetic correlations were positive for all epochs of evaluations and the genetic correlation was higher than the others. Regarding the variances of combinatorial capacities, it was observed that CGA was higher than SCC, indicating that the selection is more indicated than the crossing in round fish for culture in net tanks. The second work was to evaluate the crossing in Serrasalmídeos in a closed system through nonlinear models, estimating the combinatorial capacities for the parameters of the model. It was carried out at the Fishery Station of the Federal University of Lavras, with a duration of 465 days, in the water recirculation laboratory. Twelve juveniles of pacu, pirapitinga, tambaqui, patinga, paqui, piraqui, tambacu and tambatinga with an average weight of 50 grams and 20 days of age were purchased. The animals were fed three times daily until they reached 100 grams of live weight and twice daily after this weight range. Every 35 days, they were desensitized with 60 mg of benzocaine per liter of water, being weighed and returned to the culture system. The analysis of the data was done by the adjustment of the nonlinear models and later the diallel analysis of the parameters of the model. It was observed that the exponential model was the best model to explain the growth of genetic groups. By the diallel analysis, tambaqui showed positive value of CGA for parameter (a) and negative value for (k), pacu presented negative values for both. In relation to SCC, tambaqui and patinga hybrid were the only groups that presented positive values for weight estimation (a), and for growth rate (k) positive values were observed by tambaqui followed by pirapitinga. Regarding the variances of the combinatorial capacities, it was observed that CGA was higher than the SCC, indicating that the selection is more indicated than the crossing in round fish for cultivation in a closed system.

Key words: *Collossoma*. Growth. Crossing. Fish. *Piaractus*.

INTRODUÇÃO

O Brasil apresenta grande potencial para produção de pescado, sendo o segundo maior produtor no continente americano, após o Chile, com expectativa de crescimento estimada de 52% até 2024 (FAO, 2015). Dentre as principais razões para alavancar a aquicultura no país, pode-se citar: a grande disponibilidade de recursos hídricos, o clima favorável para cultivo de diversas espécies, crescente demanda do mercado consumidor em virtude da preocupação com a qualidade nutricional do alimento a ser consumido, popularização da comida japonesa e ao aumento populacional (ROUTLEDGE et al. 2012).

Dentre as espécies de peixes nativos utilizadas para cultivo, pode-se destacar o pacu, a pirapitinga, o tambaqui e híbridos que pertencem aos gêneros *Colossoma* e *Piaractus* e são chamados de peixes redondos devido a sua morfologia, apresentam maior razão entre o comprimento do corpo pelo comprimento padrão que peixes com outros formatos. Os peixes redondos juntos são as espécies de peixes nativas mais produzidas no Brasil, tendo aumento de produção 97 mil toneladas em 2011 (MPA) para 167 mil toneladas em 2013 (IBGE), saltando para 186 mil toneladas em 2014 (Kubitza, 2015), fazendo com que este grupo de peixes seja o mais importante na aquicultura nacional.

A grande procura pelo cultivo desse grupo de peixes, explica-se pelo fato de serem espécies que apresentam boa aceitação do mercado consumidor devido às características sensoriais de sua carne, são espécies rústicas que podem ser cultivadas em sistema intensivo, desde que seja fornecida ração balanceada de acordo com a fase de cultivo e os parâmetros de qualidade de água (oxigênio, temperatura, amônia nitrito, nitrato) estejam dentro da faixa considerada ótima, e por ser um alimento com boa qualidade nutricional (GOMES et al., 2006; GONZALES et al., 2009; POLEO et al., 2011).

Vários aspectos podem ser trabalhados para maximizar a produtividade na produção de peixes, como o fornecimento de uma dieta balanceada, manejo sanitário e o melhoramento genético (RESENDE et al. 2010; PEREIRA, 2012). Através do melhoramento genético, melhora na produtividade pode ser obtida por meio da seleção e do cruzamento. O cruzamento permite agregar, de forma rápida, características desejáveis de dois ou mais grupos genéticos distintos com apenas uma geração, sendo possível obter indivíduos adaptados a determinadas situações de cultivo e com produção superior aos progenitores (RESENDE et al. 2010).

Uma forma de avaliar o cruzamento entre espécies é por meio da análise dialélica. Através desta análise é possível estimar parâmetros genéticos úteis na seleção de genitores para a hibridação e no entendimento da natureza e magnitude dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres. Neste tipo de análise é quantificada a variabilidade genética do caráter de interesse, avaliado a capacidade geral de combinação dos genitores e a capacidade específica (GRIFFING, 1956).

A disponibilidade de estimativas desses parâmetros genéticos é essencial para o desenvolvimento de programas de melhoramento. Além das capacidades combinatórias, a correlação genética é um parâmetro genético muito importante, estabelecendo a força da relação entre duas características, informando se uma delas pode ou não ser influenciada pela outra (KARSBURG, 2003).

Dentre as características de desempenho, o peso corporal se destaca como sendo a principal delas, sendo assim, algumas espécies de peixes foram melhoradas em programas de seleção para a taxa de crescimento dessa característica (Santos et al., 2008). Dessa forma, estudos sobre o crescimento torna-se necessário.

Os modelos não lineares também chamados de curvas de crescimento são preferíveis aos lineares por possuírem parâmetros de interpretação biológica relacionados às condições iniciais, taxa de crescimento, peso corporal, todos ligados a aspectos econômicos da produção (ARANGO E VAN VLECK 2002; DE MELLO et al. 2015).

O crescimento morfométrico também tem sido estudado, pois as medidas morfométricas estão associadas a qualidade da carcaça, como rendimento de filé e outros cortes nobre e podem ser utilizadas como critério de seleção indireta em programas de melhoramento genético (REIS NETO et al. 2012; MELO et al. 2013). Dessa forma, estudos sobre o crescimento, torna-se necessário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura do Brasil**. Brasília, 2011. 69 p.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura do Brasil**. Brasília, 2012. 128 p.

CASTAGNOLLI, N. **Criação de peixes de água doce**. Jaboticabal: FUNEP. 189 p, 1992.

FAO. Perspectivas Agrícolas no Brasil: Desafios da agricultura brasileira 2015-2024. **Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura**, p.31, 2015.

GOMES, L. C., GOMES, L. C., CHAGAS, E. C., MARTINS-JUNIOR, H., ROUBACH, R., ONO, E. A., LOURENÇO, J.N. P. Cage culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a central Amazon floodplain lake. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 253, n. 1/4, p. 374-384, 2006.

GONZALES, J. T., BOCANEGRA, F. A., PIZARRO, M. D. Á., GUERRA, Rosana CUBAS, L. M. P., CHU-KOO, F. Paco *Piaractus brachypomus* y gamitana *Colossoma macropomum* criados em policultivo con el bujurqui-tucunaré, *Chaetobranchius semifasciatus* (Cichlidae). **Folia Amazônica**, Loreto, v. 18, n. 1/2, p. 97-104, 2009.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, East Melbourn, v. 9, n. 4, p.463-493, 1956.

HASHIMOTO, D. T., MENDONÇA, F. F., SENHORINI, J. A., OLIVEIRA, C., FORESTI, F., PORTO-FORESTI, F. Molecular diagnostic methods for identifying Serrasalmid fish (Pacu, Pirapitinga, and Tambaqui) and their hybrids in the Brazilian aquaculture industry. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 321, n. 1/2, p. 49-53, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Prod. Pec. munic.**, Rio de Janeiro, v. 41, p.1-108, 2013.

KUBITZA, F., O mar está para peixe... para peixe cultivado. **Panorama da Aquicultura**, v. 17, n.100, p.14-23, 2007.

KUBITZA, F., Aquicultura no Brasil: Conquistas e desafios. **Panorama da Aquicultura**, v. 25, n.150, p.12, 2015.

PEREIRA, J. C. C. **Heterose e cruzamentos. In: Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 4. ed. Belo Horizonte: FEPE-MVZ, p. 222.283, 2004.

POLEO, G., ARANBARRIO, J. V., MENDOZA, L., ROMERO, O. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 4, p. 429-437, abr. 2011.

REIS NETO, R.V., SERAFINI, M. A., FREITAS, R. T. F., ALLAMAN, I. B., MOURAD, N. M. N., LAGO, A. A. Performance and carcass traits in the diallel crossing of pacu and tambaqui. **Brazilian Journal of Animal Science**. v. 41, p. 2390-2395, 2012a.

RESENDE, E. K.; OLIVEIRA, C. A. L.; LEGAT, A. P.; RIBEIRO, R. P. Melhoramento animal no Brasil: uma visão crítica espécies aquáticas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 8, 2010, Maringá. **Anais...** Maringá: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2010.

ROUTLEDGE, E. A. B., SALDANHA, E. C. L., ROUBACH, R. **A importância da pesquisa para o desenvolvimento da cadeia produtiva da aquicultura**. Acesso em: <http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va11-forum.pdf>, 2012.

OBJETIVOS GERAIS

Avaliar o crescimento de Serrasalmídeos em tanques-rede e em sistema fechado de recirculação.

- Avaliar o crescimento ponderal de Serrasalmídeos, por meio de modelos não lineares;

- Obter estimativas de parâmetros úteis para seleção de espécies parentais para a hibridação e o entendimento dos efeitos gênicos envolvidos na herança dos caracteres;

- Estimar as capacidades de combinação (Capacidade Geral e Capacidade Específica) entre as espécies pacu, pirapitinga e tambaqui, para peso corporal.

CAPITULO 1

Aspectos gerais de peixes redondos: pacu (*Piaractus mesopotamicus*), pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*)

RESUMO: Objetivou-se revisar resultados de pesquisas relacionados aos peixes redondos. Essas espécies são onívoras e rústicas, tornando mais fácil e rápido o cultivo. Algumas características importantes do ponto de vista do econômico, como o crescimento e o peso corporal, então na literatura, são descritos alguns trabalhos com cruzamentos entre essas e outras espécies a fim de melhorar essas características. Internacionalmente, vem sendo realizados cruzamentos com truta e salmão e no Brasil alguns bagres como surubim e jundiá, porém, o cruzamento mais expressivo é o de peixes redondos. A forma de analisar esses cruzamentos é por meio da análise dialéctica, podendo estimar os parâmetros genéticos por meio da capacidade geral e da específica de combinação. Alguns trabalhos com tilápias vêm sendo realizados no que se refere ao crescimento e peso corporal, porém, trabalhos com peixes redondos ainda são escassos na literatura, bem como não há programa de melhoramento genético específico para essas espécies. Trabalhos realizados com curvas de crescimento, calculam e predizem linhas de crescimento e de maturidade dos animais puros ou grupos cruzados, assim como pode melhorar a avaliação da população. A disponibilidade dos parâmetros genéticos é essencial para o desenvolvimento de programas de melhoramento, dentre eles as correlações genética, fenotípica e ambiental são importantes por estabelecer relações entre duas características mostrando se pode ou não ser influenciada uma pela outra. Trabalhos com peixes ainda são escassos com relação a essas correlações, mas sabe-se que a correlação que pode ser medida é a fenotípica, sendo que a mesma possui causas genéticas e ambientais.

Palavras-chave: Genética, peixe, piscicultura.

CHAPTER 1

General aspects of round fish: pacu (*Piaractus mesopotamicus*), pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) and tambaqui (*Colossoma macropomum*)

ABSTRACT: The objective was to review the results of research related to round fish. These species are omnivorous and rustic, making cultivation easier and faster. Some characteristics are important from the consumer's point of view, such as growth and body weight, so in the literature are described some work with crosses between these and other species in order to improve these characteristics. Internationally crosses have been made with trout and salmon and in Brazil some catfish such as surubim and jundiá, however, the most expressive cross is the round fish. The way to analyze these crosses is through diallel analysis, being able to estimate the genetic parameters through the general and specific capacity of combination. Some work with tilapia has been carried out with regard to growth and body weight, however, work with round fishes is still scarce in the

literature, as well as there is no specific breeding program for these species. Studies with growth curves calculate and predict growth and maturity lines of pure animals or cross groups, as well as improve population assessment. The availability of genetic parameters is essential for the development of breeding programs, among them genetic, phenotypic and environmental correlations are important because they establish relationships between two characteristics, showing whether or not they can be influenced by each other. Fish work is still scarce in relation to these correlations, but it is known that the correlation that can be measured is phenotypic, with genetic and environmental causes.

Key words: Genetics, fish, fish farming.

Piscicultura

A piscicultura é uma atividade zootécnica dentro da aquicultura que tem como objetivo o cultivo de peixes. O Brasil tem potencial para aquicultura como poucos países do mundo, pela quantidade de águas marítimas e continentais (OSTRENSKY et al., 2008). O aproveitamento dos recursos hídricos existentes tem proporcionado o desenvolvimento da piscicultura, com a criação de peixes em tanques-rede, tanque escavado ou açudes, sendo uma alternativa de investimento de menor custo e maior rapidez de implantação, apontada como agronegócio capaz de melhorar as condições sociais, ambientais e econômicas de uma região. (BRASIL 2012).

O Brasil é o segundo maior produtor aquícola do continente americano, ficando apenas abaixo do Chile (FAO, 2015). A tilapicultura tem dominado o mercado da aquicultura, pela facilidade de cultivo, o bom desempenho e a qualidade nutricional da carne, sendo esta uma espécie exótica (Kubitza, 2004). Dentre as espécies nativas, os peixes redondos (espécies e híbridos dos gêneros *Colossoma* e *Piaractus*) vêm mostrando expressivos resultados quanto ao cultivo representando 82% da quantidade de peixes nativos cultivada no Brasil (IBAMA, 2007).

O aumento na demanda mundial por carne de peixes é justificado pelo crescimento da população mundial, aumento da renda e os benefícios nutricionais que a mesma proporciona, além da exaustão dos estoques de peixes nativos de água doce e marinhos (FÜLBER et al., 2009). Junto com a preferência dos produtores para o cultivo dessas espécies e também da unidade para aumento de produtividade, o interesse em peixes com genética superior tem aumentado, a fim de melhorar as características de interesse econômico.

Nesta atividade é possível melhorar as taxas de crescimento, reprodutivas e a qualidade da carne por meio de manejos adequados, sendo assim, o conhecimento das particularidades e das necessidades das espécies, bem como as boas práticas de manejo proporcionam o sucesso da criação (BALDISSEROTTO, 2004).

Peixes redondos

Dentre as espécies nativas, os representantes da subfamília Serrasalminae pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e o tambaqui (*Colossoma macropomum*), além de seus híbridos interespecíficos são os de maior importância econômica na aquicultura brasileira (MPA, 2011).

O pacu é um teleósteo representante da ordem Characiformes, família Characidae e da subfamília Myleinae. É uma espécie nativa largamente encontrada nas bacias do rio Paraná, Paraguai e Uruguai, com maior distribuição nas planícies alagadas da região Centro-Oeste, no Pantanal do Mato Grosso (Petre, 1989) e também pode ser cultivada na região sudeste do Brasil, por possuir fácil adaptação à alimentação artificial (BICUDO 2008).

Possui formato do corpo alto, arredondado e ventre levemente comprimido, sua cabeça é relativamente pequena, com boca terminal e duas séries de dentes. Apresenta cor acinzentada mais escura na região dorsal, clareando em direção à região ventral. As nadadeiras, dorsal e peitoral são escuras, enquanto as nadadeiras pélvica, anal e caudal são alaranjadas (GRAÇA & PAVANELLI, 2007).

A pirapitinga, pertence à ordem Cypriniforme, família Characidae também conhecida como morocoto na Venezuela, paco no Peru e cachama na Colômbia, é a única espécie do gênero *Piaractus* encontrada na Bacia Amazônica (KUBITZA, 2004). Tem importância econômica para a agricultura em escala comercial na Colômbia, Brasil, Peru, Venezuela e América Central. Sob condições naturais, a pirapitinga realiza desovas de novembro a fevereiro, quando temperatura da água atinge 27°C após as primeiras chuvas em resposta às crescentes águas da inundação (HERNANDEZ, 1994).

Apresenta alto rendimento de carcaça, ou seja, maior peso depois de eviscerada quando compara com as outras espécies. Apresenta como pontos fortes, a qualidade e o sabor da carne que tem muita aceitação pelo mercado consumidor, além de possuir coloração avermelhada que é um atrativo importante (MORA, 2005). Em sistema

intensivo como o de recirculação, a pirapitinga também vem apresentando bons índices zootécnicos (POLEO et al., 2011).

A pirapitinga é um peixe de piracema, a espécie migra no final da vazante, algumas semanas antes da época chuvosa, quando atingem a idade da maturidade sexual, entre três e quatro anos de idade e, aproximadamente, com três a quatro quilos. O manejo da reprodução em condições controladas pode ser realizado em qualquer época do ano, o que se torna interessante por garantir a disponibilidade de juvenis (BALDISSEROTTO, 2005).

O tambaqui pertence à ordem Characiformes e família Serrasalminidae. É uma espécie nativa da bacia amazônica, ocorrendo no Brasil, Peru, Colômbia, Bolívia e Venezuela. Possui alto valor comercial, sendo muito apreciada pela população local. Também é uma espécie amplamente aceita em outras regiões, pelo seu excelente sabor, consistência e coloração branca da carne e facilidade para obtenção de filés. (GOULDING; CARVALHO, 1982; GOULDING, 1993).

Possui o corpo romboidal, com cor parda na metade superior e preta na metade inferior, escamas, nadadeira adiposa curta, dentes molariformes com margens afiadas para triturar (ROTTA, 2003), rastros branquiais longos e em grande número (NETO & PRADO, 2012), lábios grossos (SANTOS et al., 2006) e boca prognata. Pode atingir um metro de comprimento padrão e pesar 30kg, é o segundo maior peixe de escamas da América do Sul (SANTOS et al., 2006).

É uma espécie relativamente bem adaptada às condições de cativeiro, aceitando rações artificiais e balanceadas podendo obter bons índices zootécnicos como: alta taxa de crescimento (INOUE et al., 2011) alta sobrevivência (84%), melhora na conversão alimentar aparente (0,92) e ganho de peso (6.639g/m³) (BRANDÃO, et al., 2004).

É nativo da região Norte, mas seu cultivo está concentrado nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, (falar de onde é nativo onde o clima é favorável e possui boa aceitação no mercado rever a frase). Seu habitat natural é caracterizado por águas ricas em nutrientes, com temperaturas médias entre 25°C e 34°C, sendo capaz de resistir a baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água (SOUZA, 1998).

O pacu, assim como a pirapitinga, são espécies que apresentam relativa facilidade de produção de alevinos e o uso dessas espécies na pesca esportiva foram fundamentais

para que conquistassem posição de destaque entre as espécies nativas mais cultivadas no país e se tornassem um dos peixes mais apreciados nos pesque-pague, espalhados nas regiões sudeste e centro-oeste do país. A disponibilidade do pacu oriundo de pisciculturas vem aumentando, permitindo popularizar o consumo deste peixe em outras regiões como a região Norte (SERAFINI, 2010).

O pacu, a pirapitinga e o tambaqui possuem hábito tipicamente onívoro com tendência ao consumo de frutas, sementes e folhas; além disso, utilizam eficientemente o amido das dietas, possibilitando inclusão de altos níveis de carboidratos sem prejudicar o desempenho e a saúde (BOSCOLO et al., 2011), e as exigências de proteína para estas espécies do pacu, da pirapitinga e do tambaqui variam entre 18-32% dependendo da fase de cultivo e do sistema de produção. As fases iniciais exigem maior percentagem de proteína na ração e com o crescimento essa percentagem diminui (COSTA, 2015).

Trata-se de espécies rústicas que podem ser cultivadas em sistemas intensivos, desde que seja fornecida ração balanceada para a fase de cultivo e os parâmetros de qualidade de água (oxigênio, temperatura, amônia nitrito, nitrato) estejam dentro da faixa considerada ótima (GOMES et al., 2006; GONZALES et al., 2009; POLEO et al., 2011).

Cruzamento ou Hibridação

O cruzamento ou hibridação consiste em acasalamento entre indivíduos puros, entretanto de raças, espécies ou linhagens distintas, sendo recomendado o acasalamento entre grupos genéticos mais distintos. A hibridação pode ser feita por indivíduos da mesma espécie, porém de raça ou linhagem distinta, sendo chamada de hibridação intraespecífica, ou com indivíduos de espécies distintas, sendo chamada de interespecífica (COSTA, 2015; SERAFINI, 2010). Essa prática tem como objetivos obter heterose e a complementariedade visando melhorar a produção associando à combinação de características desejáveis de dois ou mais grupos genéticos (LUSH, 1964). A heterose ou vigor híbrido pode ser definida como a superioridade dos híbridos (F1) em relação à média de seus pais, com relação a mérito individual, ou seja, é o aumento/diminuição de vigor dos descendentes em relação aos pais, já na complementariedade, são trabalhadas as mesmas raças, nas quais são balanceadas as contribuições genéticas de cada uma em particular, de forma a obter um produto final com as características exigidas pelo mercado. (LASLEY, 1963; LUSH, 1964; PEREIRA, 2004)

Outra aplicação da hibridação intraespecífica é a formação de população base em programas de melhoramento animal e vegetal. Fülber et al. (2009) avaliaram o desempenho produtivo de três linhagens de tilápia do Nilo *O. niloticus*, em diferentes densidades de estocagem e fases de desenvolvimento; Miranda et al. (2003) avaliaram o potencial de melhoramento e estimaram a divergência genética de nove cultivares de milho-pipoca. Neira et al., 2016 também realizaram cruzamento entre quatro linhas de tilápia do Nilo (*O. niloticus*) a fim de implementar um programa de melhoramento em uma empresa de produção de tilápias na Costa Rica.

A hibridação interespecífica também já foi utilizada em peixes para obtenção de lotes masculinos em tilápias, cruzando a fêmea de *Oreochromis niloticus* com o macho de *Oreochromis aureus* ou *Oreochromis hornorum*. Lozanto et al., 2014 realizaram o cruzamento entre três linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e três linhagens de tilápia azul (*Oreochromis aureus*) a fim de selecionar a melhor combinação para a produção de alevinos de linhagem comercial.

No Brasil, tem sido muito utilizado o cruzamento entre pacu, pirapitinga e tambaqui; prova disso é que os únicos híbridos que aparecem no último Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura do Brasil são oriundos destes cruzamentos (COSTA, 2015) representando 6,73% da produção da aquicultura continental (MPA, 2012).

Outro cruzamento interespecífico, porém, de espécies de mesmo gênero, foi o realizado na Noruega de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) que é um dos peixes mais cultivados no mundo juntamente com o salmão (ABPA, 2014). Na truta, o cruzamento tem sido utilizado para melhorar as características como o crescimento e a sobrevivência. Wang et al., 2014 cruzaram cinco espécies de truta arco-íris, todas obtiveram efeito recíprocos significativos quanto à morfologia, porém duas obtiveram maior efeito recíproco em relação ao crescimento.

O cruzamento entre espécies de peixes pode ser realizado entre os bagres, com a entre as espécies cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*) surubim (*Pseudoplatystoma* sp) e jundiá (*Rhamdia quelen*), sendo estes cruzamentos muito realizados em pisciculturas comerciais no Brasil. Outro cruzamento muito realizado no Brasil, tem sido muito utilizado esse cruzamento, prova disso é que os únicos híbridos que aparecem no último Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura do Brasil são oriundos destes cruzamentos representando 6,73% da produção da aquicultura continental (MPA, 2012).

Em algumas regiões do Brasil, os híbridos são produzidos mais que suas espécies parentais, como ocorre no Centro-Oeste do país, em que a produção de "tambacu" que é um híbrido entre a fêmea do tambaqui *Colossoma macropomum* e o macho do pacu *Piaractus mesopotamicus* chega a 8359 toneladas, sendo superior a produção das espécies puras.

Dentro da piscicultura, o cultivo de híbridos tem recebido especial atenção, com o objetivo de aproveitar as características favoráveis das espécies parentais, bem como melhorar o seu desempenho para a exploração em cativeiro. Dentre essas características, destaca-se o aumento da taxa de crescimento, melhor qualidade da carne, resistência à doenças e capacidade de tolerar variações ambientais. A hibridação como técnica praticada em explorações aquícolas, pretende melhorar o nível de produção, de maneira que o sistema se torne mais competitivo e o produto final tenha maior aceitação por parte dos consumidores (TOLEDO FILHO et al., 1998; BOTERO et al., 2004).

Em relação aos potenciais impactos ambientais de híbridos de serrasalmídeo híbridos, duas preocupações devem ser consideradas: escapes e liberações desses indivíduos híbridos de empresas de piscicultura e a fertilidade dos mesmos conforme relatado em trabalhos recentes com a utilização de marcadores moleculares (COSTA et al. 2017). As introduções de peixes híbridos podem ter consequências ecológicas, contudo, há poucos estudos sobre os impactos ecológicos sobre híbridos de serrasalmídeo até o momento (HASHIMOTO, 2011).

Devido à falta de programas de melhoramento genético em Serrasalminae, a hibridização vem sendo realizada de forma desordenada em pisciculturas brasileiras com objetivo de explorar a heterose para características de desempenho e de qualidade de carcaça (REIS NETO et al., 2012). Entretanto, estas características de interesse zootécnico advindas da produção de híbridos envolvendo o cruzamento entre estas três espécies, ainda não foram devidamente estudadas.

Apesar de pouco explorado, os peixes apresentam características vantajosas para esses programas de melhoramento genético, quando comparados com outras espécies animais, como: alta fertilidade; fertilização externa, que garante flexibilidade na realização de acasalamentos; facilidade para hibridações; núcleo de melhoramento mais barato pelo menor custo de manutenção de reprodutores e engorda dos animais candidatos (TURRA et al., 2013).

Uma forma de avaliar o cruzamento entre espécies é por meio da análise dialélica. Através desta análise é possível estimar parâmetros genéticos úteis na seleção de genitores para a hibridação e no entendimento da natureza e magnitude dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres. Neste tipo de análise é quantificada a variabilidade genética do caráter de interesse, avaliando a capacidade geral de combinação dos genitores e a capacidade específica (GRIFFING, 1956).

A capacidade geral de combinação representa o desempenho médio em cruzamento dos grupos utilizados nas combinações, permitindo identificar os genitores com capacidade para transmitir caracteres desejáveis à descendência, ou seja, proporcionam informações sobre magnitude dos efeitos gênicos aditivos e são de utilidade na indicação de genitores a serem usados em programas de melhoramento. Já a capacidade específica de combinação refere-se aos casos em que as combinações apresentam desempenho acima ou abaixo do esperado, com base no desempenho médio dos grupos genéticos envolvidos, possibilitando conhecer combinações específicas superiores e inferiores. Na CEC, são medidos os efeitos gênicos não aditivos, indicando a existência ou não de dominância unidirecional, epistasia e heterose, sendo que a heterose depende simultaneamente da presença de dominância alélica e divergência genética entre os materiais cruzados (GRIFFING, 1956).

Sob o ponto de vista exclusivamente técnico, as análises dos cruzamentos entre as possíveis populações genitoras podem gerar informações sob a melhor forma de otimizar os ganhos genéticos. Esta análise dialélica consiste no desdobramento da soma de quadrados de tratamentos da análise de variância em efeitos da capacidade geral de combinação (CGC), capacidade específica de combinação (CEC) e de recíprocos, quando esses estão envolvidos.

A CGC caracteriza o comportamento médio do genitor em uma série de combinações híbridas. A CEC caracteriza o comportamento de certas combinações híbridas em relação à média dos genitores. A CGC ocorre pela variância genética aditiva e variância epistática aditiva x aditiva, enquanto a CEC resulta da variância genética dominante e dos outros tipos de componentes de variância epistática (MIRANDA et al. 2014). Através da análise dialélica, é possível estimar os parâmetros para os indivíduos puros a partir dos indivíduos híbridos, ou seja, a partir dos resultados de CEC, é possível estimar os valores para CGC de animais puros.

Crescimento e curva de crescimento

O crescimento, sob o ponto de vista econômico, é um dos mais importantes parâmetros a ser melhorado em um programa de seleção e conforme descrito anteriormente, é uma das características mais avaliadas em cruzamentos (HUANG; LIAO, 1990, citação de trabalhos de cruzamento que avaliou crescimento). Pode-se entender como crescimento o processo de variação em magnitude de alguma característica ou estrutura ao longo do tempo, como por exemplo a altura, a largura, o comprimento, o peso corporal ou tecidos (WEATHERLEY; GILL, 1987).

O crescimento dos peixes é um processo complexo afetado por fatores bióticos e abióticos. Os fatores bióticos referem-se a produtores e consumidores em um meio aquático e os fatores abióticos são referentes às influências que os seres vivos podem receber, tais como luz, pH, temperatura, oxigênio, dentre outros, em que a temperatura é reconhecida como um dos mais importantes, sendo que, quando esta é mantida dentro da faixa considerada ideal para cultivo, pode-se ter ideia do real potencial de cultivo (MARTINEZ et al. 1996; KUBITZA, 2004).

Dentre as características de desempenho, o peso corporal destaca-se como sendo o principal, sendo assim, algumas espécies de peixes foram melhoradas em programas de seleção para esta característica (SANTOS et al., 2008). O crescimento morfométrico também tem sido estudado, pois, as medidas morfométricas estão associadas a qualidade da carcaça, como rendimento de filé e outros cortes nobre e podem ser utilizadas como critério de seleção indireta em programas de melhoramento genético (REIS NETO et al. 2012; MELO et al. 2013)

Os modelos não lineares também chamados de curvas de crescimento são preferíveis aos lineares por possuírem parâmetros de interpretação biológica relacionados às condições iniciais, taxa de crescimento, peso corporal, todos ligados a aspectos econômicos da produção (ARANGO E VAN VLECK 2002; DE MELLO et al. 2015).

Para avaliação do crescimento ponderal e morfométrico dos animais, vários modelos não lineares têm sido utilizados. Dentre as funções não lineares mais utilizadas, para ajustar as relações peso-idade, destacam-se as funções com três parâmetros, de Brody: $y_i = A (1 - B e^{-k t})$; von Bertalanffy: $y_i = A (1 - B e^{-k t})^3$; logístico: $y_i = A (1 + B e^{-k t})^{-1}$; Gompertz: $y_i = A \exp(-B e^{-k t})$ em que A é o peso assintótico ou peso máximo; B é uma constante de integração sem interpretação biológica, e a base do

logaritmo natural; K a taxa de crescimento relativo ao peso máximo ou taxa de maturidade e t o tempo (idade) (MAZZINI, 2001). O modelo exponencial: $y_i = A e^{K t}$, embora não seja indicado para um longo período de crescimento, seu uso na aquicultura é, relativamente, comum pela sua simplicidade, podendo descrever facilmente o crescimento de peixes com apenas pesos inicial e final, sendo A o peso inicial estimado, K a taxa de crescimento e t o tempo (idade), sendo indicado para avaliação durante as fases iniciais ou antes do animal atingir o peso a maturidade (GAMITO, 1998).

Entre as várias aplicações das curvas de crescimento na produção animal, destacam-se: a) resumir em três ou quatro parâmetros, as características de crescimento, pois, alguns parâmetros dos modelos não lineares possuem interpretabilidade biológica; b) avaliar o perfil de respostas de tratamentos ao longo tempo; c) estudar as interações de respostas das subpopulações ou tratamentos com o tempo; d) identificar em uma população os animais mais pesados em idades mais jovens; essas informações podem ser obtidas investigando o relacionamento entre o parâmetro k das curvas de crescimento, que expressam a taxa de declínio na taxa de crescimento relativa, e o peso limite do animal ou peso assintótico (Sandland & Mcgilchrist, 1979; Draper & Smith, 1980; Davidian & Giltinan, 1996); e) obter a variância entre e dentro de indivíduos de grande interesse nas avaliações genéticas (Mansour et al., 1991). As aplicações de a) a d) são de interesse geral nos estudos de curvas de crescimento.

Estudos realizados com diferentes linhagens de tilápia (*Oreochromis sp*) por Allaman et al. (2013) mostraram que o modelo de von Bertalanffy foi o único que proporcionou a convergência adequada e ajustamento. Mello et al. 2015 avaliando curva de crescimento em tambaqui verificaram que o modelo de Gompertz foi o único que se ajustou para as curvas.

Allaman et al. (2014) avaliando a deposição de componentes químicos corporais na carcaça de linhagens de tilápia (*Oreochromis sp.*) verificaram que o modelo exponencial foi o único que convergiu e ajustou a curva de crescimento. Costa et al. (2009) avaliando o crescimento de tilápias de Nilo de diferentes linhagens, também observaram que o modelo exponencial foi indicado para descrever o crescimento dessas espécies, sendo que as mesmas não teriam atingido o peso de maturidade.

Paiva (2002) observou que os modelos de Gompertz, Brody e Bertalanffy foram os que melhor descreveram o crescimento morfométrico de guppy (*Poecilia reticulata*) em diferentes idades.

Os padrões de curvas de crescimento na área zootécnica estão relacionados com modelos de crescimento assintóticos. Estes podem descrever relações de peso, tamanho e idade, expressando os valores de uma variável de interesse em função do tempo. Os modelos não lineares podem ser utilizados para descrever o crescimento do animal ao longo do tempo, possibilitando avaliar os fatores genéticos e de ambiente que influenciam a forma de crescimento, e desse modo, alterá-la por meio de seleção, ou seja, identificando animais com maior velocidade de crescimento, sem alterar o peso adulto, em vez de selecionar animais cada vez maiores.

Os parâmetros apropriados das funções de crescimento poderiam também ser usados para calcular e prever linhas de crescimento e de maturidade dos animais puros ou grupos cruzados (AFONSO et al., 2012). De acordo com Tedeschi et al., (2000), por intermédio dessas funções, podem-se selecionar animais que apresentam altas ou baixas taxas de crescimento relativo ao peso adulto (conhecidas como taxas de maturidade).

O estudo da curva de crescimento possibilita melhor avaliação da população, o que permite planejar mudanças no crescimento dos animais por meio de seleção e otimização das estratégias de alimentação, a fim de se priorizarem as necessidades nutricionais em cada fase de crescimento. Além disso, as linhagens respondem de formas diferentes aos processos de seleção e, assim, geram diferenças no perfil de crescimento dos animais, que acabam influenciando o tipo de curva que o animal irá apresentar do nascimento à maturidade (MOTA et al. 2015).

Correlação genética, ambiental e fenotípica

A correlação indica o grau de associação entre três variáveis, devendo observar o sentido e o grau. Correlações positivas, indicam que as variáveis são diretamente correlacionadas, ou seja, o aumento em uma proporciona o aumento em outra. Correlações negativas, indicam que as variáveis são inversamente correlacionadas, ou seja, o aumento em uma provoca o decréscimo em outra. Em relação ao grau de correlação, há várias tabelas na literatura de interpretação do grau de correlação, sendo que este varia de -1 a 1. Quanto mais próximo de 1, independente do sinal, mais associadas são as variáveis, e quanto mais próximo de 0, menos serão correlacionadas.

A correlação entre os fenótipos, tem causas genéticas e ambientais. A causa genética indica o grau de associação genética entre dois caracteres. Estatisticamente, a correlação pode ser definida como a dependência entre as funções de distribuição de duas ou mais variáveis aleatórias, em que a ocorrência de um valor de uma das variáveis favorece a ocorrência de um conjunto de valores de outras. As correlações entre duas ou mais características estimam o nível de união entre elas, sendo a origem e a grandeza da relação existente entre as características de grande importância no melhoramento em geral, visando aprimorar o material genético de um conjunto de caracteres que agem simultaneamente, e conseqüentemente a melhora de uma característica pode causar alterações nas demais (FALCONER, 1987).

A disponibilidade de estimativas dos parâmetros genéticos é essencial para o desenvolvimento de programas de melhoramento. Entretanto, esses parâmetros são característicos de cada população e podem sofrer alterações em consequência da seleção, das mudanças no manejo, dos métodos e modelos de estimação, entre outras causas. Sendo assim, é necessário que esses parâmetros sejam estimados em amostra representativa da raça para a qual o programa de seleção é elaborado. Dentre os parâmetros genéticos, a correlação genética é muito importante, estabelecendo a força da relação entre duas características, informando se uma delas pode ou não ser influenciada pelas decisões de seleção na outra (KARSBURG, 2003).

Falconer (1987) distingue duas causas de correlação entre duas variáveis - a genética, resultante de ligação gênica (causa temporária) ou do pleiotropismo (causa principal), e a causa ambiental. O ambiente torna-se causa de correlação quando dois caracteres são influenciados pelas mesmas diferenças de condições ambientais. Valores positivos indicam que os caracteres correlacionados são beneficiados ou prejudicados pelas mesmas causas de variações ambientais, e valores negativos que o ambiente favorece um caráter em detrimento do outro. A associação entre dois caracteres diretamente observados é a correlação fenotípica (FALCONER, 1987; CARVALHO, 2004 e GOLDENBERG, 1968).

A associação entre duas características que pode ser observada diretamente é a correlação de valores fenotípicos, ou a “correlação fenotípica”. Em estudos genéticos, é necessário distinguir duas causas de correlação entre características, a genética e ambiental. O tamanho e o sentido das respostas correlacionadas são determinados,

principalmente, pela correlação genética entre as características envolvidas (SANTOS et al. 2005).

A correlação entre caracteres que pode ser diretamente medida é a fenotípica (Falconer, 1981), sendo que essa correlação possui causas genéticas e ambientais. Entretanto, só as causas de origem genéticas envolvem uma associação de natureza herdável, podendo, por conseguinte, ser utilizada na orientação de programas de melhoramento (CRUZ; REGAZZI, 1997).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALDISSEROTO, B. Biologia do jundiá. In: BALDISSEROTO, B.; RADÜNZ NETO, J. (Eds.) **Criação de jundiá**. Santa Maria: Editora UFSM, 2004. 232p.

BRASIL. ASSOCIACAO CULTURAL E EDUCACIONAL BRASIL – ACEB. **1º ANUÁRIO BRASILEIRO DA PESCA E AQUICULTURA**. Itajaí, 2014. 43

BRASIL. MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. Boletim estatístico da pesca e aquicultura do Brasil. Brasília, 2011. 69 p.

CARVALHO, F. I. F.; LORENCETTI, C.; BENIN, G. **Estimativas e implicações da correlação no melhoramento vegetal**. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2004, 142p.

CRUZ, C.D., REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.

FALCONER, D. S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279 p.

FAO. Perspectivas Agrícolas no Brasil: Desafios da agricultura brasileira 2015-2024. **Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura**, p.31, 2015.

FÜLBER, Vania M. et al. Desempenho comparativo de três linhagens de tilápiado-Nilo (*Oreochromis niloticus*) em diferentes densidades de estocagem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 177-182, 2009.

GRAÇA, W.J. & PAVANELLI, C.S. 2007. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e áreas adjacentes. **EDUEM**, Maringá. 241p

GOLDENBERG, J. B. El empleo de la correlation en el mejoramiento genético de las plantas. **Fitotecnia Latino Americana.**, Caracas, v. 5, p. 1-8, 1968.

HERNÁNDEZ, A. Estado actual del cultivo de *Colossoma* y *Piaractus* en Brasil, Colombia, Panamá, Perú y Venezuela. In: **Memorias del VIII Congreso Latinoamericano de Acuicultura y V Seminario Nacional de Acuicultura, Acuicultura y Desarrollo Sostenible**. Santafé de Bogotá. Colombia: 9-23. 1994.

KARSBURG, J. H. H. **Estimativas de parâmetros genéticos de características de carcaça medidas por ultra-sonografia e de desenvolvimento ponderal em bovinos da raça Santa Gertrudis**. Pirassununga: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, 2003. 82p. Dissertação (Mestrado).

KUBITZA, F. Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do tambaqui, do pacu e de outros peixes redondos. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 82, p. 49-55, 2004.

IBAMA, 2007. **Estatística da Pesca 2007**: Brasil—Grandes regiões e unidades da Federação. 113 p.

POLEO, G., ARANBARRIO, J. V., MENDOZA, L., ROMERO, O. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 4, p. 429-437, abr. 2011.

Santos, G.M.; Ferreira, E.J.G.; Zuanon, J. 2006. **Peixes comerciais do Médio Amazonas - Região de Santarém, PA**. Imprensa Oficial, Brasília. 211 pp.

SERAFINI, M. A. **Cruzamento dialélico interespecífico entre pacu *Piaractus mesopotamicus* e tambaqui *Colossoma macropomum***. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

CAPÍTULO 2

Cruzamento dialético interespecífico entre pacu (*Piaractus mesopotamicus*), pirapitinga (*Piaractus brachypomum*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) em tanques-rede

RESUMO: O trabalho objetivou-se avaliar o cruzamento em Serrasalmídeos em sistema fechado por meio de modelos não lineares, estimando as capacidades combinatórias para os parâmetros do modelo. Foi realizado na Estação de Piscicultura da Universidade Federal de Lavras, com duração de 465 dias, no laboratório de recirculação de água. Foram adquiridos 12 juvenis de pacu, pirapitinga, tambaqui, patinga, paqui, piraqui, tambacu e tambatinga com peso médio de 50 gramas e 20 dias de idade. Os animais foram alimentados três vezes ao dia até atingirem 100 gramas de peso vivo e duas vezes ao dia após esta faixa de peso. A cada 35 dias, foram insensibilizados com 60 mg de benzocaina por litro de água, sendo pesados e devolvidos ao sistema de cultivo. A análise dos dados foi feita pelo ajuste dos modelos não lineares e posteriormente realizado a análise dialética dos parâmetros do modelo. Observou-se que o modelo exponencial foi o melhor modelo para explicar o crescimento dos grupos genéticos. Pela análise dialética, observou o tambaqui apresentou valor positivo de CGC para o parâmetro (a) e valor negativo para (k), o pacu apresentou valores negativos para ambos. Em relação a CEC, o tambaqui e o híbrido patinga foram os únicos grupos que apresentaram valores positivos para estimativa de peso (a), e para taxa de crescimento (k) os valores positivos foram observados pelo tambaqui seguido da pirapitinga. Com relação às variâncias das capacidades combinatórias, observou-se que a CGC foi maior que a CEC, indicando que a seleção é mais indicada que o cruzamento em peixes redondos para cultivo em sistema fechado.

Palavras-chave: *Colossoma*. *Piaractus*. Híbrido. Seleção. Cruzamento.

CHAPTER 2

Interspecific dialectical crossing between pacu (*Piaractus mesopotamicus*), pirapitinga (*Piaractus brachypomum*) and tambaqui (*Colossoma macropomum*) in net-tanks

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the crossing of Serrasalmídeos in a closed system using non-linear models, estimating the combinatorial capacities for the model parameters. It was carried out at the Fishery Station of the Federal University of Lavras, with a duration of 465 days, in the water recirculation laboratory. Twelve juveniles of pacu, pirapitinga, tambaqui, patinga, paqui, piraqui, tambacu and tambatinga with an average weight of 50 grams and 20 days of age were purchased. The animals were fed three times daily until they reached 100 grams of live weight and twice daily after this weight range. Every 35 days, they were desensitized with 60 mg of benzocaine per liter of water, being weighed and returned to the culture system. The analysis of the data was done by the adjustment of the nonlinear models and later the diallel analysis of the parameters of the model. It was observed that the exponential model was the best model to explain the growth of genetic groups. By the diallel analysis, tambaqui showed positive value of CGA for parameter (a) and negative value for (k), pacu presented negative values for both. In relation to SCC, tambaqui and patinga hybrid were the only groups that presented positive values for weight estimation (a), and for growth rate (k) positive values

were observed by tambaqui followed by pirapitinga. Regarding the variances of the combinatorial capacities, it was observed that CGA was higher than the SCC, indicating that the selection is more indicated than the crossing in round fish for cultivation in a closed system.

Key words: *Colossoma*. *Piaractus*. Hybrid. Selection. Crossing.

Introdução

O Brasil é o segundo maior produtor aquícola do continente americano, ficando apenas abaixo do Chile (FAO, 2015). A tilapicultura tem dominado o mercado da aquicultura, porém, devido a facilidade de cultivo, bom desempenho do crescimento e a qualidade nutricional da carne, (Kubitza, 2004), os peixes redondos, (espécies e híbridos dos gêneros *Colossoma* e *Piaractus*) possuem participação expressiva na produção e respondem pela maior parte das quase 76.000 toneladas estimadas para a região Centro-Oeste (ABPQ, 2014).

Em virtude da falta de programas de melhoramento genéticos para essas espécies, tem sido utilizado o cruzamento com objetivo de obter animais mais produtivos através da heterose e complementariedade (LUSH, 1964; HASHIMOTO et al., 2011; REIS NETO et al, 2012). Dentre as características fenotípicas avaliadas, o peso corporal destaca-se como o mais importante para o produtor, quanto para a indústria de processamento de pescado, pois a indústria remunera o produtor pelo peso corporal do animal (BOTERO et al., 2004). Além disso, em programas de melhoramento de peixes é considerada a principal característica a ser melhorada (WANG et al. 2014; NEIRA et al. 2016).

A hibridação em Serrasalminae tem sido realizada de forma desordenada em piscigranjas e sem orientação técnica. Alguns trabalhos avaliando o cruzamento dialélico entre essas espécies já foram realizados em viveiros escavados e em sistema fechado de recirculação, mostrando que pode haver interação entre o genótipo e o ambiente, (REIS NETO et al., 2012; COSTA, 2015; MOURAD; 2012). Já em tanque-rede, trabalhos avaliando esses cruzamentos são escassos na literatura científica.

Uma forma de avaliar o cruzamento entre espécies é por meio da análise dialélica. Através desta análise é possível estimar parâmetros genéticos úteis na seleção de genitores para a hibridação e no entendimento da natureza e magnitude dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres. Neste tipo de análise é quantificada

a variabilidade genética do caráter de interesse, avaliando a capacidade geral de combinação dos genitores e a capacidade específica (GRIFFING, 1956).

A capacidade geral de combinação representa o desempenho médio em cruzamento dos grupos utilizados nas combinações, permitindo identificar os genitores com capacidade para transmitir caracteres desejáveis à descendência, ou seja, proporcionam informações sobre magnitude dos efeitos gênicos aditivos e são de utilidade na indicação de genitores a serem usados em programas de melhoramento. Já a capacidade específica de combinação, refere-se aos casos em que as combinações apresentam desempenho acima ou abaixo do esperado com base no desempenho médio dos grupos genéticos envolvidos, possibilitando conhecer combinações específicas superiores e inferiores. Na CEC, são medidos os efeitos gênicos não aditivos, indicando a existência ou não de dominância unidirecional, epistasia e heterose, sendo que a heterose depende simultaneamente da presença de dominância alélica e divergência genética entre os materiais cruzados (GRIFFING, 1956).

A disponibilidade de estimativas dos parâmetros genéticos é essencial para o desenvolvimento de programas de melhoramento. Entretanto, esses parâmetros são característicos de cada população e podem sofrer alterações em consequência da seleção, das mudanças no manejo, dos métodos e modelos de estimação, entre outras causas. Sendo assim, é necessário que esses parâmetros sejam estimados em amostra representativa da raça para a qual o programa de seleção é elaborado. Dentre os parâmetros genéticos, a correlação genética é muito importante, pois estabelece a força da relação entre duas características, informando se uma delas pode ou não ser influenciada pelas decisões de seleção na outra (KARSBURG, 2003). Através da análise dialélica, é possível estimar os parâmetros para os indivíduos puros a partir dos indivíduos híbridos, ou seja, a partir dos resultados de CEC, é possível estimar os valores para CGC de animais puros.

Para avaliação do crescimento ponderal e morfométrico dos animais, vários modelos não lineares têm sido utilizados. Dentre as funções não lineares mais utilizadas, para ajustar as relações peso-idade, destacam-se as funções com três parâmetros, de Brody: $y_t = A(1 - Be^{-kt})$; von Bertalanffy: $y_t = A(1 - Be^{-kt})^3$; Logístico: $y_t = A(1 + e^{-kt})^{-M}$; Gompertz: $y_t = y_0 e^{L(1 - e^{-kt})/k}$, Richards: $y_t = A(-Be^{-kt})^M$ em que A é o peso assintótico ou peso máximo; B é uma constante de integração sem interpretação biológica, e a base do logaritmo natural; K a taxa de crescimento relativo ao peso máximo ou taxa de maturidade

e t o tempo (idade) (MAZZINI, 2001). O modelo exponencial: $y_i = A e^{K t}$, embora não seja indicado para um longo período de crescimento, seu uso na aquicultura é, relativamente, comum pela sua simplicidade, podendo descrever facilmente o crescimento de peixes com apenas pesos inicial e final, sendo A o peso inicial estimado, K a taxa de crescimento e T o tempo (idade) (GAMITO, 1998).

A avaliação do crescimento dos produtos gerados com o cruzamento pacu, pirapitinga e tambaqui ainda não foram devidamente estudados em tanques-rede, portanto, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o crescimento, predizer as capacidades combinatórias (geral e específica) e estimar as correlações fenotípicas, genéticas e ambientais dos produtos gerados com o processamento em Serrasalmídeos em tanques-rede.

Material e métodos

Local e período experimental

A pesquisa foi realizada na Estação de Piscicultura da Universidade Federal de Goiás, Campus Goiânia, durante o período de 141 dias.

Experimento

Foram utilizados 40 exemplares de juvenis das seguintes espécies: Patinga (♀pacu x ♂pirapitinga), tambacu (♀tambaqui x ♂pacu) e tambatinga (♀tambaqui x ♂pirapitinga). Os animais tinham peso médio de 100 gramas e 30 dias de idade, os quais foram anestesiados com 60 mg de benzocaina por litro de água, identificados com microchips para identificação individual “Animal Tag” e distribuídos aleatoriamente em cinco tanques-rede com volume útil de 1 m³, sendo colocados oito animais de cada grupo genético em cada tanque-rede.

Durante o período de experimento, os animais foram alimentados até a saciedade aparente duas vezes ao dia com ração comercial extrusada. A temperatura e oxigênio dissolvido foram aferidos duas vezes ao dia, na parte da manhã e no final da tarde, com ajuda de um termômetro e oxímetro (Oxímetro AT 150). Os parâmetros de amônia e nitrito foram observados semanalmente, sendo as análises realizadas com reagentes do Alfa Kit.

A cada 35 dias, os animais foram anestesiados com 60 mg de benzocaína por litro de água, posteriormente foi feita a leitura dos microchips com o leitor de microchip e então foram pesados para acompanhamento do crescimento aos 70, 105 e 141 dias de cultivo.

Análise dos Dados

Curva de Crescimento Ponderal

Para a avaliação do crescimento ponderal dos diferentes genótipos em função da idade, os dados de pesos corporais de cada amostragem, foram submetidos à análise de regressão não linear, sendo testados os modelos de crescimento Exponencial, Brody, Von Bertalanffy, Gompertz, Richards e Logístico. O melhor modelo foi escolhido mediante a comparação do Critério de Akaike. Os parâmetros dos modelos foram submetidos à análise dialética.

Análise Dialética

Os dados obtidos dos pesos nas avaliações e os parâmetros do modelo ajustados foram previamente submetidos à análise de variância, considerando o modelo $Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$, em que, Y_{ij} é a observação j do tratamento i ; μ , o efeito da média; T_i , o efeito do i -ésimo tratamento e e_{ij} o efeito do erro experimental. As estimativas dos efeitos das capacidades gerais e específicas de combinação dos genitores foram obtidas utilizando a metodologia proposta por Griffing (1956), para análise de dialelos com genitores, F1's e F1's recíprocos. A análise de variância do dialelo foi realizada conforme o esquema apresentado por Cruz e Regazzi (1997). Utilizando o modelo: $Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + \epsilon_{ij}$ onde, Y_{ij} é a média do híbrido ($i \neq j$) ou do genitor ($i = j$); μ é a média geral do dialelo; g_i e g_j são os efeitos da capacidade geral de combinação do i -ésimo ou do j -ésimo progenitor; s_{ij} é o efeito da capacidade específica de combinação para o cruzamento entre os genitores de ordem i e j e ϵ_{ij} o erro experimental.

Correlações

Foram estimadas as correlações genéticas, fenotípicas e ambientais entre os pesos dos animais nas diferentes amostragens conforme Damião Cruz (2013). As análises de dados foram realizadas por meio do software R (DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010).

Resultados e discussão

Qualidade da água

Durante o período experimental, as concentrações médias de oxigênio dissolvido foram de 5,7 mg/L, variando de 4,16 mg/L no período da manhã a 7,85 mg/L no período da tarde. Os valores de oxigênio dissolvido encontrados no presente estudo estão dentro da faixa considerada para cultivo para peixes tropicais conforme Sipaúba-Tavares (1994) e Ostrensky & Boeger (1998) que recomendam entre 4 e 6 mg/L.

O pH variou de 6,4 a 7,2, sendo o valor médio durante todo o cultivo de 6,9. O pH observado também esteve dentro da faixa ideal para cultivo de peixes conforme Kubitzka (2011), que descreve valores adequados de pH entre 6,5 e 8,5 e Sipaúba-Tavares (1994) e Ostrensky & Boeger (1998), sugerem a faixa de pH de 6 a 8.

A temperatura variou de 26°C pela manhã e 32°C no período da tarde. Os valores observados para a temperatura, estão de acordo com Kubitzka (2004) que sugere para peixes redondos temperaturas entre 27-30°C.

O valor médio encontrado para amônia foi de 0,025 mg/L e o valor de nitrito encontrado foi de 0,001 mg/L. Estes valores estão dentro da faixa considerada para cultivo que são de até 0,5mg/L para amônia e de 0,5 mg/L e 0,3 mg/L para nitrito (EMBRAPA, 2009; KUBITZA, 2011; OSTRENSKY & BOEGER, 1998;)

Curva de Crescimento

O modelo exponencial foi o único modelo que ajustou para descrever o crescimento dos grupos genéticos, podendo ser ilustrado na Figura 1. O modelo exponencial também tem sido o modelo mais indicado para descrever o crescimento do peso e das medidas morfométricas para outras espécies de peixes na fase inicial, ou seja, antes do animal atingir o peso assintótico (ALLAMAN et al. 2013; ALLAMAN et al. 2014). Estes trabalhos avaliam os valores fenotípicos e ainda não há estudos verificando os valores genotípicos, ou seja, o tipo de ação gênica aditiva e não aditiva e seus efeitos para os parâmetros da curva de crescimento.

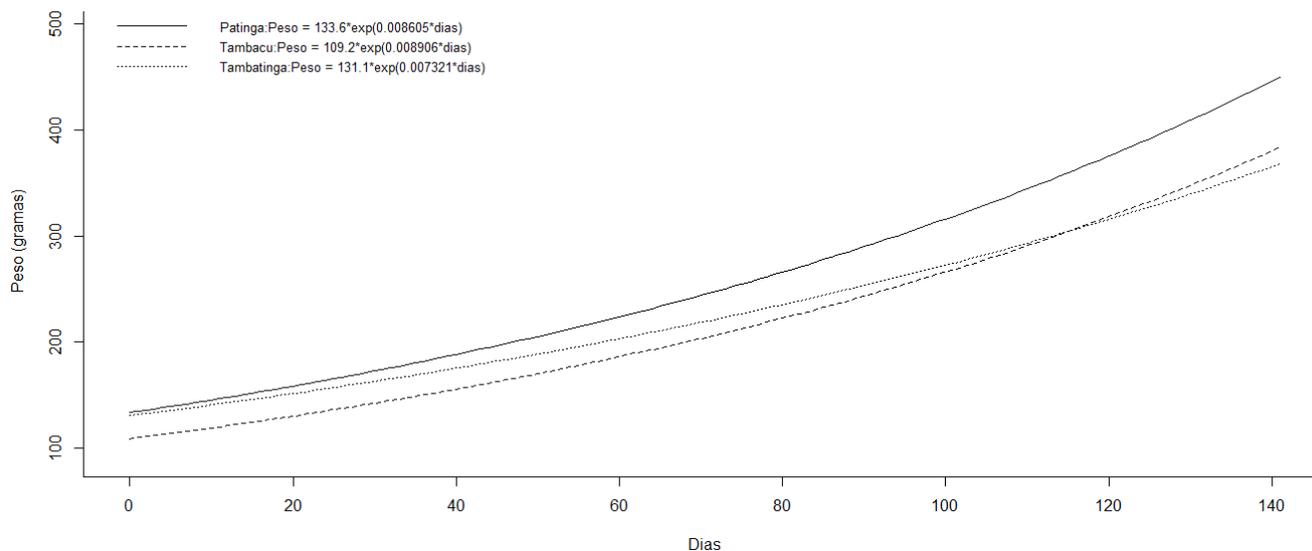


Figura 1. Modelo exponencial ajustado para o peso corporal (gramas) em função dos dias de cultivo dos grupos genéticos: Patinga, tambacu e tambatinga.

Na Tabela 1, estão apresentadas as capacidades gerais de combinação (CGC) dos parâmetros “a” e “k” do modelo exponencial para o peso corporal em função da idade. Pôde-se observar que o Tambaqui apresentou o menor valor de “a” (-4,48) e o segundo menor valor de velocidade de crescimento (-0,00016). A pirapitinga apresentou o maior valor de “a” (7,72) porém apresentou o menor valor para a velocidade de crescimento (-0,00031). Já o pacu, apresentou valor negativo para “a” (-3,23) e valor positivo para velocidade de crescimento (0,000478). Essa relação inversa entre “a” e “k” também foi constatada por Santos et al. (2013) avaliando o crescimento de linhagens de tilápias através do modelo exponencial, indicando que quanto maior o valor de “a”, menor será o valor de “k”.

Tabela 1. Estimativas dos parâmetros (“a” e “k”) para os valores de CGC

Grupo genético	a	k
pacu	-3,23 (± 2,03)	0,00047 (± 0,00009)
pirapitinga	7,72 (± 2,67)	-0,00031 (±0,00010)
tambaqui	-4,48 (± 2,25)	-0,00016 (±0,00009)

Em pacu, paqui (♀pacu x ♂tambaqui), tambacu (♀tambaqui x ♂pacu) e tambaqui avaliados em viveiro escavado por meio de modelo logístico, constatou-se uma relação inversa entre o peso assintótico e a taxa de maturidade, mostrando que os animais que

possuem grande peso adulto crescem a uma taxa relativamente menor que os animais de menor peso adulto (CARRIJO e DUARTE, 1999; FREITAS, 2005).

Os resultados desse trabalho indicam que o pacu apresenta maior velocidade de crescimento que a pirapitinga e o tambaqui, sendo esta uma das principais características consideradas em programa de melhoramento (LOZANTO et al., 2014; NEIRA et al., 2016). Dessa forma, o pacu apresenta maior resposta a seleção que as demais espécies, com relação a taxa de crescimento para as condições de cultivo consideradas no presente trabalho.

Em relação às capacidades específicas de combinação para os parâmetros do modelo exponencial, a patinga (♀pacu x ♂pirapitinga) apresentou maior valor de “a” (4,48) seguido da tambatinga (3,23) e o menor valor foi observado pelo tambacu (-7,72) (Tabela 2). O maior valor para velocidade de crescimento (k) foi encontrado para a tambacu (♀tambaqui x ♂pacu) 0,00031 seguido da patinga (♀pacu x ♂pirapitinga) e o menor valor foi observado para tambatinga (♀tambaqui x ♂pirapitinga) (k) 0,00047 (Tabela 2).

Tabela 2 Estimativas dos parâmetros (“a” e “k”) para os valores de CEC

Grupo	a	k
patinga	4,48 (± 2,25)	0,00016 (± 0,00009)
tambacu	-7,72 (± 2,67)	0,00031 (± 0,00010)
tambatinga	3,23 (± 2,03)	-0,00047 (± 0,00009)

Os resultados indicam que os híbridos patinga (♀pacu x ♂pirapitinga) e tambatinga (♀tambaqui x ♂pirapitinga) são os mais indicados para cultivo em tanques-rede. Embora o tambaqui tenha apresentado valor negativo de CGC para o parâmetro **k**, o híbrido tambacu (♀tambaqui x ♂pacu) apresentou valor positivo de CEC para **k**, e está de acordo com Soares et al. 2005 que relatou que a combinação mais favorável (maior CEC), é obtida em grupos genéticos divergentes em que pelo menos um dos genitores tenha a maior CGC, que neste trabalho foi observado pelo pacu.

Em tanque escavado observou-se que o híbrido tambacu (♀tambaqui x ♂pacu) apresentou maiores valores de **k** do que o híbrido paqui (♀pacu x ♂tambaqui), indicando que há efeito do híbrido e do recíproco, que não foi avaliado nesse trabalho (MOURAD, 2012).

Peso corporal

Em relação à CGC para o peso corporal aos 70, 105 e 141 dias de cultivo, observou-se que para as duas primeiras avaliações (70 e 105 dias) a pirapitinga foi o grupo genético que obteve valores maiores de CGC para o peso corporal seguido do pacu e por último o tambaqui, sendo que estes apresentaram valores negativos na primeira avaliação (Tabela 3). Na segunda avaliação (105 dias), observou-se que o pacu apresentou valor positivo de CGC e o tambaqui manteve-se negativo.

Tabela 3. Capacidade Geral de Combinação para o peso corporal durante o período experimental

Grupo	Dias		
	70	105	141
Pacu	-1,33 ($\pm 3,45$)	5,33 ($\pm 3,57$)	18,5 ($\pm 4,02$)
Pirapitinga	15,17 ($\pm 4,28$)	12,83 ($\pm 4,35$)	4,5 ($\pm 4,41$)
Tambaqui	-13,83 ($\pm 3,72$)	-18,17 ($\pm 3,88$)	-23 ($\pm 4,25$)

Na terceira avaliação (141 dias) observou-se uma mudança no ranqueamento das CGC entre os grupos genéticos pacu e pirapitinga, sendo ambos positivos. O tambaqui por sua vez, apresentou valores negativos de CGC.

Os resultados apresentados neste trabalho indicam que as CGC's para o peso corporal dos grupos genéticos avaliados variam ao longo do tempo, e também foi observado por Oliveira et al. (2015) quando avaliaram geneticamente tilápias do Nilo e observaram que os valores genéticos preditos para os animais no último ano de cultivo, foram superiores aos dos demais anos e também relataram maior incremento dos valores genéticos ao longo dos anos de seleção, com taxas anuais de mudanças para peso.

Os resultados desse trabalho mostram que o pacu e a pirapitinga são as espécies com maior potencial de seleção para o peso corporal, pois apresentaram valor genético (CGC) positivo, com destaque para o pacu que aumentou este valor durante o decorrer do período de avaliação. A pirapitinga, apesar de ter apresentado valores altos e positivos (CGC), apresentou diminuição desse valor ao longo do tempo. O tambaqui é o grupo genético que menos contribui para a expressão da característica peso corporal em todas as avaliações, e indica ser a pior espécie para realizar um programa de melhoramento para o peso corporal.

Reis Neto et al. (2012) avaliando o cruzamento dialélico completo entre pacu e tambaqui em viveiro escavado, observaram que o tambaqui apresentou maiores valores

de peso corporal que o pacu. Embora o mesmo autor não tenha avaliado CGC, seus resultados evidenciam que o tambaqui tem maior valor genético que o pacu para o peso corporal para as condições ambientais consideradas no estudo. Isto evidencia uma possível interação entre o genótipo e o ambiente.

O tambaqui por ser uma espécie amazônica, possui melhor desenvolvimento e processo digestivo em temperaturas entre 29 a 31°C (Kubitza, 2004), sendo que durante o período experimental a temperatura oscilou e sua média foi abaixo da faixa ideal para cultivo. Devido a isso, o tambaqui apresentou os menores valores de CGC para peso corporal, supostamente pelas oscilações de temperatura que fizeram com que os grupos genéticos formados com este genitor tivessem menor desempenho que o formado por pacu e pirapitinga.

Os meses de experimento coincidiram com o período das chuvas na região Centro-Oeste, e explica a variação de temperatura durante este período. Diniz (2016) relata que essa espécie cresce menos na cheia pelo fato que não possuem reguladores de temperatura. As enzimas dos peixes, para trabalharem mais, precisam de calor, pois quanto mais calor maior será a atividade das enzimas que incorporam aminoácidos no músculo.

A pirapitinga, embora menos estudada em relação às demais espécies avaliadas neste trabalho, apresentou valores altos e positivos para peso corporal. Neto et al. 2011 relatou em sistema de recirculação que a espécie possui ótimo crescimento, sugerindo ser uma espécie indicada em programas de seleção a fim de obter ganho de peso, por possuir também alto rendimento de carcaça, apresenta como pontos fortes, a qualidade e o sabor da carne e apresenta coloração avermelhada que é um atrativo importante (FRESNEDA et al., 2004; MORA, 2005).

Em relação à CEC, o híbrido patinga (♀pacu x ♂pirapitinga) foi o grupo genético que apresentou maior valor (positivo) em todas as avaliações para peso corporal. Os híbridos tambacu (♀tambaqui x ♂pacu) e tambatinga (♀tambaqui x ♂pirapitinga) apresentaram valores menores em todas avaliações, sendo que o tambacu apresentou valores piores para as avaliações aos 70 e 105 dias e a tambatinga apresentou o pior valor na última avaliação (141 dias) (Tabela 4).

Tabela 4. Capacidade Geral de Combinação para o peso corporal durante o período experimental

Grupo	Dias		
	70	105	141
Patinga	13,83 ($\pm 4,28$)	18,17 ($\pm 3,88$)	23,00 ($\pm 4,25$)
Tambacu	-15,17 ($\pm 4,28$)	-12,83 ($\pm 4,35$)	-4,50 ($\pm 4,41$)
Tambatinga	1,33 ($\pm 3,45$)	-5,33 ($\pm 3,57$)	-18,50 ($\pm 4,02$)

A combinação da resistência à variações de temperatura do pacu com o alto índice de ganho de peso da pirapitinga, resultou no híbrido patinga (♀pacu x ♂pirapitinga) que apresentou melhor resultado que os demais, para todas as épocas de avaliação. Costa (2015) relatou que em sistema fechado de recirculação com temperatura mantida a 28°C, as espécies tambaqui e pacu, e o híbrido F1_{pirapitinga x tambaqui} apresentaram CEC's positivas para todas as características morfométricas, para os pesos dos produtos gerados com processamento, para o peso aos 495 dias de idade e para o ganho em peso, já a pirapitinga e seus híbridos e para o pacu e o tambaqui, apresentaram valores negativos, indicando possível interação entre o genótipo e o ambiente.

O híbrido tambacu (♀tambaqui x ♂pacu) mostrou ser o grupo genético menos importante para o peso corporal para as condições de cultivo do presente estudo. Entretanto, o tambacu (♀tambaqui x ♂pacu) é o híbrido de grande importância econômica na aquicultura brasileira por ser o mais produzido, sendo amplamente apreciado como peixe esportivo. Além disso, apresenta maior resistência ao estresse e doenças parasitárias se comparado com as espécies puras como o pacu e tambaqui (MARTINS et al., 2002; TAVARES-DIAS et al., 2007).

Reis Neto et al. (2012) avaliando o desempenho e características morfométricas de peixes redondos observou que o híbrido tambacu (♀tambaqui x ♂pacu) apresentou maior peso corporal do que demais grupos genéticos como o tambaqui, paqui (♀pacu x ♂tambaqui) e pacu, porém, foi um dos piores para os rendimentos de carcaça, filé e costela.

Correlações fenotípicas, ambientais e genéticas

Observou-se correlações fenotípicas e genéticas fortes entre a primeira e a segunda avaliação e entre a segunda e a terceira avaliação, sendo de 0,88 e 0,92 para fenotípicas e de 0,9 e 0,97 para as genéticas. Já entre a primeira e a terceira avaliação essas correlações foram moderadas (Tabela 5).

Tabela 5. Correlações fenotípicas, ambientais e genéticas

Correlações	Fenotípicas	Ambientais	Genéticas
-------------	-------------	------------	-----------

	105	141	105	141	105	141
70	0,88	0,65	0,68	0,64	0,9	0,66
105	-	0,92	-	0,73	-	0,97

As correlações fenotípicas, genéticas e ambientais foram todas positivas sugerindo que as variações ambientais e genéticas podem influenciar na determinação dos caracteres por meio dos mecanismos fisiológicos, ou seja, de acordo com as condições adequadas de alimentação, qualidade e temperatura de água, isso refletirá na determinação das características fenotípicas do animal, isto porque as bases teóricas para explicar as correlações genéticas entre características residem no fato de que genes comuns podem ter ações em várias expressões fenotípicas (TURRA et al. 2010).

As correlações fenotípicas foram menores que as correlações genéticas para todas as avaliações. Rutten et al. (2005a) avaliando geneticamente o rendimento de filé em tilápias do Nilo, também observaram correlações genéticas maiores que as fenotípicas. Partindo do pressuposto que a correlação fenotípica é expressa pela correlação genética juntamente com a correlação ambiental, os valores observados estão simultaneamente de acordo entre si, pois, à medida que as correlações genéticas e ambientais apresentaram valores baixos, a correlação fenotípica também apresentava menor valor e quando a correlação fenotípica expressou maior valor as outras correlações também apresentaram.

A correlação entre caracteres, que pode ser diretamente medida é a fenotípica (Falconer, 1981), sendo que essa correlação possui causas genéticas e ambientais. Entretanto, só as causas de origem genéticas envolvem uma associação de natureza herdável, podendo, por conseguinte, ser utilizada na orientação de programas de melhoramento (CRUZ; REGAZZI, 1997).

As altas correlações genéticas obtidas no presente trabalho são indicativas de que grande parte dos genes de ação aditiva que influencia a característica de ganho em peso diário, também influencia positivamente as demais características avaliadas. A mesma resposta ocorre entre as outras associações analisadas; desse modo, a seleção para qualquer uma dessas características deve resultar em progresso genético nas demais.

Os resultados indicam que quanto mais próximas as avaliações, maiores serão as correlações genéticas e fenotípicas, pois à medida em que há a expressão dos genes no animal, haverá também a caracterização fenotípica de acordo com o seu crescimento ou ganho de peso e se essas avaliações forem distantes uma das outras, talvez haja uma interferência ambiental que impedirá esses genes de se expressarem melhor.

Rocha et al. (2002) avaliando parâmetros de crescimento em carpa húngara, encontraram valores de 0,83 de correlação fenotípica para peso corporal aos 120 e 180 dias de cultivo. Oliveira et al (2015) avaliando características de peso à despesca e ganho de peso diário de tilápias do Nilo encontraram valores de 0,98 e 0,97 respectivamente para as correlações genéticas e fenotípicas, indicando assim forte associação entre as características.

A alta correlação genética entre as avaliações indica que é possível realizar seleção mais precocemente para o peso corporal. Isso se explica, pelo fato de que o conjunto de genes representado para essa característica, possui valor expressivo e supostamente será mantido com o passar do tempo. Tendo em vista que o ganho de peso corporal é uma das principais características econômicas, essa alta correlação genética possibilitaria a indicação de determinadas espécies para o melhoramento, conforme observado por Rutten et al. (2005a) em que encontram correlação genética de 0,99 entre peso de filé e peso corporal em tilápias, sugerindo retornos econômicos maiores para a cadeia produtiva.

Reis Neto et al. (2014) avaliando medidas morfométricas em tilápia encontraram correlação genética de 0,8 até 0,98 entre volume e área de corpo, sugerindo que as características morfométricas são controladas pelo mesmo conjunto de genes e que seria desnecessário o uso de todas as medidas em um programa de seleção.

Nguyen et al. (2007) avaliando rendimentos corporais para tilápia do Nilo relataram correlação genética de 0,94 a 0,97 e também chegaram às mesmas conclusões sendo desnecessário o uso de todas as medidas em um programa de seleção.

A correlação genética é utilizada para a seleção em programas de melhoramento, visto que é a correlação que junto com a correlação ambiental vai expressar o fenótipo, sendo assim, para as correlações observadas no presente trabalho, poderia ser utilizada não somente a genotípica, mas também a ambiental e fenotípica, pois as mesmas estão correlacionadas entre si, apresentando menor e maior valor na mesma época.

As correlações ambientais foram menores que as correlações genéticas, sugerindo assim que o ambiente talvez tenha pouca influência na característica dos genes, ou seja, variações ambientais não influenciam tanto as espécies como a expressão dos genes sobre elas. Silva Filho et al (1999) avaliando as mesmas correlações em frutos de Cubiu também relataram correlações genéticas com valores superiores às fenotípicas e ambientais, indicando que o ambiente teve menor influência que o genótipo.

Embora as correlações ambientais tenham sido menores que as demais correlações, as mesmas foram todas positivas, indicando que o peso corporal nos diferentes tempos de avaliações é beneficiado ou prejudicado pelas mesmas causas das variações ambientais.

Variâncias das capacidades combinatórias, residual e fenotípica

Observou-se que a contribuição da CGC na variância fenotípica foi maior que a CEC em todas as avaliações para o peso corporal (70, 105 e 141 dias) e para os parâmetros do modelo exponencial (“a” e “k”) mostrando que a parte aditiva influencia mais que a não aditiva no fenótipo (Tabela 6). Dessa forma, a seleção é mais eficaz que o cruzamento para estas variáveis em tanques-rede.

Tabela 6 Variâncias da CGC, CEC, residual e fenotípica e a proporção das variâncias da CGC e CEC em relação fenotípica para as características avaliadas

Variáveis	CGC	CEC	Residual	Fenotípica	% CGC	% CEC
A	208.05	127,14	50,10	385,287	0.54	0.33
K	0,00033	0,00023	0,00005	0,00061	0.55	0.38
Peso aos 70 dias	43814	29490	73304	84257	0,52	0,35
Peso aos 105 dias	49118	39294	9823	98235	0,50	0,40
Peso aos 141 dias	56708	38856	9451	105015	0,54	0,37

Como os valores foram altos para CGC, os grupos que poderiam ser utilizados para seleção são pacu e a pirapitinga. Vários trabalhos já têm demonstrado que são espécies que possuem rápido crescimento e bom desenvolvimento com relação às características de desempenho e morfométricas.

Conclusão

O pacu apresentou maior velocidade de crescimento que a pirapitinga e o tambaqui, sendo assim, apresenta maior resposta a seleção para taxa de crescimento. Os híbridos patinga e tambatinga apresentaram maior taxa de crescimento com relação ao tambacu.

Com relação ao peso corporal, a pirapitinga foi o grupo que apresentou maior valor para CGC, e para a CEC, o híbrido patinga apresentou maior valor que os demais grupos. Embora o híbrido tambacu tenha sido o de menor valor pra CEC, outros trabalhos já mostraram que essa espécie possui ganho de peso maior quando comparada com seus progenitores.

As correlações fenotípicas, ambientais e genéticas foram positivas para todas as amostragens. A correlação genética se mostrou mais alta que as demais, sugerindo que é possível realizar seleção mais precocemente para o peso corporal, pelo fato de que o conjunto de genes representado para essa característica, possui valor expressivo e supostamente será mantido com o passar do tempo.

A contribuição da CGC na variância fenotípica foi maior que a CEC, sendo assim, os grupos que poderiam ser utilizados para seleção são pacu e a pirapitinga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAMAN, I. B.; REIS NETO, R. V.; FREITAS, R. T. F.; ROSA, P. V.; LAGO, A. A.; COSTA, A. C. Deposição de componentes químicos corporais na carcaça de estirpes de tilápias (*Oreochromis sp.*) **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.38, n.5, p.487-496, set./out., 2014.

ALLAMAN, I.B.; REIS NETO, R.V.; FREITAS, R.T.F.; FREATO, T.A.; LAGO, A.A.; COSTA, A.C.; LIMA, R.R. 2013. Weight and morphometric growth of different strains of tilapia (*Oreochromis sp.*) **Revista Brasileira de Zootecnia** 42:305-311.

ARANGO, J.A.; VAN VLECK, L.D. Size of beef cows: early ideas, new developments. **Genetics Molecular Research**, v.1, p.51-63, 2002.

ARAÚJO-LIMA, C. A. R. M.; GOMES, L. C. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: BALDISSEROTO, B.; GOMES, L. C. (Org.). **Espécies nativas para a piscicultura no Brasil**. Santa Maria : UFSM, 2005. cap 8, p.175-202.

BOTERO, M. et al. Descripción Del desarrollo embrionario de zigotos híbridos obtenidos por El cruce de machos de Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*) y hembras de Cachama Negra (*Colossoma macropomum*). **Revista Colombiana de Ciencias Pecuárias.**, Medellín, v. 17, p. 38-45, 2004.

BRASIL. ASSOCIACAO CULTURAL E EDUCACIONAL BRASIL – ACEB. **1º ANUÁRIO BRASILEIRO DA PESCA E AQUICULTURA**. Itajaí, 2014. 43p.

CARRIJO, S.; DUARTE, F. A. Description and comparison of growth parameters in Chianina and Nelore cattle breeds. **Genet. Mol. Biol.** 1999, vol.22, n.2, pp.187-196. ISSN 1415-4757

COSTA, A. C. **Modelos mistos de mistura na imputação de parentesco genético em espécies de serrasalminae e predição das capacidades combinatórias**. Tese

(Doutorado em Produção e Nutrição de Não Ruminantes), Universidade Federal de Lavras, MG, 2015.

CRUZ, C.D., REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. 390 p

DAMIÃO CRUZ, C. Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético - Vol.1. **Ed: UFV - UNIV. FED. VIÇOSA**, 2013.

DE MELLO, F. OLIVEIRA, C. A. L., RIBEIRO, R. P, RESENDE, E. K., A. POVH, J. A., FORNARI, D. C, BARRETO, R. V., MCMANUS, C., STREIT JR, D. Growth curve by Gompertz nonlinear regression model in female and males in tambaqui (*Colossoma macropomum*). An. **Acad. Bras. Ciênc.** vol.87 no.4 Rio de Janeiro Oct./Dec. Epub Nov 27, 2015.

DINIZ, D. http://www.ufopa.edu.br/divulgacao_cientifica/calor-ajuda-no-desenvolvimento-do-tambaqui-de-cativeiro. Acesso em 10 de Abril de 2017.

EKNATH, A.E.; BENTSEN, H.B.; PONZONI, R.W.; RYE, M.; NGUYEN, N.H.; THODESEN, J.; GJERDE, B. Genetic improvement of farmed tilapias: composition and genetic parameters of a synthetic base population of *Oreochromis niloticus* for selective breeding. **Aquaculture**, v.273, p.1-14, 2007.

ENGELSING, M. J.; ROZZETTO, D. S.; COIMBRA, J. L. M.; ZANIN. C. G.; GUIDOLIN, A. F. Capacidade de combinação em milho para resistência a *Cercospora zaeae-maydis*. **Rev. Ciênc. Agron.** 2011, vol.42, n.1, pp.232-241. ISSN 1806-6690.

FALCONER DS, MACKAY TFC. Introduction to quantitative genetics. **4.ed. Harlow, UK: Pearson Education**, 1996.

FREITAS, A. R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 786-795, maio/jun. 2005.

FRESNEDA A.; LENIS G.; AGUDELO E.; OLIVERA-ÁNGEL M. Espermiación inducida y crioconservación de semen de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**. v.17, p.46-52, 2004.

GAMITO, S. Growth models and their use in ecological modelling: an application to a fish population. **Ecological Modelling**, v. 113, n. 1-3, p. 83-94, 1998.

GJEDREM, T.; ROBINSON, N.; RYE, M. The importance of selective breeding in aquaculture to meet future demands for animal protein: a review. **Aquaculture**, v.350-353, p.117-129, 2012.

GJERDE, B., VILLANUEVA, B., BENTSEN, H. B. 2002. Opportunities and challenges in designing sustainable fish breeding programs. Proc. **7th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod.**, Montpellier, FR.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, East Melbourn, v. 9, n. 4, p.463-493, 1956.

HASHIMOTO, D. T., MENDONÇA, F. F., SENHORINI, J. A., OLIVEIRA, C., FORESTI, F., PORTO-FORESTI, F. Molecular diagnostic methods for identifying Serrasalmid fish (Pacu, Pirapitinga, and Tambaqui) and their hybrids in the Brazilian aquaculture industry. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 321, n. 1/2, p. 49-53, 2011.

IBAMA, 2007. **Estatística da Pesca 2007**: Brasil—Grandes regiões e unidades da Federação. 113 pp.

KUBITZA, F. Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do tambaqui, do pacu e de outros peixes redondos. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 82, p. 49-55, 2004.

KUBITZA, F. Tambaqui, pacu e híbridos: Uma revisão pra lá de completo de todo o manejo. **Panorama da Aqüicultura**, v.14, n.82, 2004.

LAGO, A. **Retrocruzamento entre as variedades de *Oreochromis niloticus* Red Stirling e Chitralada**. Tese (Doutorado em Produção e Nutrição de Não Ruminantes), Universidade Federal de Lavras, MG, 2014.

LIZAMA, M. L. A. P., TAKEMOTO, R. M. Relação entre o padrão de crescimento em peixes e as diferentes categorias tróficas: uma hipótese a ser testada. **Acta Scientiarum** 22(2):455-463, ISSN 1415-6814, Maringá, PR, 2000.

LOVSHIN, L.L. 1995. The colossomids. In C.E. Nash and A.J. Novotny (eds.) World animal science: production of aquatic animals: fishes. **Elsevier Science**, Amsterdam, The Netherlands. 153-159.

LUSH, J.L. **Melhoramento Genético dos Animais Domésticos**. Rio de Janeiro, USAID, 1964. 570p.

MARTINEZ, C. A. P.; CRISTINA, C. S.; ROSS, L. G. The effects of water temperature on food intake, growth and body composition of *Cichlasoma urophthalmus* (Güter) juveniles. **Aquaculture Research**, v. 27, n. 6, p. 455-461, 1996.

MARTINS, M.L.; F.R. MORAES; R.Y. FUJIMOTO; D.T. NOMURA AND J. FENERICK JR. 2002. Respostas do híbrido tambacú (*Piaractus mesopotamicus* HOLMBERG, 1887 macho X *Colossoma macropomum* CUVIER, 1818 fêmea) a estímulos simples ou consecutivos de captura. **Boletim do Instituto de Pesca** 28(2): 195-204.

MOREIRA, H. L. M.; VARGAS, L.; RIBEIRO, R. P.; ZIMMERMANN, S. **Fundamentos da moderna aqüicultura**. Canoas: ULBRA, 2001. 200p.

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

OLIVEIRA, C. A. L.; YOSHIDA, G. M.; OLIVEIRA, S. N.; KUNITA, N. M.; SANTOS, A. I.; FILHO, L. A.; RIBEIRO, R. P. Avaliação genética de tilápias-do-nilo durante cinco anos de seleção. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.50, n.10, p.871-877, out. 2015.

PONZONI, R. W. Genetic improvement effective dissemination: Keys to prosperous and sustainable aquaculture industries. IN: PONZONI, R. W.; ACOSTA, B. O.; PONNIAH, A. G. **Development of aquatic animal genetic improvement and dissemination programs**. Malaysia. Worldfish Center, 2006. p.1-6.

QUINTON, C. D., MCMILLAN, I., and GLEBE, B. D.. 2005. Development of an Atlantic salmon (*Salmo salar*) genetic improvement program: Genetic parameters of harvest body weight and carcass quality traits estimated with animal models. **Aquaculture** 247:211.-217.

REIS NETO, R.V., SERAFINI, M. A., FREITAS, R. T. F., ALLAMAN, I. B., MOURAD, N. M. N., LAGO, A. A. Performance and carcass traits in the diallel crossing of pacu and tambaqui. **Brazilian Journal of Animal Science**. v. 41, p. 2390-2395, 2012a.

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

RUTTEN MJM, BOVENHUIS H, KOMEN H. Genetic parameters for fillet traits and body measurements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture**, v.246, p.125-132, 2005a.

SANTOS, V. B.; YOSHIHARA, E.; FREITAS, R. T. F.; REIS NETO, R. V. Exponential growth model of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains considering heteroscedastic variance. **Aquaculture**, v. 274, n. 1, p. 96-100, 2008.

SANTOS, V.B., FREITAS, R. T. F., SILVA, F. F., FREATO, T. A. Avaliação de curvas de crescimento morfológico de Linhagens de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência Agrotecnologia**. Lavras, v. 31, n. 5, p. 1486-1492, set./out. 2007.

SILVA FILHO, D. F.; ANDRADE, J. S.; CLEMENT, C. R.; MACHADO, F. M.; NODA, H. CORRELAÇÕES FENOTÍPICAS, GENÉTICAS E AMBIENTAIS ENTRE DESCRITORES MORFOLÓGICOS E QUÍMICOS EM FRUTOS DE CUBIU (*Solanum sessiliflorum* DUNAL) DA AMAZÔNIA. **Acta Amazonica** 29(4): 503-511. 1999.

TAVARES-DIAS, M.; F.R. MORAES; E.M. ONAKA AND P.C.B. REZENDE. 2007. Changes in blood parameters of hybrid tambacú fish parasitized by *Dolops carvalhoi* (Crustacea, Branchiura), a fish louse. **Veterinarski Arhiv** 77 (4): 355-363.

TURRA, E. M.; Oliveira, D.A.A.; Teixeira, E.A.; Prado, S.A.; Melo, D.C.; Sousa, A.B. Uso de medidas morfológicas no melhoramento genético do rendimento de filé da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, Belo Horizonte, v.34, n.1, p.29-36.

TURRA, E. M.; FERNANDES, A. F. A.; ALVARENGA, E. R. Ferramentas para o melhoramento genético de peixes em águas interiores. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 10, 2013, Uberaba. **Anais...** Uberaba: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2013.

**Interspecific dialectic crossing between pacu (*Piaractus mesopotamicus*),
pirapitinga (*Piaractus brachypomum*) and tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a
closed system**

**Cruzamento dialético interespecífico entre pacu (*Piaractus mesopotamicus*),
pirapitinga (*Piaractus brachypomum*) e tambaqui (*Colossoma macropomum*) em
sistema fechado de recirculação**

Adriano Carvalho Costa^{1*}

Maiza de Oliveira Soares²

Marcio Balestre³

Rilke Tadeu Fonseca de Freitas⁴

Sérgio Augusto de Sousa Campos⁵

Fábio Porto Foresti⁶

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the cross-breeding of Serrasalmídeos in a closed recirculation system using non-linear models, estimating the combinatorial capacities for the model parameters. It was carried out at the Fishery Station of the Federal University of Lavras, with a duration of 465 days, in the water recirculation laboratory. Twelve juveniles of pacu, pirapitinga, tambaqui, patinga, paqui, piraqui, tambacu and tambatinga with an average weight of 50 grams and 20 days of age were purchased. The animals were fed three times daily until they reached 100 grams of live weight and twice daily after this weight range. Every 35 days, they were desensitized with 60 mg of benzocaine per liter of water, being weighed and returned to the culture system. Data analysis was performed by fitting nonlinear models. It was observed that the exponential model was the best model to explain the growth of genetic groups. By diallel analysis, it was observed that the genetic group tambaqui presented positive value of CGA for parameter (a) and negative value for (k), pacu presented negative values for both. In relation to SCC, tambaqui and patinga hybrid were the only groups that presented positive values for weight estimation (a), and for growth rate (k). Regarding the variances of the combinatorial capacities, it was observed that CGA was higher than SCC, indicating that the selection is more indicated than the crossing in round fish for cultivation in a closed system.

INDEX TERMS: Crossing. Exponential. Selection.

RESUMO: O trabalho objetivou-se avaliar o cruzamento de Serrasalmídeos em sistema fechado de recirculação por meio de modelos não lineares, estimando as capacidades combinatórias para os parâmetros do modelo. Foi realizado na Estação de Piscicultura da Universidade Federal de Lavras, com duração de 465 dias, no laboratório de recirculação de água. Foram adquiridos 12 juvenis de pacu, pirapitinga, tambaqui, patinga, paqui, piraqui, tambacu e tambatinga com peso médio de 50 gramas e 20 dias de idade. Os animais foram alimentados três vezes ao dia até atingirem 100 gramas de peso vivo e duas

vezes ao dia após esta faixa de peso. A cada 35 dias, foram insensibilizados com 60 mg de benzocaína por litro de água, sendo pesados e devolvidos ao sistema de cultivo. A análise dos dados foi feita pelo ajuste dos modelos não lineares. Observou-se que o modelo exponencial foi o melhor modelo para explicar o crescimento dos grupos genéticos. Pela análise dialética, observou-se que o grupo genético tambaqui apresentou valor positivo de CGC para o parâmetro (a) e valor negativo para (k), o pacu apresentou valores negativos para ambos. Em relação a CEC, o tambaqui e o híbrido patinga foram os únicos grupos que apresentaram valores positivos para estimativa de peso (a), e para taxa de crescimento (k). Com relação às variâncias das capacidades combinatórias, observou-se que a CGC foi maior que a CEC, indicando que a seleção é mais indicada que o cruzamento em peixes redondos para cultivo em sistema fechado.

Palavras-chave: Híbrido. Exponencial. Seleção.

INTRODUCTION

Brazil is the second largest aquaculture producer on the American continent, being only below Chile, with tilapia (*Oreochromis niloticus*) being the main crop species worldwide due to its easily cultivation, the good zootechnical indexes for performance characteristics and the nutritional quality of consumer acceptance (FAO, 2015). The round fish, mainly the representatives of the subfamily Serrasalminae (species and hybrids of the genus *Colossoma* and *Piaractus*) have an expressive participation in the national production, with a great part of the production destined for the international market (ABPQ, 2014).

Fish production has increasing every year due to the increase in demand, which is related to the consumer market concern about the nutritional quality of the food consumed and also to the population increase (ROUTLEDGE et al., 2012). To meet demand, fish are raised in nurseries, tanks-net, raceway and recirculation systems. The recirculation system can be an alternative for sites that have sandy soil and low availability of water resources, being possible in this system the temperature control by means of heaters, which reduces the problems generated by the temperature oscillation.

Among the performance characteristics, body weight stands out as being the main one, thus, some fish species were improved in selection programs for the growth rate of

this characteristic (Santos et al., 2008). In this way, studies on growth become necessary. Fish growth is a complex process affected by many abiotic factors, with temperature being recognized as one of the most important. The temperature variations directly affect the fish growth, and when it is kept within the range considered ideal for cultivation, it can have an idea of the potential of cultivation (MARTINEZ et al., 1996; KUBITZA, 2004; RIBEIRO & MOREIRA, 2012).

In order to evaluate the weight and morphometric growth of the animals, several nonlinear models have been used, such as the exponential model, which is used for initial stage evaluation and the Sigmoid models such as Logistic and Gompertz for evaluation until adulthood. The non-linear models are preferable to the linear ones because they have biological interpretation parameters related to the initial conditions, growth rate, body weight, all linked to economic aspects of production.

However, studies evaluating the growth of round fish and their hybrids in closed recirculation systems are still scarce in the scientific literature. Thus, the present work aims to evaluate the growth of pacu, pirapitinga tambaqui and its hybrids in a closed system through nonlinear models, estimating the combinatorial capacities for the parameters of the model.

MATERIAL AND METHODS

Facilities, biological material and management

The experiment was carried out at the Fisheries Station of the Federal University of Lavras, with a duration of 465 days, 180 days of adaptation and 285 days of experiment. The experimental trial was conducted in a laboratory with closed water recirculation system, with 16 water boxes, with a capacity of 500 liters. This system was composed of biofilter, probe pt 100, temperature controller (N540) and a pump (1/3 CV of the sum).

A total of 96 juveniles of Serrasalmídeos were purchased with 30 days of age from two commercial fish farms in the state of São Paulo. The suppliers were informed that there were 12 juveniles of pacu, pirapitinga, tambaqui, patinga (♀pacu x ♂pirapitinga), paqui (♀pacu x ♂tambaqui), piraqui (♀pirapitinga x ♂tambaqui), tambacu (♀tambaqui x ♂pacu) and tambatinga (♀tambaqui x ♂pirapitinga).

The animals were randomly distributed in the 16 waterboxes of the closed recirculation system, two boxes per genetic group at a density of six animals per box. The closed recirculation system was controlled so that there was three total renovations every hour and the temperature was maintained at 28 ° C throughout the experimental period.

The animals were fed ad libitum with commercial feed with 32% crude protein, offered three times a day until reaching 100 grams of live weight and twice daily after this weight range. At 180 days of age the animals were weighed and counted inside the boxes, these values being used as fixed effect in the statistical model. Every 35 days, the animals were anesthetized with 60 mg of benzocaine per liter of water and then weighed and returned to the culture system.

To verify to which group each animal belongs, samples of fins were collected and fixed in absolute alcohol. Total DNA was extracted and purified with the Wizard Genomic DNA Purification Kit (Promega), following the manufacturer's recommendations. For identification of parental and hybrids, two single nucleotide polymorphism (SNP) markers of nuclear genes and fragments of mitochondrial COI (cytochrome c oxidase subunit I) and CYTB (cytochrome B) genes were used. Both methods provide diagnostic electrophoretic fragments for each parent species and their interspecific hybrids. The sequences of the primers, restriction enzymes and reaction conditions were the same as those employed by Hashimoto et al. (2011). The sizes of the

DNA fragments were determined by electrophoresis on 2% agarose gels stained with ethidium bromide (1 ng mL^{-1}) and visualized under UV illumination.

Data analysis

To evaluate the growth of the animals, the adjustment of the nonlinear models, Exponential, Brody, Logistic, Gompertz and Von Bertalanffy was verified, using the Akaike criterion to choose the best model for each animal. Selecting the best model, the diallel analysis was performed based on the parameters estimated in the model. The molecular analysis revealed five genetic groups (three pure species and two hybrids) as well as advanced post F1 hybrids (Table 1). Thus, the effect of the reciprocal in the model was not considered. In this way, the genetic composition information obtained by the molecular analysis was considered, using the mixed model of normal distributions to allocate random effects incidence matrices (general combining ability - CGA and specific combining ability - SCC) of animals considered hybrids advanced by molecular analysis, as proposed by Costa et al. (2017). It was assumed that the residues of the studied variables have a normal distribution, are not correlated and show homogeneity of variance, using a program built in the PROC IML of SAS (SAS, INC) to perform the analyzes described above.

RESULTS AND DISCUSSION

The exponential model was the only one that adjusted for body weight data as a function of age (Figure 1). Observing the growth curves, tambaqui was the genetic group that presented the highest growth in relation to the others, and the patinga ($\text{♀pacu} \times \text{♂pirapitinga}$) the smallest.

The exponential model has also been the most suitable model to describe the weight growth for other fish species in the initial phase (ALLAMAN et al., 2013,

ALLAMAN et al., 2014). This model is considered an efficient tool when used for short periods of evaluation during the initial growth phase, especially to estimate initial weight and growth rate parameters (SANTOS et al., 2008).

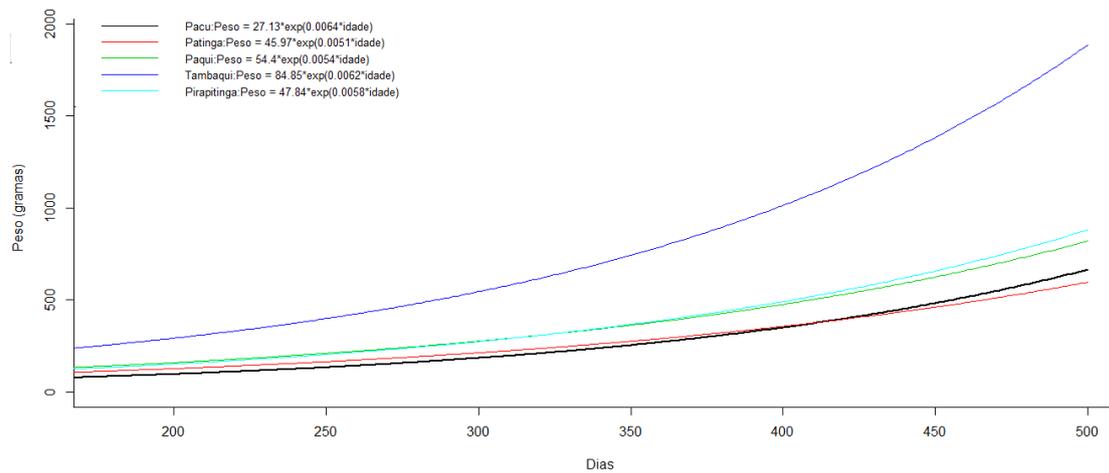


Figure 1. Exponential model adjusted for body weight (grams) according to the days of cultivation of the genetic groups: Pacu, patinga, paqui, tambaqui and pirapitinga.

General Combination Capability

Table 1 presents the values of the parameters "a" and "k" of the model for body weight according to age, for the General Combination Ability (CGA), in which "a" refers to the initial weight estimate and "k" refers to the specific growth rate.

Regarding CGA predictions, it was observed that the tambaqui presented higher value for a, being 17.46, but presented lower value of k (-0.00190). The lowest value for a was obtained by pirapitinga (-12.85), which presented the highest value of k (0.00238) and pacu presented intermediate values for both "a" and k, being -4.62 and -0,00048, respectively.

Table 1 Estimation of the effects of the general combining ability (gi) (standard errors) of the studied variables

Characteristics	Pacu	Pirapitinga	Tambaqui
A	-4.62 (± 10.84)	-12.85 (± 10.88)	17.46 (± 10.85)
K	-0.00048 (± 0.0109)	0.00238 (± 0.00115)	-0.00190 (± 0.00112)

Reis Neto et al., (2012) evaluating round fishes and their hybrids, observed that the tambaqui genetic group was also the heaviest in relation to pacu and paqui, also presenting higher morphometric and head measurements. Pacu, although it has not presented positive values for CGA, may perhaps be used when it comes to personal income. As reported by Mourad et al (accepted manuscript and in the process of publication) the pacu presented standard length and lower body height than the tambaqui and tambacu ($\text{♀tambaqui} \times \text{♂pacu}$) and higher value for body width that was the most indicated morphological measure by Costa (2011) for indirect selection of fillet yield in pacu.

Serafini (2010) evaluating round and hybrid fish, observed that the genetic group tambaqui showed a higher yield of head, carcass and skin and pacu presented higher yield of viscera, fillet and rib, suggesting that each species can be indicated for a type of purpose.

Pirapitinga, although less studied in relation to the other species evaluated in this study, presented a high and positive value for specific growth rate. Neto et al. 2011 reported that in a recirculation system, the species has great growth, suggesting that it is a species indicated in selection programs in order to obtain rapid growth, since it also has high carcass yield and presents as strengths, quality and flavor of the meat and reddish coloration that is an important attraction (FRESNEDA et al., 2004; MORA, 2005).

Specific Combination Capacity

The specific combining capabilities (SCC) are presented in table 2, and it can be observed that for the parameter that only two groups differed from zero, with the patinga being the only group that presented positive value and pirapitinga the negative value. In relation to parameter k, only the genetic group pacu showed SCC equal to zero, as well as tambaqui, pirapitinga and paqui presented positive values and hybrids patinga and piraqui negative values.

The specific Combination Capability (SCC) is related to the non-additive gene effects, characterizing the deviations of hybrid combinations in relation to the average behavior of the parents (SOARES et al., 2005). The results in this work, demonstrate that for the growth rate, the crossing within the pure groups tambaqui and pirapitinga are better than the crossing between groups. The cross between pacu and tambacu also generated a genetic group with a growth rate above the average of the other groups, thus being an interesting hybrid.

Table 2 Prediction of the effects of specific combining ability (gi) (standard errors) of the studied variables

Groups	Parameters	
	A	K
Pacu	-9.11 (± 11.19)	0.0006 (± 0.0010)
Patinga	17.35 (± 7.86)	-0.0031 (± 0.0011)
Paqui	-2.33 (± 7.69)	0.0014 (± 0.0009)
Tambaqui	7.84 (± 11.22)	0.0034 (± 0.0011)
Piraqui	-1.27 (± 7.80)	-0.0050 (± 0.0012)
Pirapitinga	-12.49 (± 11.31)	0.0027 (± 0.0011)

The combination of pacu and pirapitinga resulted in the hybrid patinga (♀ pacu x ♂ pirapitinga) that presented higher initial weight value than the others. Costa (2015)

reported that in a closed recirculation system with temperature maintained at 28 ° C, the tambaqui and pacu species, and the F1 pirapitinga x tambaqui hybrid showed positive SCCs for all morphometric characteristics, for the weights of the products generated with processing, for the weight at 495 days of age and for the weight gain, since the pirapitinga and its hybrids and for the tambaqui, presented negative values, indicating a possible interaction between the genotype and the environment.

As observed in the present study, Mourad (2012) evaluating the growth of round fish, observed by the logistic model that the tambacu obtained greater value for the parameter followed by tambaqui, pacu and finally the paqui. In the Logistic model the parameter a represents the asymptotic weight. In this way, tambacu showed to be the most indicated genetic group. Regarding the parameter k , the tambacu presented the lowest value than the other groups. These results indicate that depending on the parents used in mating can generate hybrids more or less productive than the parents.

In the models that the parameter value " k " is high, the fish show early maturity compared to those with smaller values and similar initial weight, thus, this parameter can be an indicator of the relative speed of growth, and a selection parameter to implement a genetic improvement plan (MANRIQUE et al., 2012).

In this sense, the two codcers of high GCA when crossed, originate the best hybrid in a diallel, mainly because of the dominance effects involved in controlling the characters are not unidirectional (Soares et al., 2005), in this sense pacu and tambaqui who presented lower CGA than the pirapitinga for the k parameter gave the best genetic group of hybrid (paqui) for this parameter. The same was observed for parameter a , where the tambaqui group presented the highest CGA value then pacu and pirapitinga, however the hybrid generated by the last two species had a higher value of a . Soares et al. 2005, describe that the most favorable combination is the one with the highest SCC, in which at least one of

the parents has a higher CGA and is divergent in relation to the parent that is being crossed, which was not observed in this study for the parameters evaluated.

Mourad (2012), evaluating the crosses of round fish, found that the paqui hybrid (♀pacu x ♂tambaqui) was the genetic group that presented lower weight at the end of the experiment and lower standard length. The same authors observed that the paqui (♀pacu x ♂tambaqui) reached the point of inflection at a lower age than the others, but with lower body weight. This inverse relationship between weight and growth rate estimates is already known in the literature, showing that animals with higher adult weight grow at a relatively lower rate than animals with lower adult weight (CARRIJO; MOURA 1999; FREITAS, 2005).

Variance of combinatorial, residual and phenotypic capacities

It was observed that the contribution of the CGA variance in the phenotypic variance was higher than the SCC for the a and k, showing that the additive part influences more than the non-additive in the phenotype. However, SCC showed significant value, indicating that there may be improvements with the phenotype using favorable hybrids.

Table 3 Variance of CGA, SCC, residual and phenotype and the proportion of CGA and SCC variances in relation to phenotype for the characteristics evaluated

Variables	CGA	SCC	Residual	Phenotypic	% CGA	% SCC
A	281.82	194.92	68,38	545.127	0.5169	0.3575
K	0,00048	0,00041	0,000003	0.00091	0.52747	0.43956

In this type of study, when measuring the percentage that represents the CGA and the SCC of the phenotypic variance, it is possible to indicate the best strategy for the animal breeding, being indicated the selection when the CGA predominates over the SCC

and the crossing when the inverse occurs. In this case, CGA is more important for parameters a and k , indicating that the selection is more indicated, however, SCC is also important, since it represents considerable values of the phenotypic variance.

The variance of CGA divided by the phenotypic variance represents the heritability of the characteristic, in this work the animal relationship matrix is not used, being the heritability obtained by performing this calculation is overestimated. This overestimated heritability is directly related to heritability in the strict sense and has been successfully used in many breeding programs (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Studies evaluating the heritability of these parameters in Serrasalmídeos are still scarce in the literature, however there are some works observed in tilapia culture that refer to morphometric and growth characteristics.

Conclusion

The exponential model was the only one that adjusted to body weight data. Tambaqui presented higher growth among the analyzed groups and the lowest growth rate.

Regarding CGA, tambaqui presented higher values for the parameter a and smaller for the k , as for the pirapintiga was observed the inverse, and the pacu intermediate values for the two groups for these parameters. For the SCC, the patinga had higher values of a , and pirapintiga the lowest value and the other groups did not differ from zero. For the parameter k of the SCC, it was observed that tambaqui and paqui had higher positive values, hybrids patinga and piraqui negative values, and pacu did not differ from zero. The CGA contribution was greater than the SCC on the phenotypic variance, indicating that selection is the efficient way to improve initial weight and growth rate.

REFERENCES

ALLAMAN, I. B. Weight and morphometric growth of different strains of tilápia (*Oreochromis sp.*). **R. Bras. Zootec.** Vol.42 no.5 viçosa may 2013.

ALLAMAN, I. B.; REIS NETO, R. V.; FREITAS, R. T. F.; ROSA, P. V.; LAGO, A. A.; COSTA, A. C. Deposição de componentes químicos corporais na carcaça de estirpes de tilápias (*Oreochromis sp.*) **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.38, n.5, p.487-496, set./out., 2014.

ARANGO, J.A.; VAN VLECK, L.D. Size of beef cows: early ideas, new developments. **Genetics Molecular Research**, v.1, p.51-63, 2002.

BRASIL. ASSOCIACAO CULTURAL E EDUCACIONAL BRASIL – ACEB. **Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura**. Itajaí, 2014. 43 p.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura do Brasil**. Brasília, 2012. 128 p.

BRASIL. Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005. Seção 1.

CARRIJO, S.; DUARTE, F. A. Description and comparison of growth parameters in Chianina and Nelore cattle breeds. **Genet. Mol. Biol.** 1999, vol.22, n.2, pp.187-196.

COSTA, A. C.; BALESTRE, M.; BOTELHO, H. A.; DE FREITAS, R. T. F.; GOMES, R. C. S.; CAMPOS, S. A. S.; FORESTI, F. P.; HASHIMOTO, D. T.; MARTINS, D. G.; PRADO, F. D.; MENDONÇA, M. A. C. Imputation of genetic composition for missing pedigree data in Serrasalminidae using morphometric data. **Scientia Agricola**. v.74, n.6, p.425-494, 2017.

DE MELLO, F. OLIVEIRA, C. A. L., RIBEIRO, R. P., RESENDE, E. K., A. POVH, J. A., FORNARI, D. C, BARRETO, R. V., MCMANUS, C., STREIT JR, D. Growth curve by Gompertz nonlinear regression model in female and males in tambaqui (*Colossoma macropomum*). An. **Acad. Bras. Ciênc.** vol.87 no.4 Rio de Janeiro Oct./Dec. 2015 Epub Nov 27, 2015.

HASHIMOTO, D. T. et al. Molecular diagnostic methods for identifying Serrasalminid fish (Pacu, Pirapitinga, and Tambaqui) and their hybrids in the Brazilian aquaculture industry. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 321, n. 1/2, p. 49-53, Nov. 2011.

MARTINEZ, C. A. P.; CRISTINA, C. S.; ROSS, L. G. The effects of water temperature on food intake, growth and body composition of *Cichlasoma urophthalmus* (Güter) juveniles. **Aquaculture Research**, v. 27, n. 6, p. 455-461, 1996.

MOURAD, N. M. N. **Crescimento ponderal e morfométrico do pacu *Piaractus mesopotamicus*, tambaqui e seus híbridos da primavera ao inverno**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

REIS NETO, R. V. et al. Performance and carcass traits in the diallel crossing of pacu and tambaqui. **Brazilian Journal of Animal Science**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 2390-2395, Dec. 2012b.

RIBEIRO, C. S. DA.; MOREIRA, R. G. Fatores ambientais e reprodução de peixes. **Revista da Biologia**. (USP), v. 8, p. 58-61, 2012.

SANTOS, V. B.; YOSHIHARA, E.; FREITAS, R. T. F.; REIS NETO, R. V. Exponential growth model of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains considering heteroscedastic variance. **Aquaculture**, v. 274, n. 1, p. 96-100, 2008.

SERAFINI, M. A. **Cruzamento dialélico interespecífico entre pacu *Piaractus mesopotamicus* e tambaqui *Colossoma macropomum***. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

CONCLUSÃO GERAL

No primeiro trabalho, o pacu e os híbridos patinga e tambatinga apresentaram maior taxa de crescimento. Com relação ao peso corporal, a pirapitinga e a patinga foram o grupo que se destacaram entre os demais grupos.

O fato de a correlação genética ter sido mais alta que as demais, sugere ser possível realizar uma seleção mais precocemente para peso corporal.

No segundo trabalho, o tambaqui apresentou maior crescimento. Com relação a CGC, tambaqui apresentou valor positivo para “a” e valor negativo para “k”, o pacu apresentou valores negativos para ambos. Para os resultados de CEC, o tambaqui e o híbrido patinga foram os únicos grupos que apresentaram valores positivos tanto para “a”, quanto para “k”.

Os resultados das variâncias das capacidades combinatórias, residual e fenotípica mostram que a seleção é a forma mais compensatória para ambos os trabalhos, pois os valores de CGC foram mais elevados que os de CEC, sendo assim, os animais propostos são o pacu, pirapitinga e tambaqui.