

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**  
**CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM AQUICULTURA**

**ÂNDREA CAROLINE ENQUE ACUNHA**

**UTILIZAÇÃO DE MODELOS NÃO LINEARES PARA A ESTIMATIVA DA CURVA  
DE CRESCIMENTO DO ACARÁ DO CONGO (*Archocentrus nigrofasciatus*)**

**URUGUAIANA**

**2018**

**ÂNDREA CAROLINE ENQUE ACUNHA**

**UTILIZAÇÃO DE MODELOS NÃO LINEARES PARA A ESTIMATIVA DA CURVA DE CRESCIMENTO DO ACARÁ DO CONGO (*Archocentrus nigrofasciatus*)**

Trabalho de Pesquisa apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Aquicultura da Universidade Federal do Pampa como requisito parcial para obtenção do grau de Tecnólogo em Aquicultura.

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio Alves de Souza

Coorientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Priscila Becker Ferreira

URUGUAIANA

2018

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

E189u Enque Acunha , Ândrea Caroline

UTILIZAÇÃO DE MODELOS NÃO LINEARES PARA A ESTIMATIVA DA CURVA DE CRESCIMENTO DO ACARÁ DO CONGO (*Archocentrus nigrofasciatus*) / Ândrea Caroline Enque Acunha .

40 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade Federal do Pampa, AQUICULTURA, 2018.

"Orientação: Marco Aurélio Alves de Souza ".

1. Aquicultura. 2. Peixes ornamentais. 3. Curva de crescimento. 4. Modelos não lineares. I. Título.

ÂNDREA CAROLINE ENQUE ACUNHA

UTILIZAÇÃO DE MODELOS NÃO LINEARES PARA A ESTIMATIVA DA  
CURVA DE CRESCIMENTO DO ACARÁ DO CONGO (*Archocentrus  
nigrofasciatus*)

Trabalho de Pesquisa apresentado  
ao Curso Superior de Tecnologia em  
Aqüicultura da Universidade  
Federal do Pampa como requisito  
parcial para obtenção do grau de  
Tecnólogo em Aqüicultura.

Aprovada em 13 de julho de 2018.

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Marco Aurélio Alves de Souza  
ORIENTADOR  
UNIPAMPA



Prof. Dr. Giovani Taffarel Bergamin  
UNIPAMPA



Zootecnista, Dra. Alexandra Pretto  
UNIPAMPA



A Deus por tudo, aos meus pais Francisco Carlos e Rita Iara, a toda minha família e amigos, pelo apoio, compreensão e paciência.

Dedico.

## AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Marco Aurélio Alves obrigada pela orientação, confiança paciência e todas as oportunidades oferecidas para meu desenvolvimento acadêmico.

A professora Dr<sup>a</sup>. Priscila Becker Ferreira, obrigada por tudo sou eternamente grata pelo que fizeste, obrigada pela paciência e ajuda durante a minha vida acadêmica e principalmente para concluir este trabalho, posso dizer que a minha formação, inclusive pessoal, não teria sido a mesma sem a sua pessoa, como sempre comentei foste professora, orientadora, amiga e minha mãe.

Aos meus colegas e colaboradores Jardel Nolasco Palma, Jorge Burdulis Junior, João Rafael Burdulis e Francielly Gomes que abriram mão de muitos finais de semana e férias para

me ajudarem na realização deste experimento, também a Alexandra Pretto pela coleta e organização dos dados.

Agradeço aos participantes da banca examinadora que dividiram comigo este momento tão importante e esperado: Prof. Dr. Giovani Taffarel Bergamin e Zootecnista, Dra. Alexandra Pretto.

Agradeço ao Curso de Tecnologia em Aquicultura e às pessoas com quem convivi ao longo desses anos e as amigas que aqui cultivei. A todos os Docentes do curso que das mais variadas formas, dedicaram-se a transmitir uma das maiores virtudes que se pode ter o conhecimento. Suas atitudes, ensinamentos, exemplos e incentivos colaboraram para que fosse além dos meus limites e medos. Hoje eu sei que melhores mestres não foram os que ensinaram as respostas, mas, sim, aqueles que ensinaram a questionar, a duvidar, a pensar e a sonhar.

Aos meus pais, irmãos e a toda minha família que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Aos amigos e colegas, que me acompanharam durante a graduação, vocês compartilharam suas experiências de vida e me deram apoio nas horas mais difíceis dessa caminhada sou grata pelo incentivo, apoio, pelas alegrias e tristezas compartilhadas, sem vocês nada disso seria possível. A todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos a mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena, deixo aqui meu muito obrigado.



Não deixe seus medos roubarem seus sonhos.

Guilherme Vanin

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estudar o crescimento de peixes da espécie Acará do Congo Branco (*Archocentrus nigrofasciatus*), definindo o modelo matemático que melhor descreve a curva de crescimento dessa espécie utilizando diferentes modelos não lineares. O trabalho foi realizado no período de janeiro de 2015 a julho de 2016. Foram utilizados 200 juvenis de Acará do Congo de duas diferentes gerações (G1= geração dos pais e G2= geração dos filhos - consanguínea) oriundos do Laboratório de Aquariorfilia da Universidade Federal do Pampa, da 9<sup>a</sup> a 22<sup>a</sup> semana de idade. Foram realizadas biometrias de todos os peixes semanalmente, e os parâmetros mensurados foram: peso corporal, comprimento padrão, comprimento total e altura. Para obtenção da curva de crescimento dos peixes foram testados 21 modelos não lineares. A escolha do modelo de melhor ajuste à curva de crescimento dos peixes foi realizada utilizando os seguintes critérios: quadrado médio do resíduo, coeficiente de determinação, desvio médio absoluto dos resíduos, as trajetórias das curvas de crescimento foram observadas e estimadas pelas funções matemáticas. Após a escolha do modelo de melhor ajuste à curva de crescimento dos peixes, foi realizado o teste de identidade e igualdade de parâmetros para verificar se podem ser utilizados os mesmos parâmetros para descrever o crescimento das duas gerações. As análises estatísticas foram realizadas com o programa estatístico SAS<sup>®</sup>. Os modelos Bianchini, Polinomial Inverso e Quadrático Logarítmico estimaram de forma ajustada a curva de crescimento da G1 e os modelos não lineares Brody 23, Nelder e Quadrático Logarítmico descreveram de forma ajustada a curva de crescimento da G2. Foi observado que não é possível utilizar os mesmos parâmetros para o modelo Quadrático Logarítmico visando estimar a curva de crescimento das duas gerações estudadas. Os peixes da G1 apresentaram maior peso na maturidade sexual em relação a G2, fato que pode ser atribuído à consanguinidade. A utilização de modelos matemáticos não lineares é uma ferramenta adequada para descrever a curva de crescimento de peixes Acará do Congo Branco.

Palavras-chaves: equações matemáticas, peixes ornamentais, quadrático logarítmico.

## ABSTRACT

The objective of this work was to study the growth of white convict cichlid (*Archocentrus nigrofasciatus*), defining the mathematical model that best describes the growth curve of this species, using different nonlinear mathematical models. The trial was carried out from January to July 2016, with two hundred fingerlings from two different generations (G1 = generation of parents and G2 = generation of children - inbred) from the Aquarium Laboratory of the Federal University of Pampa, from 9 to 22 weeks of age. Weekly, all fish were measured to obtain body weight, standard length, total length and height. 21 non-linear models were tested for the growth curve; the best fit model was chosen based on the following criteria: residue mean square, determination coefficient, absolute mean deviation of the residues, trajectories of growth curves observed and estimated by the mathematical functions. After choosing the best fit model, the identity and parameter equality test was performed to verify if the same parameters could be used to describe the growth of the two generations. Statistical analyzes were performed using the SAS® statistical program. The best fit models for G1 were Bianchini, Inverse Polynomial and Quadratic Logarithmic, whereas the nonlinear models Brody 23, Nelder and Logarithmic Quadratic fit better the G2 growth curve. It was not possible to use the same parameters for the Logarithmic Quadratic model in order to estimate the growth curve of the two generations. Weight of fish at sexual maturity was lower in G2 in comparison to G1, because of consanguinity. The use of nonlinear mathematical models is a suitable tool to describe the growth curve of white convict cichlid.

Keywords: mathematical equations, ornamental fish, logarithmic quadratic.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Visualização gráfica das curvas de crescimento dos peixes Acará do Congo Branco da Geração 1, observada e estimadas pelos modelos que apresentaram melhor ajuste segundo os critérios de seleção. ....21
- Figura 2 – Visualização gráfica das curvas de crescimento dos peixes Acará do Congo Branco da Geração 2, observada e estimadas pelos modelos que apresentaram melhor ajuste segundo os critérios de seleção. ....22
- Figura 3 – - Curvas de crescimento estimadas através do modelo não linear Quadrático Logarítmico para a geração 1 dos pais e geração 2 dos filhos. ....24
- Figura 4– Curvas oriundas da hipótese H07 que indica que os parâmetros A e C podem ser os mesmos nas equações das duas gerações. ....26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Modelos matemáticos não linear que foram testados para a estimação da curva de crescimento .....	18
Tabela 2 - Parâmetros estimados pelos modelos de regressão não linear, quadrado médio do resíduo (QMR), coeficiente de determinação (R <sup>2</sup> ) e desvio médio absoluto (DMA) para as duas gerações de peixes Acará do Congo Branco. ....	20
Tabela 3- Hipóteses do teste de identidade e igualdade de parâmetros do modelo Quadrático Logarítmico $Y = (A + Bt + Ct^2 + D \ln(t)) + \varepsilon$ das gerações 1 e 2, com critério de informação de Akaike (AIC) e critério de informação Bayesiano(BIC).....	23

Tabela 4- Hipóteses aceitas pelo teste de igualdade de parâmetros comparativo das gerações 1 e 2, critério de informação de Akaike (AIC) e critério de informação Bayesiano (BIC).....	25
--	----

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	19
2 OBJETIVOS.....	22
2.1 Objetivo geral.....	22
2.2 Objetivos específicos.....	22
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
5 CONCLUSÃO.....	38
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS.....	42
ANEXOS.....	49

## 1 INTRODUÇÃO

Piscicultura ornamental é a produção de peixes em cativeiro para reprodução, larvicultura e crescimento, com objetivo comercial de ornamento. Após a comercialização os peixes são cultivados em aquários, utilizados para fins decorativos, diferentes dos tanques utilizados na produção (RIBERO, 2008). Assim, a criação de peixes ornamentais é uma atividade em que diversas espécies são criadas nos mais diversos sistemas de cultivos (SILVA et al., 2010), sendo considerada um dos setores mais lucrativos da piscicultura Brasileira (LIMA et al., 2001), contribuindo significativamente para a economia mundial (SILVA et al., 2010).

No Brasil a produção de peixes ornamentais surgiu com a implantação de projetos de piscicultura na década de 70. Atualmente o maior pólo produtor de peixes ornamentais esta localizado no estado de Minas Gerais na região de Muriaé. O Brasil exhibe um enorme desenvolvimento no setor de peixes ornamentais, apesar de ser considerado para muitos como um “hobby”, para a população rural e urbana é uma relevante fonte de renda, além de ter a grande capacidade de criar empregos para população de baixa renda, através do extrativismo. (RIBEIRO, 2008)

Dentre os peixes que são utilizados como ornamento pode-se citar o Acará do Congo (*Archocentrus nigrofasciatus*) que é um peixe da família dos Cichlidae, originários da América Central, sendo muito comercializado no Brasil. Os Acarás do Congo são divididos em três variedades: selvagem, mármore e branco. Os acarás são peixes onívoros, porém preferem alimentos de origem vegetal e alimentos vivos, aceitam todo tipo de ração industrializada, sendo ideal a utilização de ração própria para ciclídeos americanos (ZURLO; SCHLESER, 2002).

Caracterizados como peixes extremamente territorialistas e agressivos devem ser mantidos com outros peixes do mesmo porte e agressividade, fora do período de reprodução. Normalmente o macho é mais agressivo do que a fêmea, porém no período reprodutivo observa-se a mudança dessa característica e tanto os machos quanto as fêmeas tornam-se agressivos devido ao cuidado parental (QUEIROZ, 2013).

Essa espécie se reproduz com muita facilidade, normalmente a fêmea escolhe o local da desova e deposita os ovos que serão em seguida fecundados pelo macho. Cada desova apresenta aproximadamente 50 a 150 ovos, e a eclosão ocorre após o terceiro dia. As larvas se alimentam do saco vitelínico por aproximadamente sete dias. Após esse período as pós-larvas nadam livremente no aquário e podem ser alimentados com náuplios de artêmia, micro vermes e ração triturada (ZURLO; SCHLESER, 2002).

Conhecer o comportamento biológico das espécies de peixes ornamentais, assim como seu crescimento e desenvolvimento é de fundamental importância para melhorar sua produção, pois, possibilita prever e direcionar o manejo ambiental e nutricional dos animais. Desde a década de 50 várias espécies da biota aquática vêm sendo estudadas quanto ao seu crescimento em tamanho e peso, em relação às variáveis de idade (BAILEY, 1950).

Os exemplos de curvas de crescimento no setor zootécnico estão relacionados com modelos de crescimento assintóticos. Os mesmos descrevem relações de peso, comprimento e idade, expressando os valores de uma variável de interesse em função do tempo (SARMENTO et al., 2011). Essas análises são de grande importância, pois possibilitam conhecer a viabilidade de cultivo de uma espécie pela observação da taxa de crescimento, permitindo o discernimento de como essa espécie se relaciona com seu meio (LOBÃO et al., 1987).

Os estudos de crescimento nos peixes podem ser efetuados de várias maneiras, entre elas a contagem dos anéis etários nas escamas (BRANCO; MASUNARI, 1992) ou pela aplicação do método de marcação, soltura e recaptura, possibilitando assim a estimativa de crescimento e demais parâmetros das curvas de crescimento (HEALD; GRIFFITHS, 1967).

Porém quando são realizadas biometrias dos mesmos peixes de forma constante e controlada pode-se obter melhores resultados, assim, o método utilizado na análise de crescimento em tamanho e peso em função da idade vai depender do grupo de animais que está sendo analisado. O crescimento do indivíduo pode ser exposto por modificações em seu comprimento, largura e peso, que é diretamente influenciado pelos fatores ambientais do meio aquático (temperatura, oxigênio, resíduos nitrogenados etc.). Para analisar o padrão de crescimento dos peixes e prever o seu comportamento ao passar da idade, a utilização de expressões matemáticas torna-se uma ferramenta simples para esclarecer e representar este processo (BORGES, 2008).

Entre as várias aplicações das curvas de crescimento na produção animal, destacam-se: avaliar através da definição de modelos matemáticos não lineares que resumem em três ou quatro parâmetros, as características de crescimento da população, pois alguns parâmetros dos modelos não lineares possuem interpretação biológica; avaliar o perfil de respostas de tratamentos ao longo tempo; estudar as interações de respostas dos tratamentos com o tempo; possibilita a identificação, em uma população, dos animais de maior peso em menor idade (FREITAS, 2012).

Segundo Sarmiento et al, (2011), para representar a curva de crescimento em animais de produção os modelos não lineares mais utilizados são Brody, Gompertz, Logístico, Richards e Von Bertalanffy, sendo que o modelo estatístico de Richards apresenta quatro parâmetros interpretáveis biologicamente, enquanto os demais modelos só apresentam três parâmetros.

Santos et al (2007), trabalhando com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), observaram que os modelos não lineares que melhor descrevem a curva de crescimento da espécie em relação ao peso corporal são Gompertz, Brody, Von Bertalanffy e Logístico. Com isso concluíram que os modelos de Gompertz e Von Bertalanffy, são os mais indicados para a linhagem Chitralada e Supreme, por apresentarem diferenças mínimas.

Manrique (2012), realizando estudo com Acará Bandeira (*Pterophyllum scalare*) concluiu que o modelo não linear que melhor se ajustou aos dados de peso da espécie e apresentou melhor interpretação biológica foi o modelo Logístico.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Analisar o crescimento de duas gerações de peixes Acará do Congo Branco através da utilização de modelos matemáticos não lineares da 9<sup>a</sup> a 22<sup>a</sup> semana de idade para duas diferentes gerações (pais e filhos).

### **2.2 Objetivos específicos**

Definir o modelo matemático não linear que melhor descreve a curva de crescimento de Acará do Congo Branco, nas diferentes gerações.

Verificar se um único modelo não linear pode ser utilizado para descrever o crescimento das diferentes gerações através do teste de identidade de modelos.

Verificar se um ou mais parâmetros podem ser iguais para descrever o crescimento das diferentes gerações através do teste de igualdade de parâmetros.

Analisar o crescimento de duas gerações de Acará do Congo da 9<sup>a</sup> a 22<sup>a</sup> semana de idade através da interpretação biológica dos parâmetros estimados pelo modelo não linear de melhor ajuste.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Aquariorfilia do Curso Superior de Tecnologia em Aquicultura da Universidade Federal do Pampa, no período de janeiro de 2015 a julho de 2016. Foram utilizadas duas gerações de peixes da espécie Acará do Congo Branco (*Archocentrus nigrofasciatus*) provenientes do próprio laboratório.

A primeira geração (G1) foi composta por 100 pós-larvas da mesma desova tendo como progenitores animais sem parentesco, e para formação da geração dois selecionou-se peixes da G1 após a 22ª semana de idade. Foram selecionados três exemplares de cada sexo para o maior comprimento e peso. Estes posteriormente formaram casais de irmãos completos. Após o acasalamento consanguíneo entre um dos casais da G1 (também referida como geração dos pais), utilizou-se a desova que originou a geração dois (G2) ou geração dos filhos, composta também por 100 indivíduos.

As duas gerações foram criadas com os mesmos manejos (ambiental e nutricional) até as 22 semanas de idade. Os peixes foram divididos em dois aquários de 20 cm de largura x 40

cm de altura e x 50 cm de comprimento, totalizando um volume de 40 litros d'água, com 50 peixes cada. Os animais receberam Artêmia (Microcrustáceos) a partir do 8º dia de vida e na 4º semana de vida foi introduzida na dieta dos animais ração comercial floclada moída, de classificação mercadológica “Tipo Básica”, apresentando os seguintes níveis de garantia: Umidade (máx.) 10%, Proteína bruta (mín.) 45%, Extrato etéreo (mín.) 5%, Matéria fibrosa (máx.) 5%, Matéria mineral (máx.) 15%. Após a 1ª biometria a mesma ração passou a ser fornecida de forma controlada, na quantidade de 3% do peso vivo dos animais, sendo esta quantia dividida em duas vezes ao dia, ofertada às 9 horas da manhã e as 15 horas da tarde.

A temperatura foi controlada por aquecedor com termostato em 28° C, os parâmetros de qualidade da água foram verificados duas vezes por semana, para garantir que se mantivessem padrões desejáveis, observou-se no período experimental pH de  $\pm 7,6$ ; oxigênio dissolvido  $\pm 7,81$  e amônia variando em torno de 0,009ppm a 0,011ppm, valores considerados adequados para espécie, havendo renovação de água quando necessário para evitar que os mesmos afetassem a taxa de crescimento, já que a mesma esta relacionada a temperatura e demais parâmetros da água (DUMAS et al., 2010).

Para a obtenção dos dados de peso, comprimento e altura dos peixes, visando realizar a estimativa da curva de crescimento foram realizadas biometrias de todos os peixes semanalmente a partir da 9ª até a 22ª semana de idade, quando iniciou a diferenciação sexual dos mesmos. Anterior a biometria os peixes permaneceram em jejum durante 24 horas para esvaziamento do trato digestório. Os mesmos foram anestesiados com óleo de cravo na concentração de (100 mg/l) para evitar o estresse durante o manejo.

Os parâmetros mensurados foram: peso corporal, comprimento padrão (distância entre a extremidade anterior da cabeça e o menor perímetro da inserção da nadadeira caudal), comprimento total (distância entre a extremidade anterior da cabeça e a extremidade externa da nadadeira caudal) e altura (medida à frente da nadadeira dorsal). Estas medidas foram realizadas com a utilização de paquímetro digital e o peso mensurado com utilização de balança digital.

Todas as análises estatísticas foram realizadas pelo programa estatístico SAS® versão 9.2 (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2001). Primeiramente foi realizada a correlação

de Person entre as variáveis mensuradas (peso, comprimento total, comprimento padrão e altura) para verificar a possibilidade de estimar com eficiência o crescimento dos peixes Acará do Congo Branco utilizando apenas um destes parâmetros mensurados, análises realizadas separadamente por geração. Para a obtenção da curva de crescimento, foram testados para cada geração vinte e um modelos matemáticos não lineares, sendo a estimativa dos parâmetros estimados pelo o método modificado de Gauss-Newton através do procedimento NLIN do SAS<sup>®</sup>, modelos apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Modelos matemáticos não lineares que foram testados para a estimação da curva de crescimento.

Modelo	Equação*	Autores
Brody23	$Y = Ae^{-Ct} + \varepsilon$	Brody (1923)
Brody24	$Y = Ae^{-Bt} - Ae^{-Ct} + \varepsilon$	Brody et al. (1924)
Brody45	$Y = A(1 - Be^{-Ct}) + \varepsilon$	Brody (1945)
Bianchini Sobrinho	$Y = A + Bt + Ct^{l+} + \varepsilon$	Bianchini Sobrinho (1984)
Bianchini	$Y = A + (B^t) + C$	Bianchini Sobrinho (1984)
Cobuci	$Y = A - Ct + \ln(t) + \varepsilon$	Cobuci et al. (2000)

Parabólica Exponencial	$Y = Ae^{((B*t)+(C+t^2))} + \varepsilon$	Muñoz-Berrocalet al. (2005)
Polinomial Inverso	$Y = t(A+Bt+Ct^2)^{-1} + \varepsilon$	Muñoz-Berrocalet al. (2005)
Gompertz	$Y = A^{-B^t-C} + \varepsilon$	Laird (1966)
Logístico	$Y = A(1 + Be^{-Ct})^{-1} + \varepsilon$	Nelder (1961)
Logístico 2	$Y = A * I + e^{c+dt+(-1e^{-*t})}$	Cason e Britton (1988)
Mcmillian	$Y = A * I - e^{-b-c*t} (e^{-*t})$	Mcmillan (1970)
Mod yang	$Y = A * e^{-*t} \setminus 1 + e^{-ct-d}$	Yang; Mcmillan(1989)
Naaly	$Y = A * t^b * e^{-ct+dt0,5}$	Mcnelly(1971)
Nelder	$Y = (A + Bt+Ct^2)^{-1} + \varepsilon$	Nelder (1966)
Papajcsik	$Y = At^{-Ct} + \varepsilon$	Papajcsik; Boderó (1988)
Quadrático Logarítmico	$Y = (A + Bt+Ct^2 + D \ln(t)) + \varepsilon$	Bianchini Sobrinho (1984)
Richards	$Y = A(1-B^{-Ct})^m + \varepsilon$	Richards (1959)
Von Bertalanfy	$Y = A(1-B^{-Ct})^3 + \varepsilon$	Von Bertalanfy (1957)
Weibull	$Y = A - (B^{-Ct^d}) + \varepsilon$	Weibull (1951)
Wood	$Y = At^B e^{-Ct} + \varepsilon$	Wood (1967)

---

\*  $Y$  é a peso do peixe;  $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $t$  são os parâmetros que determinam a forma da curva, sendo  $A$  a estimativa da produção assintótica, associada a um nível inicial;  $B$  coeficiente de integração, associada ao tamanho máximo de crescimento);  $C$  relaciona-se principalmente permanência (índice de maturidade);  $D$  relaciona-se ao aumento de flexibilidade dos parâmetros no ajuste;  $t$  é o dia da pesagem;  $e$  refere-se ao termo exponencial, ou seja, o inverso de  $\ln$ ;  $\ln$  é o logaritmo neperiano; e  $\varepsilon$  é o erro aleatório.

Para a escolha do modelo que melhor se ajusta a curva de crescimento dos peixes foram utilizados os seguintes critérios de seleção: quadrado médio do resíduo (QMR), calculado dividindo-se a soma de quadrados do resíduo pelo número de observações; o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) calculado com o quadrado da correlação entre o peso dos peixes observados e estimados para os modelos não lineares, e calculado pela divisão da soma dos quadrados do modelo estimado pela soma dos quadrados do modelo completo para os

modelos lineares; o desvio médio absoluto dos resíduos (DMA) utilizado para avaliar a qualidade do ajuste, calculado conforme a fórmula a seguir:

$$DMA = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n}, \text{ sendo que:}$$

$Y_i$  é o valor observado;

$\hat{Y}_i$  o valor estimado;

$n$  o tamanho da amostra.

Quando os valores de QMR e DMA foram menores e o  $R^2$  foi maior, melhor foi o ajuste do modelo. A análise gráfica da trajetória da curva de crescimento observada e estimada pelas funções matemáticas também foram utilizadas para a escolha do modelo mais adequado.

Após a escolha do modelo de melhor ajuste à curva de crescimento de cada geração foi realizado o teste de identidade, para verificar se uma única curva seria adequada para descrever o crescimento dos peixes das duas gerações G1 e G2 (geração dos pais e dos filhos). Também foi avaliado se qualquer subconjunto de parâmetros é idêntico, através do teste de razão de verossimilhança para igualdade de parâmetros de modelos de regressão não linear com aproximação dada pela estatística  $F$ , descrito por Bates; Watts (1988).

A escolha da melhor hipótese de nulidade entre parâmetros foi realizada através do critério de informação de Akaike - AIC (AKAIKE, 1974) e do critério de informação Bayesiano - BIC (SCHWARZ, 1978), obtidos da seguinte forma:

$$AIC = -2 L(\hat{\theta}) + 2d;$$

$$BIC = -2 L(\hat{\theta}) + \ln(N)d ;$$

Sendo:  $L(\theta)$  = logaritmo de verossimilhança restrita;

$\ln$  = logaritmo neperiano;

$d$  = representa o número total de parâmetros estimados pelo modelo; e

$N$  é o número total de observações.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As correlações realizadas entre peso corporal, comprimento total, comprimento padrão e altura foram altamente significativas ( $P < 0,001$ ) para todos os parâmetros na maioria das semanas de idade estudadas das duas gerações (Anexo 1), resultados estes que vão de acordo com SANTOS et al. (2007), que trabalhando com peixes da espécie Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) observaram alta correlação entre o peso, comprimento e altura dos animais. Devido estes resultados realizou-se a estimativa das curvas de crescimento utilizando apenas os dados de peso corporal.

As funções não lineares têm sido usadas para descrever o crescimento em peixes (KIVISTE et al., 2002). Neste trabalho ao testar os diferentes modelos não lineares observou-se que para a geração dos pais (G1) os modelos Bianchini, Brody 23, Cobuci, Polinomial Inverso, Papajcsik, Quadrático Logarítmico convergiram. Na geração dos filhos (G2) os modelos que convergiram foram Bianchini, Brody 23, Cobuci, Nally, Polinomial Inverso, Nelder, Papajcsik e Quadrático Logarítmico (Tabela 2).

Tabela 2 - Parâmetros estimados pelos modelos de regressão não linear, quadrado médio do resíduo (QMR), coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e desvio médio absoluto (DMA) para as duas gerações do Acará do Congo Branco.

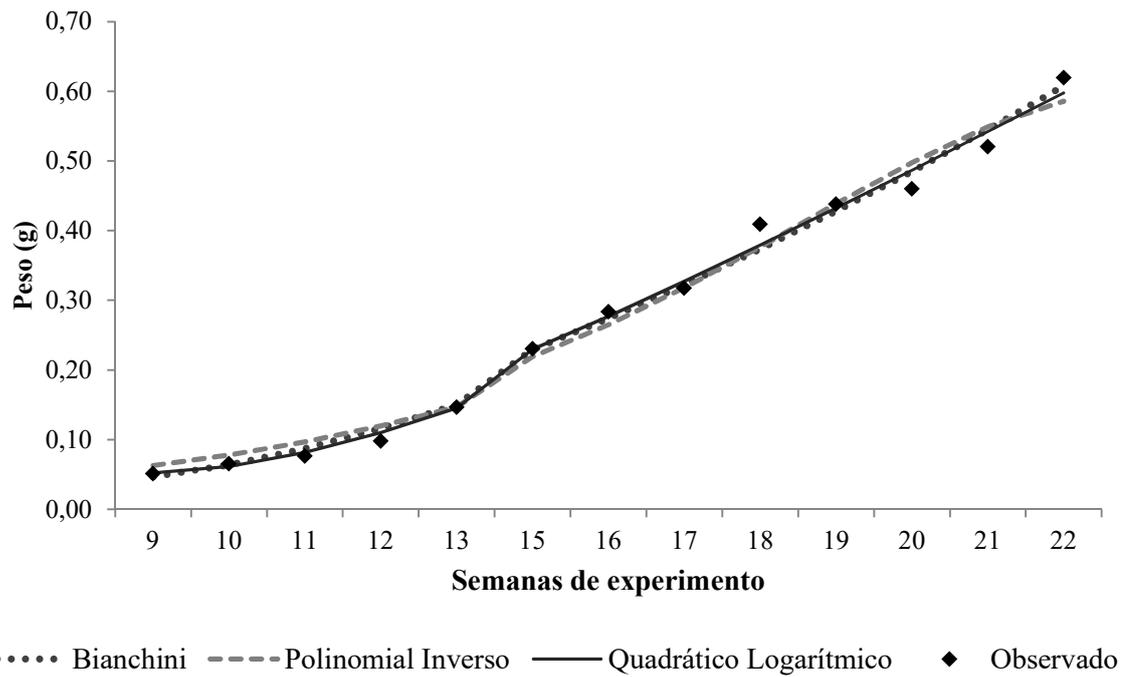
Gerações	Modelos	Parâmetros estimados*				Critérios de escolha		
		A	B	C	D	QMR	$R^2$	DMA
G1	Bianchini 1	-1,597	1,034	2,639		0,0272	0,5183	0,0749
	Brody23	0,020		-0,159		0,0279	0,5061	0,1825
	Cobuci	-1,991		0,028		0,0309	0,4558	0,2975
	Polinomial Inverso	340,900	-27,530	0,625		0,0274	0,5157	0,1061
	Papajcsik	0,003		-0,098		0,0276	0,5115	0,1506
	Quadrático Logarítmico	1,487	0,173	-0,001	-1,312	0,0272	0,5186	0,0687

	Biachini	-1,326	1,0203	2,113		0,0074	0,4153	0,0506
	Brody23	0,041		-0,095		0,0073	0,4159	0,0456
	Cobuci	-1,728		0,051		0,0097	0,2647	0,4181
	Nally	0,212	1,5492	-0,272	-2,197	0,0073	0,4167	0,0374
<b>G2</b>	Polinomial Inverso	63,835	5,1736	-0,233		0,0073	0,4167	0,0355
	Nelder	17,691	-1,0162	0,016		0,0073	0,4167	0,0380
	Papajcsik	0,007		-0,033		0,0074	0,4115	0,0826
	Quadrático							
	Logarítmico	-0,188	-0,0548	0,002	0,293	0,0073	0,4165	0,0035

\* Interpretações dos parâmetros dos modelos: A a estimativa da produção assintótica, associada a um nível inicial; B coeficiente de integração, associada ao tamanho máximo de crescimento); C relaciona-se principalmente permanência (índice de maturidade); D relaciona-se ao aumento de flexibilidade dos parâmetros no ajuste.; t é o dia da pesagem; e refere-se ao termo exponencial, ou seja, o inverso de Ln; ln é o logaritmo neperiano; e  $\epsilon$  é o erro aleatório.

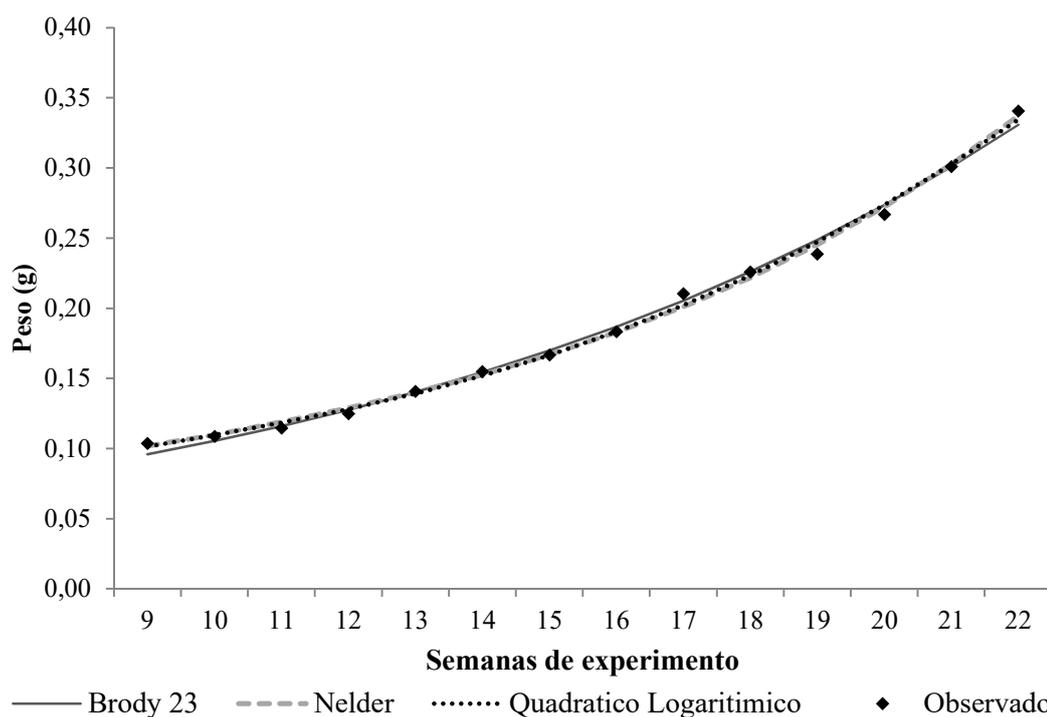
Para a geração 1 os modelos que apresentaram o melhor ajuste conforme os critérios de seleção foram: Bianchini, Polinomial Inverso e Quadrático Logarítmico com menor QMR, DMA e maior R<sup>2</sup>. Ao observar as curvas estimadas por estes modelos não lineares e a curva observada da G1, verificou-se que os três modelos podem ser utilizados para descrever a curva de crescimento (Figura 1).

Figura 1 – Visualização gráfica das curvas de crescimento dos peixes Acará do Congo Branco da Geração 1, observada e estimadas pelos modelos que apresentaram melhor ajuste segundo os critérios de seleção.



Conforme a Tabela 2 os três modelos que melhor se ajustaram aos dados observados na G2 foram Brody 23, Nelder e Quadrático Logarítmico. Ao observar as curvas estimadas para a G2 por estes modelos verificou-se que os três modelos podem ser utilizados para descrever a curva de crescimento dos peixes acará do Congo Branco (Figura 2).

Figura 2 – Visualização gráfica das curvas de crescimento dos peixes Acará do Congo Branco da Geração 2, observada e estimadas pelos modelos que apresentaram melhor ajuste segundo os critérios de seleção.



Observou-se que os modelos de melhor ajuste ao crescimento de Acará do Congo Branco diferem-se dos modelos que melhor se ajustaram ao crescimento de peixes de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em trabalho realizado por Santos et al. (2007) e dos modelos que melhor se ajustaram ao crescimento de Acará Bandeira (*Pterophyllum scalare*) no estudo de Manrique (2012).

Após verificar entre os modelos que convergiram quais descreveram corretamente a curva de crescimento dos peixes, foi escolhido o modelo Quadrático Logarítmico ( $Y = (A + Bt + Ct^2 + D \ln(t)) + \epsilon$ ) para realizar o teste de identidade e igualdade de parâmetros, pois, este modelo teve um bom ajuste para as duas gerações estudadas (Tabela 3).

O teste de identidade que afirma que uma única curva pode servir para descrever o crescimento das duas gerações apresentou diferença significativa ( $P < 0,01$ ), confirmando que não pode utilizar os mesmos parâmetros A, B, C e D para descrever a curva de crescimento das duas gerações, rejeitando-se a hipótese de nulidade H05 apresentada na Tabela 3.

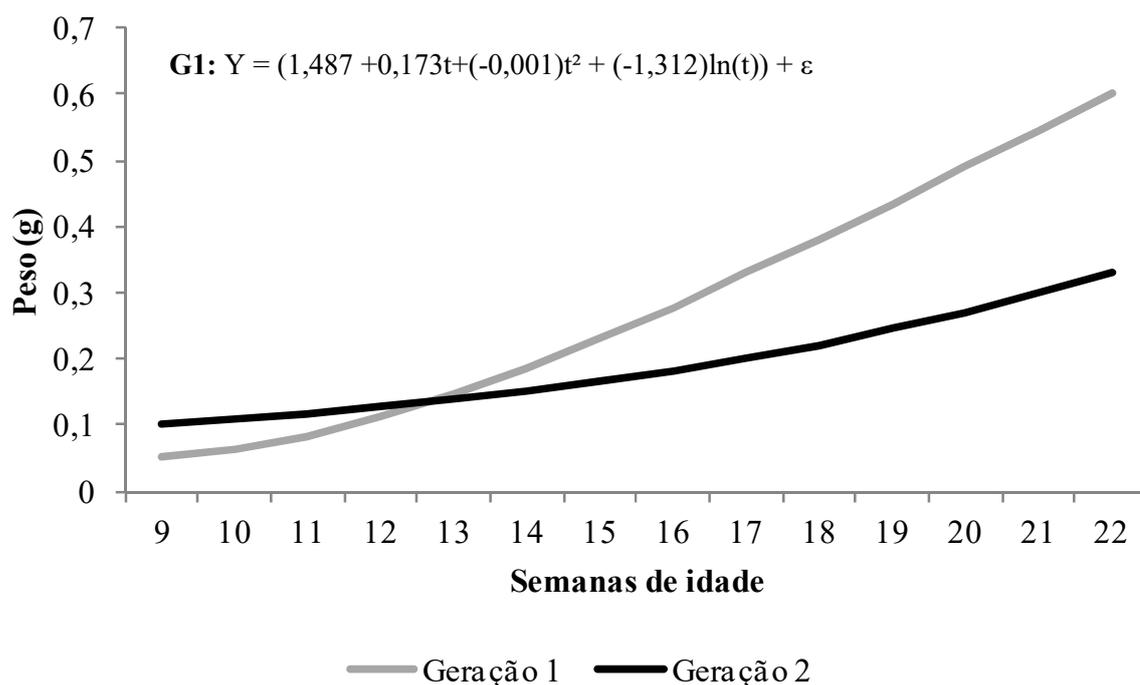
Tabela 3 - Hipóteses do teste de identidade e igualdade de parâmetros do modelo Quadrático Logarítmico  $Y = (A + Bt + Ct^2 + D \ln(t)) + \varepsilon$  das gerações 1 e 2, com critério de informação de Akaike (AIC) e critério de informação Bayesiano.

<i>HIPÓTESES TESTADAS</i>	<i>P-VALUE</i>	<i>AIC</i>	<i>BIC</i>
<b>H0<sub>1</sub>: A<sub>1</sub>=A<sub>2</sub></b>	0,0488	17,8958	56,9892
<b>H0<sub>2</sub>: B<sub>1</sub>=B<sub>2</sub></b>	0,0241	19,1110	58,2044
<b>H0<sub>3</sub>: C<sub>1</sub>=C<sub>2</sub></b>	0,4686	17,9673	57,0607
<b>H0<sub>4</sub>: D<sub>1</sub>=D<sub>2</sub></b>	0,0031	18,6975	57,7909
<b>H0<sub>5</sub>: A<sub>1</sub>=A<sub>2</sub>; B<sub>1</sub>=B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>=C<sub>2</sub>; D<sub>1</sub>=D<sub>2</sub></b>	0,0000	374,8532	397,1984
<b>H0<sub>6</sub>: A<sub>1</sub>=A<sub>2</sub>; B<sub>1</sub>=B<sub>2</sub></b>	0,0234	19,5392	53,0509
<b>H0<sub>7</sub>: A<sub>1</sub>=A<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>=C<sub>2</sub></b>	0,1366	15,9979	49,5096
<b>H0<sub>8</sub>: A<sub>1</sub>=A<sub>2</sub>; D<sub>1</sub>=D<sub>2</sub></b>	0,0050	22,6059	56,1176
<b>H0<sub>9</sub>: B<sub>1</sub>=B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>=C<sub>2</sub></b>	0,0008	26,2675	59,7792
<b>H0<sub>10</sub>: B<sub>1</sub>=B<sub>2</sub>; D<sub>1</sub>=D<sub>2</sub></b>	0,0498	18,0245	51,5362
<b>H0<sub>11</sub>: C<sub>1</sub>=C<sub>2</sub>; D<sub>1</sub>=D<sub>2</sub></b>	0,0682	17,3917	50,9034
<b>H0<sub>12</sub>: A<sub>1</sub>=A<sub>2</sub>; B<sub>1</sub>=B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>=C<sub>2</sub></b>	0,0000	222,4282	250,3571
<b>H0<sub>13</sub>: A<sub>1</sub>=A<sub>2</sub>; B<sub>1</sub>=B<sub>2</sub>; D<sub>1</sub>=D<sub>2</sub></b>	0,0000	90,2282	118,1571
<b>H0<sub>14</sub>: B<sub>1</sub>=B<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>=C<sub>2</sub>; D<sub>1</sub>=D<sub>2</sub></b>	0,0000	258,5487	286,4776

<b>H0<sub>15</sub>: A<sub>1</sub>=A<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>=C<sub>2</sub>; D<sub>1</sub>=D<sub>2</sub></b>	0,0000	162,8776	190,8066
---	--------	----------	----------

A figura 3 confirma a grande diferença entre o comportamento do crescimento das duas gerações. Apesar do mesmo modelo descrever a curva de crescimento os parâmetros estimados se diferem. Houve maior peso inicial da geração dos filhos em comparação a geração dos pais, sendo o peso estimado na 9ª semana de idade de 0,101g e 0,053g respectivamente, no entanto, a geração dos pais teve maior crescimento a partir da 13ª semana de idade.

Figura 3 - Curvas de crescimento estimadas através do modelo não linear Quadrático Logarítmico para a geração 1 dos pais e geração 2 dos filhos.



As curvas de crescimento podem ser aplicadas para resumir, em três ou quatro parâmetros, características de crescimento da população, pois alguns parâmetros dos modelos não-lineares possuem interpretação biológica, como peso assintótico, taxa de crescimento, índice de maturidade além de possibilitar a identificação, população os animais mais pesados em idades mais jovens (FREITAS, 2005).

Na figura 3 pode-se observar que o crescimento dos peixes da G1 foi mais rápido em relação à idade comparando com o crescimento dos peixes da G2, atingindo maior peso ao chegar à maturidade sexual. Os parâmetros estimados determinaram a forma da curva, onde o parâmetro A é uma estimativa de peso assintótico, peso adulto ou peso limite, e foi verificado valores bem distintos deste parâmetro entre as gerações G1 e G2, sendo de 1,487 e -0,188 respectivamente.

Estimar a curva de crescimento tem aplicação prática, com alguns dados observados pode-se prever o comportamento do crescimento dos animais ao longo da vida, caso fosse estimada previamente a curva de crescimento da G2, poderia ter sido feito um manejo diferente do realizado na G1, como o aumento da quantidade de ração fornecida (mais que 3% do peso vivo) após a 13ª semana de idade, objetivando maior peso à maturidade sexual dos peixes da G2. No entanto, os resultados observados também sugerem que devido à

consanguinidade houve o menor desenvolvimento dos animais, que poderiam ou não serem revertidos com adaptações no manejo ambiental.

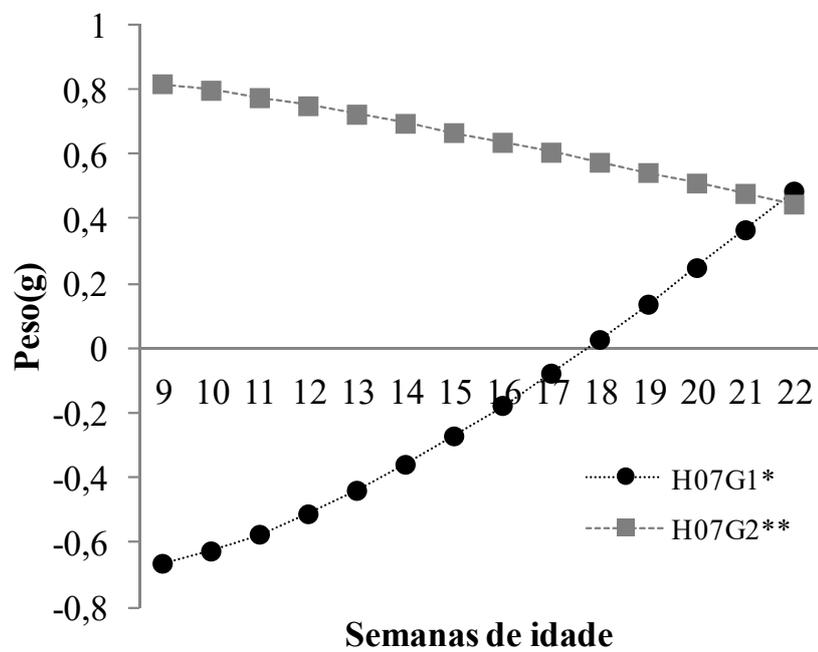
No teste de igualdade de parâmetros foi verificado que os mesmos parâmetros podem ser utilizados para as duas gerações isoladamente, conforme tabela 4, em que não foram rejeitadas ( $P > 0,01$ ) as hipóteses de nulidade H01, H02, H03, H06, H07, H010 E H011. A hipótese que apresentou menor valor dos critérios de seleção (maior ajuste) AIC e BIC foi a H07, porém alguns dos valores de peso apresentaram-se negativos quando testadas as equações do modelo Quadrático Logarítmico para as duas gerações com o mesmo parâmetro A e C, conforme figura 4.

Tabela 4- Hipóteses aceitas pelo teste de igualdade de parâmetros comparativo das gerações 1 e 2, critério de informação de Akaike (AIC) e critério de informação Bayesiano (BIC).

<i>HIPÓTESES ACEITAS</i>	<i>P-VALUE</i>	<i>AIC</i>	<i>BIC</i>
<b>H0<sub>1</sub>: A<sub>1</sub>=A<sub>2</sub></b>	0,0488	17,8958	56,9892
<b>H0<sub>2</sub>: B<sub>1</sub>=B<sub>2</sub></b>	0,0241	19,1110	58,2044
<b>H0<sub>3</sub>: C<sub>1</sub>=C<sub>2</sub></b>	0,4686	17,9673	57,0607
<b>H0<sub>6</sub>: A<sub>1</sub>=A<sub>2</sub>; B<sub>1</sub>=B<sub>2</sub></b>	0,0234	19,5392	53,0509
<b>H0<sub>7</sub>: A<sub>1</sub>=A<sub>2</sub>; C<sub>1</sub>=C<sub>2</sub></b>	0,1366	15,9979	49,5096
<b>H0<sub>10</sub>: B<sub>1</sub>=B<sub>2</sub>; D<sub>1</sub>=D<sub>2</sub></b>	0,0498	18,0245	51,5362
<b>H0<sub>11</sub>: C<sub>1</sub>=C<sub>2</sub>; D<sub>1</sub>=D<sub>2</sub></b>	0,0682	17,3917	50,9034

Observando a figura 4 verificou-se que mesmo não havendo diferença significativa entre os parâmetros testados, não é possível aceitar a hipótese de nulidade, pois, as curvas de crescimento estimadas através das equações geradas não descrevem corretamente o comportamento biológico da espécie estudada.

Figura 4 – Curvas oriundas da hipótese H07 que indica que os parâmetros A e C podem ser os mesmos nas equações das duas gerações.



Equações estimadas:

$$*\mathbf{H07G1: } Y = 0,650 + 0,173t + (0,002t^2) + (-1,312\ln(t)) + \varepsilon$$

$$**\mathbf{H07G2: } Y = 0,650 + (-0,0548t) + (0,002t^2) + (0,293\ln(t)) + \varepsilon$$

## 5 CONCLUSÃO

Os modelos matemáticos não lineares Bianchini, Polinomial Inverso e Quadrático Logarítmico podem ser utilizados para descrever de forma correta a curva de crescimento de geração de peixes Acará do Congo Branco oriundos de acasalamento dirigido não consanguíneo.

Os modelos matemáticos não lineares Brody 23, Nelder e Quadrático Logarítmico podem ser utilizados para descrever corretamente a curva de crescimento de geração consanguínea de peixes Acará do Congo Branco.

Não é possível utilizar os mesmos parâmetros para o modelo Quadrático Logarítmico visando estimar a curva de crescimento de peixes Acará do Congo de duas gerações distintas (pais e filhos).

A visualização gráfica da curva de crescimento de peixes estimada por modelos matemáticos não lineares é um critério de seleção que deve ser utilizado.

A consanguinidade afeta de forma significativa o crescimento de peixes Acará do Congo Branco.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de modelos matemáticas não lineares tem sido uma ferramenta adequada para descrever curvas de crescimento de animais, pelo fato de resumirem um grande número de medidas em poucos parâmetros com significado biológico que colaboram na interpretação e entendimento, permitindo conhecer a função de crescimento de uma população podendo planejar mudanças na estratégia de alimentação e seleção de animais, tendo um maior controle sobre o ganho de peso dos mesmos.

As curvas de crescimento refletem as correlações entre a genética dos animais e fatores externos como temperatura, luz, pH, níveis de amônia, oxigênio dissolvido na água, alimentação, densidade de estocagem. Essas variáveis podem interagir com o genótipo do peixe e gerar variações na taxa de crescimento. O ajuste de curvas de crescimento é uma alternativa para os programas de seleção e melhoramento genético, que visam o aumento na precocidade dos animais e podendo selecionar animais que apresentam altas taxas de crescimento relativo ao peso adulto.



## REFERÊNCIAS

BAENSCH, H. A.; RIEHL, R. Aquarien atlas. Germany: Melle, 1985. 1206 p.

BAILEY, N. J. J. On estimatin their size of mobili population from recapture data. Biometrika. London, p. 239-306, 1950.

BARLOW, J. Nonlinear and logistic Growth in Experimental Populations of Guppie. Ecology, v.73, n.3, p. 941-950, 1992.

BATES, D. M.; WATTS, D. G. No linear regression analysis and its applications. New York: John Wiley. p. 365,1988.

BENTSEN, H. B.; OLESEN, I. Designing aquaculture mass selection programs to avoid high inbreeding rates. Aquaculture. p. 349-359, 2002.

BIANCHINI SOBRINHO, E. Estudo da curva de lactação de vacas da raça Gir. 1984. 88 f. Dissertação (Doutorado em Genética) – Faculdade de Medicina Veterinária de Ribeirão Preto FMVRP/ Universidade de São Paulo USP, São Paulo, 1984.

BORGES, A. Interface “Comparação de curvas de crescimento”: Aplicação informática para auxilio na comparação de curvas de crescimento de populações de peixes. 2008. 122f. Dissertação (mestrado em ensino da Matemática)- Faculdade de Ciências da Universidade de Portugal, Porto.2008.

BRANCO, J. O.; MANSUNARI, S. Crescimento de *Callinectes danae* Smith (decapoda, portunidae) da lagoa de Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. *Revista brasileira de Zoologia*, Curitiba. (1/2): 53-66,

1992.

BRODY, S. A. *Bioenergetics and growth*. New York: Rheinhold, 645 p., 1945.

BRODY, S. A.; RAGSDALE, A. C.; TURNER, C. W. The rate of decline of milk secretion with the advance of the period of lactation. *Journal of Genetic Physiology*, v. 5, n. 4, 441-444 p, 1923.

\_\_\_\_\_. The relation between the initial rise and the subsequent decline of milk secretion following parturition. *Journal of Genetic Physiology*, vol. 6, n. 5, p. 541-545, 1924.

BROWN, J. E.; FITZHUGH, J. R. H. A.; CARTWRIGHT, T. C. A Comparison of Nonlinear Models for Describing Weight- Age Relationships in cattle. *Journal of Animal Science*, Texas, v.42,p.810-818,1976.

CASON, J. A.; BRITTON, W. M. Comparison of Compartmental and Adams-Bell models of poultry egg production. *Poultry Science*, v. 67, n. 2, p. 213-218, 1988.

COBUCCI, J. A. et al. Curva de Lactação na Raça Guzerá. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 5, p. 1332-1329, 2000.

DAVIDIAN, M.; GILTINAN, D.M. Nonlinear models for repeated measurement data.2.ed. London: Chapman Hall, 359 p., 1996.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. Applied regression analysis.2.ed. New York: Wiley, 709 p.,1980.

DUMAS, A.; FRANCE, J.; BUREAU, D. Modelling growth and body composition in fish nutrition: where have we been and where are we going?. Aquaculture Research. v. 41, p. 161-181, 2010.

ENTSUA-MENSAH, M.; OSEI-ABUNYEWA, A.,PALOMARES M. L. D. Length weight relationships of fishes from tributaries of the Volta River, Ghana: Analysis of pooled data sets. Ghana, v. 18, 36-38 p, 1995.

FAO. Ornamenta Aquatic Life: What FAO got to with it?. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1999. Disponível em < <https://www.fao.org/NEWS/1999/990901-e.htm>>. Acesso em: 09 set. 2007.

FREITAS, A. R. Curvas de Crescimento na Produção Animal. R. Bras. Zootec. vol.34 no.3 Viçosa, 2005 Disponível em: <

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516359820050003000](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516359820050003000)

10 > Acesso em: 12 de jan. 2012.

GOMIERO, J. Curvas de crescimento morfométrico e alométrico de piracanjuba (*Bryconorbinyanus*). 2005. 45 f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) Universidade Federal de Lavras, Minas de Gerais. 2005.

HEALD, F. J.; GRIFFITHS, R. G. La determinación; por medio de la lectura de escamas, de la edad de la sardina, sardinela, anchovia, del Golfo de Cariaco, Venezuela Oriental. *Investigación pesquera*, Barcelona, 109p. 1967.

KEELE, J. W.; WILLIAMS, C. B.; BENNETT, G. L. A computer model to predict the effects of level of nutrition on composition of empty body gain in beef cattle: I. Theory and development. *Journal of Animal Science*, V. 70 , n.3, p.841-857, 1992.

LAIRD, A. K. Dynamics of relative growth. *Bar Harbor*, v. 29, p. 249-263, 1966.

LIMA, A. O.; BERNARDINO, G.; PROENÇA, C. E. M. Agronegócio de peixes ornamentais no Brasil e no mundo. *Panorama da Aqüicultura*, v.11, n.65, p.14-24, 2001.

LOBÃO, V. L. et al. Estado populacional de *Macrobrachium heterochaelum* (Ortmann, 1987) (Decapoda, Palaemonidae) do Rio Buava. SP. *Boletim do Instituto da Pesca*, São Paulo, 13(2):37-43, 1987.

MANSOUR, H.; JENSEN, E. L.; JOHNSON, L. P. Analysis of covariance structure of repeated measurements in Holstein conformation traits. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.8, p.2757-2766, 1991.

MANRIQUE, C. H. E. Modelos não lineares, alometria e dinâmica de macromoléculas para analisar o crescimento do Acará Bandeira (*Pterophyllum scalare*). 2012. ix, 93 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/86667>> Acesso em 01.03.2018..

NELDER, J. A. Inverse polynomials a useful group of multi-factor response functions. *Biometrics*, v. 22, n. 1, p. 128-141, 1966.

\_\_\_\_\_. The fitting of a generalization of the logistic curve. *Biometrics*, v. 17, p. 89-94, 1961.

PAPAJCSIK, I. A.; BODERO, J. Modelling lactation curves of Friesian cows in a subtropical climate. *Animal Production*, v. 47, n. 2, p. 201-207, 1988.

QUEIROZ, F. A. Estudos sobre os comportamentos reprodutivos e cuidados parentais em ciclídeos neotropicais. 2013. 45 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro, 2013.

QUINTON, M.; SMITH, C.; GODDARD, M. E. Comparison of selection methods at the same level of inbreeding. *Journal of Animal. Science*. 70:1060-1067, 1992.

RIBEIRO, F. A. S. Panorama mundial do mercado de peixes ornamentais. *Panorama da Aqüicultura*, julho-agosto, p32-37. 2008.

RICHARDS, F. J. A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v.1959, 10, p. 290-300.

SANDLAND, R. L.; MCGILCHRIST, C. A. Stochastic growth curve analysis. *Biometrics*, v.35, n.1, p.255-271, 1979.

SANTOS, V. B. et al. Avaliação de cursas de crescimento morfométrico de linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1486-1492, set./out., 2007

SARMENTO, J. L. R. et al. Estudo de Curva de Crescimento de Ovino Santa

Inês. *R. Bras. Zootec.*, v.35, n.2, p.435-442, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v35n2/a14v35n2.pdf>>. Acesso em: 18 de nov. 2011.

SCHWARZ, G. Estimating the dimensional of a model. *Annals of Statistics*. Hayward, v.6, n.2, p.461-464, mar, 1978.

SILVA, S. L. Análise Comparativa do Crescimento de Guppys (*Poecilia reticulata*) em Diferentes Ambientes. In: X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão - JEPEX 2010.

STATISTICAL ANALYSES SYSTEM - SAS/STAT(r) 9.2 User's guide. Cary, 2001. 7857p.

VON BERTALANFFY, L. Quantitative laws in metabolism and growth. *Quarterly Review of Biology*, v. 32, p. 218, 1957.

WEIBULL, W. A. Statistical distribution function of wide applicability. *Journal of Applied Mechanics*, p. 292 - 297. 1951.

WOOD, P. D. P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature*, n. 216, p. 164-165, 1967.

ZURLO, G.; SCHLESER, D. M. *Cichlids: Everything about Purchase, Care, Nutrition, Reproduction, and Behavior (A complete pet owner's manual Barron's)*. Complete Pet Owner's Manuals Barron's Educational series, 2002.

**ANEXOS**

**ANEXO 1** – Resultados das análises de correlação entre os parâmetros peso corporal, comprimento total, comprimento padrão e altura dos peixes Acará do Congo Branco, das duas gerações G1 e G2, conforme resultados do programa estatístico SAS.

**GERAÇÃO 1**

The CORR Procedure = Pearson Correlation Coefficients

Comprimento padrão = COMPAD

Comprimento Total = COMTOT

----- semana=9 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.85774	0.83129	0.83641
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.85774	1.00000	0.94907	0.88466
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.83129	0.94907	1.00000	0.84678
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.83641	0.88466	0.84678	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=10 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.88207	0.90020	0.84650
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.88207	1.00000	0.96172	0.89170
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.90020	0.96172	1.00000	0.89496
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.84650	0.89170	0.89496	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=11 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.93865	0.91125	0.89378
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.93865	1.00000	0.94672	0.90018
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.91125	0.94672	1.00000	0.88568
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.89378	0.90018	0.88568	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=12 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
--	------	--------	--------	--------

PESO	1.00000	0.93002	0.95317	0.90879
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.93002	1.00000	0.96462	0.87939
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.95317	0.96462	1.00000	0.89709
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.90879	0.87939	0.89709	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=13 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.88866	0.90964	0.87018
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.88866	1.00000	0.94660	0.86244
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.90964	0.94660	1.00000	0.86548
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.87018	0.86244	0.86548	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=15 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
--	------	--------	--------	--------

PESO	1.00000	0.91830	0.90029	0.88800
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.91830	1.00000	0.96039	0.91709
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.90029	0.96039	1.00000	0.92316
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.88800	0.91709	0.92316	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=16 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.92634	0.92779	0.91389
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.92634	1.00000	0.95820	0.94191
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.92779	0.95820	1.00000	0.92661
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.91389	0.94191	0.92661	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=17 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.93445	0.55796	0.59060

		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.93445	1.00000	0.55914	0.57992
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.55796	0.55914	1.00000	0.97917
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.59060	0.57992	0.97917	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=18 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.92149	0.94986	0.92543
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.92149	1.00000	0.96075	0.91544
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.94986	0.96075	1.00000	0.92623
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.92543	0.91544	0.92623	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=19 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.95930	0.95485	0.92303

		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.95930	1.00000	0.96722	0.93607
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.95485	0.96722	1.00000	0.90806
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.92303	0.93607	0.90806	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=20 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.95151	0.96266	0.93015
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.95151	1.00000	0.97338	0.93083
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.96266	0.97338	1.00000	0.94510
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.93015	0.93083	0.94510	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=21 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.95463	0.96038	0.94558
		<.0001	<.0001	<.0001

COMPAD	0.95463	1.00000	0.98664	0.94696
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.96038	0.98664	1.00000	0.95218
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.94558	0.94696	0.95218	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=22 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.66190	0.83643	0.87986
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.66190	1.00000	0.42591	0.77848
	<.0001		0.0018	<.0001
COMTOT	0.83643	0.42591	1.00000	0.81617
	<.0001	0.0018		<.0001
ALTURA	0.87986	0.77848	0.81617	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

#### GERAÇÃO 2

The CORR Procedure = Pearson Correlation Coefficients

Comprimento padrão = COMPAD

Comprimento Total = COMTOT

----- semana=9 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
--	------	--------	--------	--------

PESO	1.00000	0.25263	0.27845	0.25288
		0.0407	0.0236	0.0405
COMPAD	0.25263	1.00000	0.94360	0.87722
	0.0407		<.0001	<.0001
COMTOT	0.27845	0.94360	1.00000	0.90627
	0.0236	<.0001		<.0001
ALTURA	0.25288	0.87722	0.90627	1.00000
	0.0405	<.0001	<.0001	

----- semana=10 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.34139	0.29655	0.21994
		0.0062	0.0183	0.0833
COMPAD	0.34139	1.00000	0.97960	0.89136
	0.0062		<.0001	<.0001
COMTOT	0.29655	0.97960	1.00000	0.91413
	0.0183	<.0001		<.0001
ALTURA	0.21994	0.89136	0.91413	1.00000
	0.0833	<.0001	<.0001	

----- semana=11 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.94326	0.94608	0.94177

		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.94326	1.00000	0.98608	0.92563
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.94608	0.98608	1.00000	0.93377
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.94177	0.92563	0.93377	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=12 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.95285	0.94407	0.93344
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.95285	1.00000	0.97431	0.91902
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.94407	0.97431	1.00000	0.92985
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.93344	0.91902	0.92985	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=13 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.95069	0.96464	0.93977

		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.95069	1.00000	0.98614	0.93004
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.96464	0.98614	1.00000	0.93077
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.93977	0.93004	0.93077	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=14 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.95117	0.96625	0.95434
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.95117	1.00000	0.97836	0.92596
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.96625	0.97836	1.00000	0.95221
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.95434	0.92596	0.95221	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=15 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.95415	0.97415	0.96009
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.95415	1.00000	0.97198	0.94279

	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.97415	0.97198	1.00000	0.95929
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.96009	0.94279	0.95929	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=16 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.96486	0.98377	0.95487
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.96486	1.00000	0.98242	0.93907
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.98377	0.98242	1.00000	0.95454
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.95487	0.93907	0.95454	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=17 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.70931	0.67411	0.69771
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.70931	1.00000	0.93989	0.95141

	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.67411	0.93989	1.00000	0.90062
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.69771	0.95141	0.90062	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=18 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.95459	0.97141	0.96575
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.95459	1.00000	0.96572	0.94583
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.97141	0.96572	1.00000	0.97119
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.96575	0.94583	0.97119	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=19 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.93051	0.96842	0.95411
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.93051	1.00000	0.95663	0.93099
	<.0001		<.0001	<.0001

COMTOT	0.96842	0.95663	1.00000	0.95651
	<.0001	<.0001		<.0001

ALTURA	0.95411	0.93099	0.95651	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=20 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.96988	0.97522	0.96895
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.96988	1.00000	0.99429	0.95687
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.97522	0.99429	1.00000	0.96454
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.96895	0.95687	0.96454	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=21 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.97030	0.95098	0.96533
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.97030	1.00000	0.96904	0.95954
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.95098	0.96904	1.00000	0.94099

	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.96533	0.95954	0.94099	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	

----- semana=22 -----

	PESO	COMPAD	COMTOT	ALTURA
PESO	1.00000	0.97259	0.97558	0.97144
		<.0001	<.0001	<.0001
COMPAD	0.97259	1.00000	0.99532	0.96653
	<.0001		<.0001	<.0001
COMTOT	0.97558	0.99532	1.00000	0.97444
	<.0001	<.0001		<.0001
ALTURA	0.97144	0.96653	0.97444	1.00000
	<.0001	<.0001	<.0001	