

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE ZOOTECNIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**DISSERTAÇÃO**

**Modelagem do Crescimento de Truta Arco-íris na Fase Engorda**

**Peter Charrie Janampa Sarmiento**

**2018**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**MODELAGEM DO CRESCIMENTO DE TRUTA ARCO-ÍRIS NA FASE DE  
ENGORDA**

**PETER CHARRIE JANAMPA SARMIENTO**

*Sob orientação do Pesquisador*  
**Marcelo Maia Pereira**

*Co-orientação dos Pesquisadores*  
**Rodrigo Takata**  
**Thiago Mendes de Freitas**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal.

Seropédica, Rio de Janeiro  
Agosto de 2018

---

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S246m Sarmiento, Peter Charrie Janampa, 26/02/1988-  
Modelagem do Crescimento de Truta Arco-íris na Fase  
de Engorda / Peter Charrie Janampa Sarmiento. - 2018.  
49 f.: il.

Orientador: Marcelo Maia Pereira.  
Coorientador: Rodrigo Takata.  
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal  
Rural do Rio de Janeiro, PPGZ/ZOOTECNIA, 2018.

1. CRESCIMENTO ANIMAL. 2. MODELAGEM MATEMÁTICA. 3.  
AQUICULTURA. 4. TRUTA ARCO-ÍRIS. I. Pereira, Marcelo  
Maia, 1982-, orient. II. Takata, Rodrigo, 1982-,  
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro. PPGZ/ZOOTECNIA. IV. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE ZOOTECNIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PETER CHARRIE JANAMPA SARMIENTO**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de Concentração em Produção Animal.

**DISSERTAÇÃO APROVADA EM 03/08/2018**

  
Marcelo Maia Pereira, Dr. FIPERJ  
(Presidente)

  
Vinicius Pimentel Silva, Dr. UFRRJ

  
Cleber Fernando Menegasso Mansano,  
Dr. UNIVERSIDADE BRASIL

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho.

À meus pais Maribel e Pedro, meu irmão Ketin, minhas mamitas Valentina (*in memoriam*) e Julita, meus taitas Alvino (*in memoriam*) e Flavio, meus filhos Michin (*in memoriam*), Yony, Soni, Filip, Lady (*in memoriam*) e Machetero, e todos meus familiares do Perú; embora a distância é um impedimento de olharmos fisicamente, nossos lassos ficam mais fortes do que nunca.

Finalmente, Verónica, minha admiração e meu sustento nesta vida. Você é o motivo e a consequencia de todo esse longe caminho que a gente se tem proposto a seguir até o final, e com certeza vamos conseguir!!!

## AGRADECIMENTOS

Meu maior agradecimento à CAPES pelo auxílio financeiro (Programa Demanda Social). À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de começar essa etapa tão importante da minha vida.

Fico feliz por ter conhecido muita gente interessante e amigável como são: Marcelo Maia Pereira, por ter paciência e muita vontade de compartilhar os conhecimentos transmitidos como orientador. Igualmente, a meus co-orientadores Rodrigo e Thiago pela ajuda e tempo concedidos.

Um reconhecimento especial aos professores Cesar (*in memoriam*), Rodrigo, Leonardo, Ana, Jailson, Vinicius, Augusto, Tatiana, Herculano, Augusto por me mostrar a qualidade do ensino universitário no Brasil, e ao funcionário Marcelo por se destacar com profissionalismo nas atividades burocráticas próprias do programa.

Um grande abraço e já com saudades para meus companheiros e amigos cultivados durante esta corta permanência: Guilherme, Cristiane, Liliam, Sonia, Juan, Carlos, Paulo, Jairo, Priscila, Gabriela, Rafaela, Tulio, Gelsi (*in memoriam*), entre outros que não consigo lembrar, mas que ficam presentes sempre.

Aos meus amigos e mestres Dra Nieves, MV Gina, Eng. Mario, Eng. Pierre, Eng. Erich, e todos os piscicultores que eu tenho conhecido no Perú. A aprendizagem nunca terminará, e que bom que seja assim!!!

## RESUMO

Janampa-Sarmiento, Peter Charrie. **Modelagem do crescimento de truta arco-íris na fase de engorda**. 2018. 49p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Instituto de Zootecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

A utilização de modelos matemáticos através do uso de equações não lineares é uma importante ferramenta para representar o crescimento animal. No presente estudo foram utilizados quatro modelos não lineares (Gompertz, Von Bertalanffy, Logístico e Brody) para modelar o crescimento em peso e comprimento de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) durante 98 dias de cultivo na fase de engorda em condições de cultivo comercial. Esses modelos possuem 03 parâmetros: A (peso “g” ou comprimento “cm” na primeira maturação do peixe), B (Índice de precocidade), T (idade “dias” em que a taxa de crescimento é máxima, nos modelos Logístico e Gompertz), K (parâmetro de integração sem interpretação biológica, nos modelos Brody e Bertalanffy). Foram mantidas 900 trutas com peso e comprimento médio inicial e idade pós-eclosão de  $122,11 \pm 15,6g$ ;  $22,42 \pm 0,71cm$ ; e 273 dias, respectivamente, em nove tanques de material nobre, sendo que a cada três tanques foram alimentados com 03 rações comerciais diferentes. O ajuste baseou-se na teoria dos Mínimos Quadrados por meio do método iterativo de Marquardt. Os procedimentos computacionais foram realizados pelo PROC NLIN do SAS. Foram realizados três níveis de análises para peso e comprimento a fim de testar a robusticidade do ajuste dos modelos utilizados: i) análise individual de cada tanque, ii) análises de três tanques submetidas a uma mesma ração, e iii) análise que envolve todos os tanques. A avaliação dos modelos ajustados foi procedida por critérios de ajustes: capacidade de convergência, coeficiente de determinação ( $R^2$ ), quadrado médio do resíduo (QMR), critério de Akaike (AIC), desvio médio absoluto dos resíduos (DMA), erro porcentual médio (EPM), a congruência e utilidade das informações geradas pelo modelo ajustado respeito ao crescimento biológico da truta, e examinação e distribuição dos resíduos e resíduos studentizados. Só os modelos Logístico, Gompertz e Bertalanffy convergiram aos dados em peso para cada um dos níveis, dos quais os parâmetros A ( $\leq 580,10 - 714,10 \geq$ ), B ( $\leq 0,0196 - 0,0346 \geq$ ) e T ( $\leq 311,80 - 341,40 \geq$ ) obtidos pelo modelo Logístico atingiram os melhores valores dos avaliadores de ajuste ( $R^2 \leq 0,9460 - 0,8051 \geq$ ; QMR  $\leq 2889,60 - 1223,80 \geq$ ; AIC  $\leq 14062,06 - 1391,37 \geq$ ; DMA  $\leq 35,92 - 24,59 \geq$ ). Já para dados em comprimento, se observaram casos de não convergência em todos os modelos nos níveis 1 e 2, entretanto os parâmetros A ( $\leq 39,63 - 387,30 \geq$ ), B ( $\leq 0,0041 - 0,0144 \geq$ ) e T ( $\leq 255,20 - 959,80 \geq$ ) obtidos pelo modelo Logístico atingiram os melhores valores dos avaliadores de ajuste ( $R^2 \leq 0,9984 - 0,9970 \geq$ ; QMR  $\leq 2,20 - 1,18 \geq$ ; AIC  $\leq 1395,20 - 37,48 \geq$ ; DMA  $\leq 1,08 - 0,82 \geq$ ). Conclui-se que informações em peso tiveram maior capacidade de se ajustar ao modelo Logístico, apesar que esse modelo tem tendência à superestimativa (EPM  $\leq -1,00 - -3,78 \geq$ ) e presença de valores discrepantes. Finalmente, observou-se que os dados em comprimento se apresentaram com um padrão de distribuição demais complexos e, portanto, os dados apresentaram dificuldade em se ajustar em todos os modelos, sendo não recomendáveis para modelar o crescimento em comprimento em truta arco-íris na fase de engorda.

**Palavras chaves:** Modelagem, Crescimento, Gompertz, Logístico, Bertalanffy, Brody.

## ABSTRACT

JANAMPA-SARMIENTO, Peter Charrie. **Fitting nonlinear equations to the growth-out phase of commercial rainbow trout.** 2018. 49p. Dissertation (Masters in Animal Science). Zootecny Institute, Federal Rural University from Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

The mathematical modelling through the use of nonlinear equations is an important tool to represent animal growth. In the present study, four nonlinear models (Gompertz, Von Bertalanffy, Logistic and Brody) were used to model the growth in weight and length of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during 98 days of culture on the fattening phase. These models have 03 parameters: A (weight "g" or length "cm" in the first maturation of the fish), B (precocity index), T (age "days" where the growth rate is maximum, in Logistic and Gompertz equation), K (integration parameter without biological interpretation, in the Brody and Bertalanffy equation). Nine hundred trouts of average initial weight and length and post hatch age of  $122.11 \pm 15.6g$ ,  $22.42 \pm 0.71cm$  and 273 days, respectively, were maintained in nine similar tanks (100 fish by tank). Each three tanks were fed with 03 different commercial rations. The adjustment was based on the Least Squares theory using the Marquardt iterative method. The computational procedures were performed by PROC NLIN of SAS. Three levels of weight and length analyzes were performed to test the robustness of fit of the models used: i) individual analysis of data growth for each tank), ii) analyzes of data growth from three tanks submitted to the same feed, and iii) analysis involving data growth from all the tanks. Adjustment criteria was: convergence capacity, coefficient of determination ( $R^2$ ), mean square of residue (QMR), Akaike criterion (AIC), mean absolute residue deviation (DMA), mean percentage error (EPM), congruence and usefulness of the information generated by the adjusted model regarding the biological growth of the trout, and the examination and distribution of the residues and studentized residues. Only the Logistico, Gompertz and Bertalanffy models converged to weight data for all the levels analyzes. Parameters A ( $\leq 580,10 - 714,10 \geq$ ), B ( $\leq 0,0196 - 0,0346 \geq$ ) and T ( $\leq 311,80 - 341,40 \geq$ ) obtained by the Logistic model reached the best values of the fitters ( $R^2 \leq 0,9460 - 0,8051 \geq$ ; QMR  $\leq 2889,60 - 1223,80 \geq$ ; AIC  $\leq 14062,06 - 1391,37 \geq$ ; DMA  $\leq 35,92 - 24,59 \geq$ ). For length data, there were cases of non-convergence in all models at level analyses i and ii. However, the parameters A ( $\leq 39,63 - 387,30 \geq$ ), B ( $\leq 0,0041 - 0,0144 \geq$ ) and T ( $\leq 255,20 - 959,80 \geq$ ) obtained by the Logistic model reached the best values of the fitters ( $R^2 \leq 0,9984 - 0,9970 \geq$ ; QMR  $\leq 2,20 - 1,18 \geq$ ; AIC  $\leq 1395,20 - 37,48 \geq$ ; DMA  $\leq 1,08 - 0,82 \geq$ ) and their calculated growth values were congruent with biological features growth of rainbow trout. Notwithstanding, this model tends to overestimate growth (EPM  $\leq -1,00 - -3,78 \geq$ ) and presents discrepant values. We concluded, weight data growth of rainbow trout on fattening phase was more able to fit to the Logistic model. Finally, length data growth have presented more complex distribution pattern and, therefore, difficulties in adjusting by all the models. Then, these models are not recommended for length growth modelling of rainbow trout on fattening phase.

**Keywords:** Modelling, Growth, Logistic, Gompertz, Bertalanffy, Brody.



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.	Idade em dias, peso médio (PM) em gramas, comprimento médio (CM) em centímetros, e desvio padrão obtidos nas biometrias.....	9
Tabela 2.	Equações ajustadas ao crescimento de truta arco íris de cultivo.....	11
Tabela 3.	Parâmetros obtidos das equações para os dados de crescimento em peso nos diferentes níveis.....	15
Tabela 4.	Parâmetros obtidos das equações para os dados de crescimento em comprimento.....	16
Tabela 5.	Parâmetros obtidos a partir da regressão $P=cC^d$ ; onde $P$ é o tamanho em peso (g), $C$ o tamanho em comprimento (cm), $c$ uma constante e $d$ é a constante de alometria.....	23
Tabela 6.	Avaliadores do ajuste das equações utilizadas para os dados de crescimento em peso.....	24
Tabela 7.	Avaliadores do ajuste das equações utilizadas para os dados de crescimento em comprimento.....	25
Tabela 8.	Erro percentual médio (%) dos modelos ajustados para dados em peso.....	27
Tabela 9.	Erro de percentual médio (%) dos modelos ajustados para dados em comprimento.....	27
Tabela 10.	Frequência de valores discrepantes segundo a distribuição dos Resíduos Studentizados no ajuste do crescimento em peso (g) mediante os modelos Gompertz, Logístico, Brody e Bertalanffy; SC: sem convergência.....	28
Tabela 11	Frequência de valores discrepantes segundo a distribuição dos Resíduos Studentizados no ajuste do crescimento em comprimento (cm) mediante os modelos Gompertz, Logístico, Brody e Bertalanffy; SC: sem convergência.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Modelos ajustados aos dados em peso (g) no nível 1. $R^2$ : Coeficiente de correlação para cada modelo: Bertalanffy (azul), Logístico (vermelho), Brody (verde), Gompertz (preto) .....	18
Figura 2.	Modelos ajustados aos dados em peso (g) no nível 2. $R^2$ : Coeficiente de correlação para cada modelo: Bertalanffy (azul), Logístico (vermelho), Brody (verde), Gompertz (preto).....	19
Figura 3.	Modelos ajustados aos dados em peso (g) no nível 3. $R^2$ : Coeficiente de determinação para cada modelo: Bertalanffy (azul), Logístico (vermelho), Gompertz (preto).....	19
Figura 4.	Modelos ajustados aos dados em comprimento (cm) no nível 1. $R^2$ : Coeficiente de determinação para cada modelo: Bertalanffy (azul), Logístico (vermelho), Brody (verde), Gompertz (preto).....	20
Figura 5.	Modelos ajustados aos dados em comprimento (cm) no nível 2. $R^2$ : Coeficiente de determinação para cada modelo: Bertalanffy (azul), Logístico (vermelho), Brody (verde), Gompertz (preto).....	21
Figura 6.	Modelos ajustados aos dados em comprimento (cm) no nível 3. $R^2$ : Coeficiente de determinação para cada modelo: Bertalanffy (azul), Logístico (vermelho), Brody (verde), Gompertz (preto).....	21

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 A Truticultura no Brasil.....	2
2.2 Crescimento Animal e Modelagem.....	2
2.3 Equações Não Lineares.....	4
2.3.1 Equação de Gompertz.....	4
2.3.2 Equação de Bertalanffy.....	5
2.3.3 Equação logística.....	5
2.3.4 Equação de Brody.....	6
2.4 Ajuste de Equações Não Lineares e Critérios de Avaliação.....	6
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	8
3.1 Descrição dos Dados.....	8
3.1.1 Local.....	8
3.1.2 Animais e métodos de criação.....	8
3.1.3 Biometrias e obtenção de dados.....	8
3.2 Análises e Estatística.....	11
3.2.1 Modelos Não Lineares.....	11
3.2.2 Critérios de avaliação e escolha do modelo.....	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
5 CONCLUSÃO.....	30
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
7 ANEXOS.....	38

## 1 INTRODUÇÃO

O cultivo de truta arco-íris é uma das atividades aquícolas mais difundidas pelo globo e sua contribuição na aquicultura mundial (sem considerar o cultivo de plantas aquáticas) corresponde a pouco mais do 1% e 1,4% em termos de quantidade e valor gerado, respectivamente. Com uma produção mundial de 814.091 Toneladas para o ano 2016, a truticultura consolidou um crescimento do 0,08% em relação o ano anterior e uma renda de 3.409.137 de milhares de dólares (FAO, 2018).

A grande demanda do filé de truta arco-íris se sustenta porque é um bom produto para consumo humano em termos de valor nutricional por conter todos os aminoácidos essenciais, (SABETIAN et al., 2012), aliás possui ainda menor teor de gordura saturada o que é recomendável para a prevenção de doença cardiovascular (SCHERR et al., 2014). Além disso, o file de esse peixe tem um amplo mercado consumidor por causa da sua textura macia e delicada, a coloração branca até a rosa, e o sabor suave. O tamanho comercial entre 200 a 400g é geralmente atingido depois de 12 a 18 meses de cultivo (FAO, 2018).

A truta arco-íris é uma espécie carnívora que se alimenta de rações com altos níveis de proteína (45 a 50% de proteína bruta) e energia em torno de 4.500 kcal/kg (RODRIGUES et al., 2013). Dietas com altos teores de proteína possuem desvantagens pelo alto custo financeiro, por isso estudar o crescimento do animal a fim de melhorar a sua eficiência alimentar é necessária. Nesse sentido, equações matemáticas que auxiliem no desenvolvimento de um modelo que represente o crescimento animal são procuradas. As equações não lineares têm sido muito adotadas para modelar o crescimento populacional e individual de peixes em seu meio natural, no entanto vem surgindo pesquisas na modelagem do crescimento de peixes de aquicultura com resultados relevantes (LUGERT et al., 2014).

Por tanto, o objetivo do presente trabalho visa procurar os melhores modelos matemáticos que descrevam o crescimento da truta arco-íris de cultivo na fase de engorda por meio do ajuste de quatro equações não lineares.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A Truticultura no Brasil

A truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) é um peixe da família salmonidae, originária do oeste da América do Norte que foi introduzida pela primeira vez no Brasil em 1949, por iniciativa do Ministério da Agricultura para povoar os rios das regiões serranas, aparentemente com fins de pesca esportiva e turismo (LAZZAROTTO e CARAMASCHI, 2009).

Restrita a regiões frias no Brasil, a truticultura representa uma atividade econômica alternativa como empreendimentos agrícolas familiares devido a recursos hídricos limitados. Os maiores produtores encontram-se nas regiões da Serra da Mantiqueira, distribuídos nos três estados (São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais) a qual essa cadeia de montanhas se insere; a Região Serrana do estado do Rio de Janeiro (conhecida como serra dos órgãos parte específica da cadeia de montanhas da Serra do Mar), Serra do Caparaó (Espírito Santo) e Santa Catarina, (MACHADO et al., 2007; MACHADO, 2013).

Segundo o IBGE a produção de truta no Brasil para o ano 2016 foi de 1.690,63 Toneladas, sendo os estados participantes na produção nacional em ordem decrescente: Minas Gerais (888,1 Toneladas), Santa Catarina (700,08 Toneladas), Rio de Janeiro (86,16 Toneladas), São Paulo (7,25 Toneladas), Espírito Santo (4,8 Toneladas), Rio Grande do Sul (4,1 Toneladas), e Paraná (0,14 Toneladas).

Já a importação de salmonídeos chilenos foi de 72, 331 Toneladas no ano 2016, representando o 22.1% da importação total de pescado do Brasil (MDIC, 2018); isto demonstra que a demanda interna por esse tipo de peixes é significativa, ocupando um nicho de mercado específico em que poucas espécies podem substituí-las devidas às características de cor, sabor e textura. É por isso que se incentiva o cultivo de truta arco-íris em regiões do Brasil com potencialidade para o seu fomento (SEBRAE, 2015).

### 2.2 Crescimento Animal e Modelagem

O crescimento envolve o incremento no tamanho do animal, acompanhado por mudanças nos componentes do corpo (sistema muscular, esquelético, digestório, etc.), este último também conhecido como desenvolvimento (MANSANO et al., 2017).

Em termos gerais, o crescimento pode ser aplicado a uma unidade individual como em um animal; um número de unidades como em uma população; ou a uma mistura dos dois como no crescimento de uma floresta (WIDDOWSON, 1980). Já no sentido dos processos produtivos agrários, são tipos de crescimento ou relacionados a ele a produção de: carne, ovos, leite, gordura e outros produtos obtidos através da criação de animais domésticos (BRODY, 1945).

O crescimento do corpo dos animais é causado por dois mecanismos que acontecem no nível celular: o crescimento celular (hiperplasia) e multiplicação celular (hipertrofia) que ocorrem ao mesmo tempo e geralmente com o predomínio de um sobre o outro, gerando-se padrões de crescimento diferenciados segundo a idade ou a etapa de vida do animal (WIDDOWSON, 1980).

Para o caso específico do crescimento muscular pós-embrionário em peixes, a hiperplasia e a hipertrofia estão associadas a períodos de crescimento lento e rápido,

respectivamente. As contribuições desses mecanismos para aumentar a massa muscular variam principalmente com o peso corporal, sendo que em truta arco-íris a hiperplasia predomina quando o peso é menor a 25g, enquanto a importância da hipertrofia só aumenta depois. Vemos assim que o padrão de crescimento muda à medida que os peixes se aproximam do seu tamanho na maturidade sexual e esta mudança é devido à partição de nutrientes entre o crescimento somático e o início do crescimento reprodutivo (DUMAS et al., 2007).

Entretanto, quando é relacionado o peso com o comprimento, observasse certas características do crescimento animal. Temos assim a equação geral da relação peso-comprimento  $P = c * C^d$ ; onde  $P$  é o peso,  $C$  é o comprimento,  $c$  é uma constante, e  $d$  é o coeficiente de alometria. O coeficiente de aloemtria, também nomeado como coeficiente de crescimento, indica dois tipos de crescimento: isométrico (quando  $d = 3$ , as velocidades do crescimento em peso e comprimento são proporcionais) e alométrico (quando  $d \neq 3$ ), podendo ser duas as possibilidades, alométrico negativo (quando  $d < 3$ , a velocidade do crescimento em peso é menor do que o comprimento) e alométrico positivo (quando  $d > 3$ , a velocidade do crescimento em peso é maior do que o comprimento) (SILVA et al., 2015).

Dentro das características do crescimento biológico da truta arco-íris em peso e comprimento, temos que foi observado peixes com peso de até 21,7 kg e comprimento de 106,68 cm em condições de vida livre (IGFA, 2018). Já em cativeiro o peso à maturidade variou entre 500g e 3000 g dependendo da quantidade de energia fornecida na alimentação (SALEM et al., 2013), e foi observado diferenças do crescimento por efeito do dimorfismo sexual (SHEEHAN et al., 1999) e pelas condições de cultivo a que são submetidos (DAVIDSON et al., 2014).

Por outro lado, quando as mudanças do tamanho e peso animal é relacionado ao tempo, uma ampla gama características definidoras do crescimento é descoberta, tais como: taxas de crescimento com períodos de aceleração e desaceleração por conta das diferentes fases do desenvolvimento, e níveis finais ou assintóticos (GRIMM et al., 2011; LAWRENCE e FOWLER, 2002).

Assim, quando os pesos vivos de peixes são plotados em função da idade ou do tempo, resulta uma curva nominada curva de crescimento sigmoide devido à semelhança a letra “S”, já para o caso do comprimento, corresponde uma curva do tipo exponencial côncava. Na curva sigmoide do peso é percebido três etapas do crescimento animal, uma etapa inicial de auto-aceleração, seguido pela etapa linear e finalmente uma etapa de desaceleração até atingir um valor assintótico, enquanto a curva exponencial côncava do comprimento observasse parcialmente a etapa linear e, sobretudo a etapa de desaceleração, até atingir um valor assintótico que coincide com a maturidade sexual (LUGERT et al., 2014).

No entanto em várias espécies de peixes é possível perceber a capacidade de crescer além de ter atingido a maturidade sexual, e esse fenômeno também é conhecido como crescimento indefinido, resultando numa posição discutível de peso assintótico na fase adulta (DUMAS, 2010).

A modelagem matemática é definida como o uso de equações para descrever ou simular processos em um sistema, como por exemplo, o crescimento animal. Nesse sentido, uma função de crescimento teria a capacidade de descrever alguns mecanismos fisiológicos e químicos subjacentes, ou restrições que governam o processo de crescimento (DUMAS, 2010; LÓPEZ, 2008)

Desse modo, atendendo as características da curva sigmoide e exponencial côncava, é razoável ajustar dados de crescimento à família do modelo Richards de três parâmetros que abrange os modelos Gompertz, Exponencial (incluindo o Brody), Logístico, e Bertalanffy (TJØRVE e TJØRVE, 2010).

Assim, o ajuste de curvas de crescimento por meio de equações não lineares tem tornado mais eficiente a definição de estratégias de melhoramento genético, nutrição e manejo dos animais tendo em vista que os modelos não-lineares são bastante flexíveis para serem utilizados com dados de peso-idade e seus parâmetros possuem interpretação biológica (PEREIRA et al., 2014; DUMAS, 2010; LÓPEZ, 2008).

Contrariamente à modelagem do crescimento de peixes selvagens, para peixes de aquicultura foram desenvolvidos modelos aplicáveis só à porção côncava das curvas de crescimento, tais como o SGR (*specific growth rate*, taxa de crescimento específico), DGC (*Daily growth coefficient*, coeficiente de crescimento diário) e o TGC (*Thermal growth coefficient*, coeficiente térmico de crescimento). Porém, esses modelos são calculados em base a informações de peso no início e no final da produção sem considerar aquelas geradas entre esses dois períodos, tornando-o sem capacidade de fazer qualquer previsão sobre o desenvolvimento do crescimento, ou seja, sem poder se estender além dos dados empíricos (LUGERT et al., 2014; BUREAU et al., 2000).

Contudo, a modelagem não linear continua e vem mostrando-se como uma ferramenta alternativa para aquicultura (POWEL et al., 2017; LUGERT et al., 2015; SANTOS et al., 2013).

## 2.3 Equações Não Lineares

### 2.3.1 Equação de Gompertz

GOMPERTZ (1825) ofereceu e discutiu a ideia que “durante grande parte da vida humana adulta, as taxas de mortalidade por idade específica aumentarão em uma maneira exponencial”, mas sua maior contribuição foi poder estabelecer em uma simples expressão matemática grande quantidade de dados; o que levou, o uso dessa equação não só nos estudos da mortalidade humana, mas também no estudo do crescimento biológico de muitas espécies como: plantas, aves, peixes, mamíferos, bactérias e outros animais.

No entanto, existem muitas parametrizações da equação de Gompertz, sendo que algumas são mais úteis do que outras, como é o caso de  $Y = A e^{-e^{-b(t-T)}}$ , que por ter três parâmetros com interpretação biológica ( $A$ ,  $B$ ,  $T$ ) o leva a ser valorável e comum o seu uso na literatura científica (TJØRVE e TJØRVE, 2017; KIRKWOOD, 2015; FIALHO, 1999).

Como característica, possui o ponto de inflexão quando o crescimento atinge o 37% do peso ou tamanho final assintótico (KOYA, 2013), e em relação a sua aplicação no estudo do crescimento de truta arco-íris, existem referências para a espécie de origem selvagem em condições de vida livre (SILLIMAN, 1969; BERNARD e HOLMSTROM, 1978) ou mantidas em cativeiro (SLOAT e REEVES, 2014).

No entanto, o modelo foi ajustado com sucesso em outras espécies de peixes em condições de aquicultura como *Pterophyllum scalare* (ESPITIA-MANRIQUE et al., 2017), *Oreochromis niloticus* (CARVALHO, 2016; SANTOS et al., 2013; AGUILAR, 2010; SANTOS et al., 2007), *Brycon orbignyanus* (GOMIERO et al., 2005), *Seriola*

*quinqueradiata*, *Colossoma spp.* (HERNANDEZ-LLAMAS e RATKOWSKY, 2004), *Cyprinus carpio* (ROSA et al., 1997).

### 2.3.2 Equação de Bertalanffy

Foi elaborada por VON BERTALANFFY (1934) a partir da proposta de PÜTER (1920) quem argumentou que o crescimento é resultado do predomínio do anabolismo sobre o catabolismo, é por isso que as vezes é nomeada como a função Püter-Bertalanffy, sendo muito utilizada no estudo do crescimento em peixes e outros animais ectotérmicos (DUMAS, 2010; PAWLACK e HANUMARA, 1991). Uma parametrização usada para modelar o crescimento em comprimento é a equação  $Y = A (1 - K e^{-B t})$ , já para a modelagem em peso temos a equação  $Y = A (1 - K e^{-B t})^3$ , porém neste último considerasse uma relação isométrica de crescimento, o qual muitas vezes não é observado em peixes baixo condições de cultivo (DUMAS et al., 2007; CAILLIET et al., 2006; JOBLING, 2003).

Tem como característica de mostrar o ponto de inflexão quando o crescimento atinge aproximadamente o 30% do peso ou tamanho final assintótico (KOYA, 2013).

No que concerne a seu ajuste empírico em truta arco-íris selvagem, as informações são abundantes (POBLETE, 1985; GUERRERO et al., 1990; QUISPE, 2008; BLAIR et al., 2013; CILBIZ e YALIM, 2017).

Entretanto, modelagem do crescimento para truta arco-íris em condições de cativeiro não foram encontradas na presente revisão. No entanto, registraram-se ajustes para informações de crescimento em outras espécies de peixes de cultivo como *Brycon orbignyanus* (GOMIERO et al., 2005), *Seriola quinqueradiata*, *Colossoma spp.* (HERNANDEZ-LLAMAS e RATKOWSKY, 2004), *Oreochromis niloticus* (AGUILAR, 2010; SANTOS et al., 2007), *Cyprinus carpio* (ROSA et al., 1997).

### 2.3.3 Equação logística

VERHULST propôs a equação em 1838 como um modelo de crescimento populacional humana, baseado em uma observação feita por Adolphe Quetelet quem sugeriu que o crescimento exponencial não seria possível ao longo de um período prolongado de tempo, uma vez que existem obstáculos mencionados por Malthus, os quais formam uma classe de resistência (BACAËR, 2011).

No entanto, a equação Logística (nomeada assim pelo mesmo Verhulst) foi utilizada em diferentes pesquisas científicas, como o estudo individual do crescimento animal, humano, plantas, órgãos do corpo, e o crescimento populacional de microorganismos, entre outros (SHAH, 2013).

A equação original foi parametrizada gerando a forma de  $Y = A (1 + e^{-B (t-T)})^{-1}$  elaborada e ajustada por PEARL (1930) para o estudo populacional humano e de animais.

Destaca-se por ter o ponto de inflexão quando o crescimento atinge o 50% do peso ou comprimento final assintótico (KOYA, 2013).

No que respeita a sua aplicação em peixes, existem referências na modelagem populacional na pesquisa pesqueira de peixes selvagens (SHAH, 2013) e também em peixes de aquicultura como *Oreochromis niloticus* (AMANCIO et al., 2014), *Brycon orbignyanus*



(GOMIERO et al., 2005), *Seriola quinqueradiata*, *Colossoma spp.* (HERNANDEZ-LLAMAS e RATKOWSKY, 2004), *Oreochromis niloticus* (AGUILAR, 2010; SANTOS et al., 2007), *Cyprinus carpio* (ROSA et al., 1997).

### 2.3.4 Equação de Brody

Modelo proposto por BRODY (1945) para descrever o crescimento de animais de produção pecuária e a espécie humana. Esse modelo é parte de um modelo geral de crescimento que resulta da junção de duas equações, a monomolecular (exponencial côncava) e a exponencial (convexa), para obter o padrão de crescimento ao longo do tempo em forma de “S” (FRANCE et al., 1996).

Nesse sentido, o modelo divide o processo sigmoide do crescimento em duas fases diferenciadas: fase expansionista ou incremento exponencial do peso e fase declinante ou diminuição exponencial do peso (PANIK, 2014).

Temos assim que a equação  $Y=A (1 - K e^{-B t})$  que representa só a fase declinante não tem nenhum ponto de inflexão (KOYA e GOSHU, 2013); mesmo assim, foi utilizado na modelagem do crescimento em peixes de aquicultura como *Oreochromis sp.* (COSTA et al., 2009), *Oreochromis niloticus* (SOUSA et al., 2014; SANTOS et al., 2007), *Brycon orbignyanus* (GOMIERO et al., 2005) e *Cyprinus carpio* (ROSA et al., 1997).

## 2.4 Ajuste de Equações Não Lineares e Critérios de Avaliação

Os principais objetivos do ajuste do peso em função da idade são as informações descritivas sobre o crescimento de determinado grupo de animais e a confecção de equações preditivas, que servem para estimar a taxa de crescimento, as exigências nutricionais e a resposta à seleção (LÔBO et al., 2006).

Ajustando funções não lineares pode-se analisar a curva de crescimento e organizar informações do período todo da vida do animal. Isso possibilita trabalhar com um conjunto de dados em série de peso por idade, que serão quantificados em parâmetros interpretáveis biologicamente, permitindo o entendimento do crescimento dos animais (FITZHUGH JR., 1976).

As funções de crescimento são ajustadas, usualmente, aos dados de crescimento por meio de análises de regressão não linear, porque a forma curvilínea ou sigmoide da curva de crescimento não permite a descrição do crescimento por regressão linear (DUMAS, 2010).

Regressão é um procedimento que permite analisar dados com um modelo específico (equação). Modelos não lineares representam a relação da curva e tem pelo menos um parâmetro não linear. Entretanto, regressão não linear é um procedimento para ajustar uma equação selecionada a um conjunto de dados, intercalando por valores desconhecidos e fazendo observações contínuas sobre a faixa de valores da variável explicadora (LÓPEZ, 2008).

A regressão não linear só pode ser resolvida mediante métodos numéricos seguidos por procedimentos de otimização iterativos para computar os parâmetros estimados os quais precisarão de valores iniciais. Por cada sucessiva iteração, esses valores iniciais são ajustados até que a soma residual dos quadrados é reduzida significativamente em cada passo (RAWLINGS et al., 1998; LÓPEZ, 2008).

Muitos métodos ou algoritmos (steepest descent, Gauss-Newton, Marquardt, Simplex algorithm) podem ser utilizados para encontrar em cada iteração os valores dos parâmetros ajustado com os quais a variância residual é significativamente reduzida (RAWLINGS et al., 1998)

No entanto, indicasse o método Levenverg-Marquardt de serem mais robustos por ter capacidade em conseguir a convergência dos parâmetros analisados mesmo os parâmetros iniciais (fornecidos pelo pesquisador) estejam distantes dos obtidos na convergência (LUGERT et al., 2015; HERNANDEZ-LLAMAS e RATKOWSKY, 2004).

Embora o modelo tenha sido ajustado com sucesso, é importante verificar o seu desempenho comparando-o com outras equações não lineares, e assim selecionar a melhor equação da regressão. A qualidade de ajuste é usualmente assegurada a partir da variância residual (não explicado pelo modelo), tomando em conta o número de parâmetros do modelo. Nesse sentido, indicam-se algumas estatísticas comumente utilizadas para assegurar a qualidade do ajuste, tais como: proporção da variância considerada pelo modelo, a soma residual dos quadrados e o quadrado médio residual, o desvio médio absoluto, e a informação do critério de Akaike e Bayesiana (RAWLINGS et al., 1998; LÓPEZ, 2008)

Além disso, é recomendável também avaliar o comportamento dos modelos ajustados por meio de simulações, a distribuição dos resíduos (incluindo os resíduos estudentizados para detectar pontos discrepantes) e o erro percentual médio para verificar a tendência geral do modelo de subestimar ou superestimar o crescimento com relação as informações observadas (LUGERT et al., 2014; MANSANO et al., 2017).

Tem se ajustado equações não lineares abundantemente para diferentes espécies de animais mamíferos e aves de produção. No entanto o ajuste do crescimento em animais ectotérmicos de produção é limitado, mas existem algumas referências: para girinos e rãs (RODRIGUES et al., 2007; MANSANO et al., 2012; PEREIRA et al., 2014), jacarés (BARDSLEY et al., 1995), crustáceos (TIAN e LEUNG, 1993; YU et al., 2006; ESMAEILI e TARAZKAR, 2011; ARAGÓN-NORIEGA, 2016; ORTEGA-LIZÁRRAGA et al., 2016) e moluscos (ROGERS-BENNET et al., 2003; HERNANDEZ-LLAMAS e RATKOWSKY, 2004). Nessa mesma linha, informações da modelagem do crescimento de peixes de aquicultura por meio de equações não lineares são também limitadas, aliás, para truta arco-íris de aquicultura é ainda mais notável a ausência de esse tipo de pesquisas.

Por tanto, em vista que os modelos não lineares são uma ferramenta útil na produção animal e que foi comprovada em algumas espécies de aquicultura, justifica-se a necessidade de verificar a utilidade dos mesmos no crescimento da truta arco-íris em condições de cultivo comercial.

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 Descrição dos Dados**

#### **3.1.1 Local**

As informações das trutas arco-íris na fase de engorda foram fornecidas pela Trucultura Araribá (22°23'36"S; 42°29'12"W) localizado no município de Nova Friburgo, do estado de Rio de Janeiro.

#### **3.1.2 Animais e métodos de criação**

Um total de 900 trutas sem distinção do sexo, com peso e comprimento médio e idade inicial de  $122,11 \pm 15,6\text{g}$ ;  $22,42 \pm 0,71\text{cm}$  e 273 dias, respectivamente foram adquiridas através do programa de reprodução assistida pertencente à mesma piscicultura. Cada 100 peixes foram estocados ao acaso em nove tanques de alvenaria de  $40\text{ m}^3$ .

A cada três tanques foram alimentados com 03 diferentes rações extrusadas. As alimentações ocorreram diariamente as 8:00 e as 16:00 horas, até a saciedade aparente por 98 dias no período de abril-julho. O oxigênio dissolvido, a porcentagem de saturação do oxigênio, temperatura, pH e amônia da água dos tanques foram monitoradas semanalmente e mantiveram-se em  $7,7 \pm 0,6\text{ mg.L}^{-1}$ ;  $89,9 \pm 5,4\%$ ;  $14,4 \pm 1,1^\circ\text{C}$ ;  $6,2 \pm 0,2$  e  $0,10 \pm 0,02\text{ mg.L}^{-1}$ ; respectivamente. Os parâmetros foram monitorados com oxímetro, pHmetro e kit colorimétrico Alfakit. As densidades das culturas iniciais e finais foram de  $2,5\text{ peixes/m}^3$ .

#### **3.1.3 Biometrias e obtenção dos dados**

As biometrias dos peixes foram realizadas nos dias experimentais 01, 14, 28, 41, 56, 74 e 98 correspondentes as idades 273, 286, 300, 313, 328, 346 e 370, respectivamente tal como indicado na Tabela 1 mediante balança eletrônica e ictiômetro, ambas com uma sensibilidade de 0.01g e 1.0cm, respectivamente. O número e representatividade das amostras de cada biometria foram asseguradas com um tamanho amostral maior aos 5% da população, nesse sentido foram amostrados: 57 peixes dos 900 animais na primeira (considerando que os animais tinham um mesmo origem e condições de cultivo prévio), 14 peixes/tanque na segunda, 20 peixes/tanque na terça à sexta e 40 peixes/tanque na sétima. Antes de cada biometria, os peixes foram submetidos à jejum de 24 horas, e foi utilizado óleo de cravo a doses de 50mg/L como sedante durante o manejo dos peixes.

Os procedimentos adotados foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Fundação de Pesca do Estado do Rio de Janeiro FIPERJ, documento de número 007/2017, e estão de acordo com os princípios éticos na experimentação animal elaborado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA).

	<b>Idade</b>	<b>PM</b>	<b>±DP PM</b>	<b>CM</b>	<b>±DP CM</b>	<b>n</b>	<b>Tab el a 1.</b> Ida de em dia s, pes o mé dio (P M) em gra ma s, co mp rim ent o mé dio (C M) em cen tí m etro s,
<b>Tanque 1</b>	273	122.11	15.60	22.42	0.71	57*	
	286	144.78	16.82	23,62	0,68	14	
	300	188.19	26.72	24,79	0,92	20	
	313	227.23	20.53	25,90	0,85	20	
	328	295.36	49.24	27,78	1,14	20	
	346	313.79	57.61	29,63	1,33	20	
	370	417.12	59.12	32.31	1.62	40	
<b>Tanque 2</b>	273	122.11	15.60	22.42	0.71	57*	
	286	142.42	18.43	22,90	0,93	14	

desvio padrão (DP) e número de peixes amostrados (n) durante as biometrias.

	300	171.31	23.98	23,45	1,32	20	Só na pri
	313	190.47	40.67	24,42	1,61	19	
	328	259.34	96.26	26,19	1,77	19	
	346	299.87	54.59	26,78	1,54	20	
	<b>Idade</b>	<b>PM</b>	<b>±DP PM</b>	<b>CM</b>	<b>±DP CM</b>	<b>n</b>	
<i>Tanque 5</i>	273	122.11	15.60	22.42	0.71	57*	
	286	171.25	33.71	23,58	0,86	14	
	300	210.78	34.50	25,30	0,78	20	
	313	270.59	52.50	26,95	0,89	20	
	328	334.39	38.58	28,92	1,05	19	
	346	416.12	56.24	30,75	1,83	20	
	370	487.95	68.71	33.00	1.66	40	
<i>Tanque 6</i>	273	122.11	15.60	22.42	0.71	57*	
	286	177.81	19.83	24,54	1,04	14	
	300	216.90	24.84	25,47	1,08	19	
	313	276.54	28.91	26,78	1,24	19	
	328	365.74	42.13	29,34	1,31	20	
	346	435.84	37.78	31,75	1,65	20	
	370	491.78	67.88	33.09	1.41	40	mei ra

biometria foi considerada uma única amostra representativa para todos os tanques com respeito a população total (N=900).

**Tabela 1 (continuação).** Idade em dias, peso médio (PM) em gramas, comprimento médio (CM) em centímetros, desvio padrão (DP) e número de peixes amostrados (n) durante as biometrias.

	346	451.28	84.60	32,50	2,49	20
	370	501.03	69.62	33.42	1.69	40
<i>Tanque 7</i>	273	122.11	15.60	22.42	0.71	57*
	286	170.03	23.31	24,18	1,12	14
	300	226.14	24.42	25,78	1,00	20
	313	267.39	35.50	26,82	1,16	19
	328	347.39	48.50	28,90	1,24	20
	346	423.35	49.34	30,65	1,55	20
	370	497.25	71.56	33.07	1.78	40
<i>Tanque 8</i>	273	122.11	15.60	22.42	0.71	57*
	286	167.56	22.05	23,39	0,99	14
	300	210.12	20.71	25,20	1,04	20
	313	278.38	38.59	27,33	1,11	19
	328	350.99	38.08	28,95	1,33	20
	346	416.86	46.32	30,46	1,03	20
	370	531.68	75.11	33.45	1.72	40
<i>Tanque 9</i>	273	122.11	15.60	22.42	0.71	57*
	286	174.51	28.05	23,52	1,23	14
	300	214.20	31.14	25,27	1,33	20
	313	283.88	48.46	26,92	1,31	20
	328	358.74	40.38	29,09	1,34	20
	346	466.43	41.75	30,83	1,66	20
	370	498.30	76.15	33.01	1.84	40

\*Só na primeira biometria foi considerada uma única amostra representativa com respeito a população total (N=900).

## 3.2 Análises Estatísticas

### 3.2.1 Modelos não lineares

Foram escolhidas quatro funções não lineares utilizadas mais comuns no estudo das curvas de crescimento de animais de produção: Gompertz, Von Bertalanffy, Brody e Logístico, as mesmas que possuem uma forma de curva semelhante ao crescimento em peso e comprimento de peixes. As representações matemáticas associadas a essas funções estão indicadas na Tabela 2. Os parâmetros utilizados nessas equações têm o seguinte significado matemático e biológico:

$Y$  representa a variável dependente, isto é o valor do Peso (g) ou Comprimento (cm) calculado.

$L$  representa a variável dependente do modelo Bertalanffy para Comprimento (cm) exclusivamente.

$t$  representa a variável independente, isso é a Idade (dias).

$A$  representa o valor assintótico maior, isto é o peso (g) ou o comprimento (cm) no primeiro desove.

$B$  mede a taxa exponencial de aproximação ao valor assintótico maior  $A$ , isto é o índice de precocidade (sem unidades) ou seja quanto maior o índice, mais rápido amadurece sexualmente o animal.

$T$  representa a ubiquação do ponto de inflexão em termos de  $t$ ; isto indicaria o dia específico em que a taxa de crescimento dos peixes é máxima (só para os modelos Gompertz e Logístico).

$K$  é uma constante de integração que envolve os valores do peso ou comprimento (quando  $t$  é igual a zero) e o  $A$ , mas este parâmetro carece de interpretação biológica clara (só para os modelos Bertalanffy e Brody).

$d$  representa o coeficiente de alometria obtida através do processo do ajuste da equação de relação Peso-comprimento  $P = c * C^d$ ; onde  $P$  é o peso,  $C$  é o comprimento,  $c$  é uma constante, e  $d$  é o coeficiente de alometria. O ajuste foi realizado por meio do processo PROC NLIN do SAS.

MODELOS	EQUAÇÃO	Referencia
<b>Gompertz</b>	$Y = A * \exp(-\exp(-B * (t - T)))$	TJØRVE e TJØRVE, 2017
<b>Bertalanffy</b>	$Y = A * (1 - K * \exp(-B * t))^d$ $L = A * (1 - K * \exp(-B * t))$	BERTALANFFY, 1934
<b>Brody</b>	$Y = A * (1 - K * \exp(-B * t))$	BRODY, 1945
<b>Logístico</b>	$Y = A * (1 + \exp(-B * (t - T)))^{-1}$	PEARL, 1930

**Tabela 2.** Equações ajustadas ao crescimento de truta arco íris de cultivo.

Os parâmetros  $A$ ,  $B$ ,  $T$  e  $K$  iniciais das equações não lineares foram estimados empiricamente. O valor inicial de  $A$  foi de 500 e 50 para o ajuste em peso e comprimento, respectivamente para todos os modelos. Valores de  $B$  para o ajuste em peso e comprimento foi de 0,005 para todos os modelos ajustados. Valores de  $T$  de 310 dias como valor inicial para o ajuste em peso e comprimento nos modelos Logístico e Gompertz. Finalmente o valor inicial de  $K$  foi de 01 para o ajuste em peso e comprimento nos modelos Brody e Bertalanffy.

Os parâmetros finais dos modelos foram obtidos pelo algoritmo de Levenberg-Marquardt (Marquardt, 1963) através do processo computacional NLIN do SAS 9.4 (2013). As condições da convergência foram as pré-definidas pelo sistema SAS com a exceção do número máximo de iterações que foi modificado a 1000.

A fim de comprovar a robusticidade dos modelos utilizados, se ajustou em três níveis de análises: Nível 1, informações de peso e comprimento dos 09 tanques; Nível 2, informações de cada três tanques submetidas a um mesmo alimento foram misturados

gerando-se três novas fontes de informações de crescimento para peso e comprimento; Nível 3, informações de crescimento dos 09 tanques iniciais foram misturados obtendo-se 01 nova fonte de informação de crescimento em peso e comprimento. Desse jeito, foram realizadas 104 análises, distribuídos em 03 diferentes níveis em ambos dados de peso e comprimento para os 04 modelos.

### 3.2.2 Critérios de avaliação e escolha do modelo

Os critérios utilizados para seleção da equação mais adequada foram:

Obtenção de convergência no processo PROC NLIN.

O coeficiente de determinação ( $R^2 = 1 - SQR * SQT^{-1}$ ; onde  $SQR$  é a soma de quadrados dos resíduos,  $SQT$  é a soma de quadrados do total), ainda que isoladamente não indica nada por ter algumas características especiais quando obtidas a partir de uma regressão não linear, recomenda-se para comparar diferentes modelos (SILVA et al, 2011).

O quadrado médio do resíduo ( $QMR = SQR * [n - p]^{-1}$ ; onde,  $SQR$  é a soma de quadrados dos resíduos,  $n$  é o número de observações,  $p$  é o número de parâmetros do modelo).

O critério de Akaike ( $AIC = n * [ \log (2\pi * SQR * n^{-1}) + 2 * x (k + 1) ]$ ; onde,  $n$  é o número de observações,  $SQR$  é a soma de quadrados dos resíduos,  $k$  é o número de parâmetros estimados) adaptado para análises de mínimos quadrados (KATSANEVAKIS e MARAVELIAS, 2008).

O desvio médio absoluto dos resíduos ( $DMA = n^{-1} * \sum_{i=1}^n |Y - \hat{y}|$ ; onde,  $n$  é o número de observações,  $Y$  é o valor observado,  $\hat{y}$  é o valor estimado pelo modelo) proposto por SARMENTO et al. (2006).

A distribuição dos resíduos ( $R = Y - \hat{y}$ ; onde,  $Y$  é o valor observado,  $\hat{y}$  é o valor estimado pelo modelo) e resíduos studentizados ( $Rt_i^* = [Y - \hat{y}] * [S_i * (1 - h_i)^{0,5}]^{-1}$ ; onde,  $[Y - \hat{y}]$  é o resíduo,  $[S_i * (1 - h_i)^{0,5}]^{-1}$  é o erro padrão sem considerar a observação  $i$  no cálculo), sendo este último usada para detectar pontos discrepantes; em geral, considera-se uma observação marginalmente discrepante se  $|Rt_i^*| > 2$  (LEMONTE, 2008).

O erro percentual médio ( $EPM = 100\% * n^{-1} * [ \sum_{i=1}^n (Y - \hat{y}) * Y^{-1} ]$ ; onde,  $n$  é o número de observações,  $Y$  é o valor observado,  $\hat{y}$  é o valor estimado pelo modelo) que indica a tendência à subestimação (sinal positivo) ou à superestimação (sinal negativo) dos valores preditivos do modelo (GOONEWARDENE et al., 1981).

Gráficos de cada modelo mostrando os dados observados e os calculados (simulação desde a idade de 90 dias até os 700 dias) para avaliar a forma geral das curvas ajustadas e compará-las com as características do crescimento da truta arco-íris baixo condições de cultivo obtidas por DAVIDON et al. (2014).

Finalmente, o QMR, o Resíduo, o Resíduo studentizado e todos os gráficos foram obtidos através das ferramentas disponíveis no SAS. Já o  $R^2$ , AIC, DMA, EPM e as simulações foram obtidos através de cálculos no MICROSOFT EXEL (2017).



#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados dos parâmetros obtidos pelo método iterativo de Marquardt para cada um dos modelos avaliados estão indicados na Tabela 3 e Tabela 4 para os dados em peso e comprimento, respectivamente. O fato de avaliar dois conjuntos de dados (peso e comprimento) mediante diferentes modelos não lineares com diferenças nos seus parâmetros, ou seja, com interpretação biológica ou não, demandou a procura de diferentes valores iniciais e a mudança pelo algoritmo Marquardt que é um método iterativo mais robusto do que o Gauss-Newton (inicialmente utilizado, mas que originou muitas situações de não convergência, mesmo com valores iniciais específicos), entendendo-se como “robustez” a qualidade de atingir a convergência mesmo com parâmetros iniciais distantes dos obtidos na convergência.

Nas Tabelas 3 e 4 observamos que os modelos Gompertz, Bertalanffy e Logístico atingiram a convergência em todas as avaliações (13/13) para os dados em peso; e a convergência parcial para os dados em comprimento (Gompertz 10/13; Bertalanffy 10/13; Logístico 11/13). Já, o modelo Brody atingiu a convergência parcial tanto para os dados em peso (7/13), quanto para os dados em comprimento (10/13). As convergências que aconteceram foram atingidas antes das 100 iterações em todos os modelos, sendo a única exceção o ajuste em comprimento do Tanque 01 ao modelo Logístico onde foram necessárias 120 iterações.

A tentativa de ajustar o crescimento em peso ao modelo Brody, que desenha uma curva exponencial côncava, mostrou casos de não convergência em todos os níveis analisados (Tabela 3), o que pode indicar que esse modelo não é adequado para representar o crescimento em peso, o qual se reflete na preferência de outras equações no ajuste do crescimento em peso de trutas selvagens como são os modelos de Bertalanffy (QUISPE, 2008), Exponencial (BERNARD e HOLMSTROM, 1978), e Gompertz (SLOAT e REEVES, 2014). Casos similares de não convergência para o modelo Brody foram indicados também no ajuste do crescimento em peso de *Oreochromis sp.* (SOUSA et al., 2014; ALLAMAN et al., 2013; COSTA et al., 2009) e *Lithobates catesbeianus* (MANSANO et al., 2012) baixo condições de cativeiro.

Por outro lado, salienta a incapacidade de convergência das informações de comprimento nos níveis 1 e 2 a todos os modelos (Tabela 4). Um caso similar de não convergência foi registrado no ajuste do crescimento em comprimento de *Oreochromis sp.* (ALLAMAN et al., 2013) onde só o modelo exponencial convexo conseguiu convergir adequadamente quando comparado com os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody. Por outro lado, o modelo Brody não conseguiu convergir aos dados em comprimento de *Lithobates catesbeianus* baixo condições de cativeiro (MANSANO et al., 2012).

**Tabela 3.** Parâmetros obtidos das equações para os dados de crescimento em peso (g).

	GOMPERTZ			LOGÍSTICO			BRODY			BERTALANFFY		
	A	B	T	A	B	T	A	B	K	A	B	K
<b>Nível 1</b>	1066,20	0,0086	363,40	640,40	0,0212	341,40	SC	SC	SC	1851,10	0,0043	1,96
	936,40	0,0079	365,20	549,60	0,0196	338,60	SC	SC	SC	1514,70	0,0043	1,75
	914,80	0,0100	343,40	607,10	0,0230	333,20	SC	SC	SC	1299,9	0,0059	2,68
	708,20	0,0167	307,80	580,30	0,0319	315,00	2309,60	0,0019	1,62	813,10	0,0118	11,73
	775,10	0,0144	315,90	602,90	0,0291	319,90	18894,70	0,0002	1,05	932,70	0,0098	6,98
	692,90	0,0178	304,70	580,10	0,0335	313,00	1702,40	0,0029	2,07	790,70	0,0126	14,95
	757,40	0,0153	312,60	603,10	0,0300	318,30	4545,80	0,0009	1,25	887,80	0,0107	8,63
	1042,90	0,0119	337,10	714,10	0,0270	330,90	SC	SC	SC	1423,10	0,0073	3,92
<b>Nível 2</b>	677,00	0,0186	303,20	572,80	0,0346	311,80	1510,10	0,0034	2,34	757,40	0,0136	18,55
	951,10	0,0089	354,20	594,40	0,0214	336,80	SC	SC	SC	1496,70	0,0048	2,13
	718,90	0,0164	308,70	585,40	0,0316	315,60	2580,70	0,0017	1,53	834,50	0,0114	10,76
<b>Nível 3</b>	782,60	0,0153	314,00	617,10	0,0306	318,80	7915,50	0,0005	1,14	927,00	0,0106	8,57
	755,90	0,0140	316,80	582,20	0,0284	320,10	SC	SC	SC	917,20	0,0094	6,24

SC (Sem convergência)

**Tabela 4.** Parâmetros obtidos das equações para os dados de crescimento em comprimento (cm).

	GOMPERTZ			LOGÍSTICO			BRODY			BERTALANFFY		
	A	B	T	A	B	T	A	B	K	A	B	K
<b>Nível 1</b>	SC	SC	SC	387.3	0.0041	959,8	SC	SC	SC	SC	SC	SC
	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC
	59,07	0,0048	267,30	48.18	0.0086	290,00	127.10	0.0010	1,09	127.10	0.0010	1,09
	42,28	0,0101	228,50	39.63	0.0144	255,20	47.69	0.0058	2,60	47.69	0.0058	2,60
	54,55	0,0060	254,10	46.40	0.0101	280,40	88.51	0.0018	1,23	88.51	0.0018	1,23
	47,85	0,0080	238,50	43.07	0.0124	266,60	60.64	0.0036	1,69	60.64	0.0036	1,69
	52,32	0,0063	246,30	45.59	0.0103	275,80	75.08	0.0023	1,32	75.08	0.0023	1,32
	68,33	0,0046	297,30	52.76	0.0088	308,10	310.90	0.0004	1,04	310.90	0.0004	1,04
52,76	0,0063	249,40	45.45	0.0105	276,60	80.05	0.0021	1,29	80.05	0.0021	1,29	
<b>Nível 2</b>	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC
	46,85	0,0080	235,50	42.40	0.0123	264,2	58.34	0.0038	1,72	58.34	0.0038	1,72
	56,45	0,0057	259,60	47.49	0.0098	284,80	97.54	0.0016	1,19	97.54	0.0016	1,19
<b>Nível 3</b>	61,68	0,0048	276,10	49.55	0.0088	295,20	153.60	0.0008	1,07	153.60	0.0008	1,07

SC (Sem convêrgencia)

As causas de não convergência podem ser: modelo sobre definido (parâmetros com similares valores, por exemplo), insuficientes dados para caracterizar totalmente a curva, e parametrização errada com parâmetros que cumprem funções similares (RAWLINGS et al., 1998). No entanto, outro fator importante para a não-convergência dos modelos é a presença de oscilações na trajetória esperada da curva, caracterizadas muitas vezes por uma perda de peso abrupta dos animais decorrente da influência de efeitos ambientais (RODRIGUES et al., 2010).

No presente estudo os casos de não convergência indicam uma dificuldade do modelo para se-ajustar com os dados fornecidos, porém mesmo existam algumas estratégias para atender esse defeito mediante alguma transformação dos dados, isso só aumentaria a complexidade e a exigência do modelo para seu uso prático como ferramenta de rotina no gerenciamento de uma piscicultura comercial.

Na simulação do crescimento desde 1 até os 700 dias de idade (Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6), pode-se observar o comportamento dos modelos ajustados além da amplitude de tempo estudado. Na simulação do modelo Bertalanffy para crescimento em peso, evidencia-se pesos calculados menores a 1gr entre 220 e 150 dias de idade, já em idades ainda menores a essa faixa, o modelo não conseguiu calcular nenhum valor (ver anexo A).

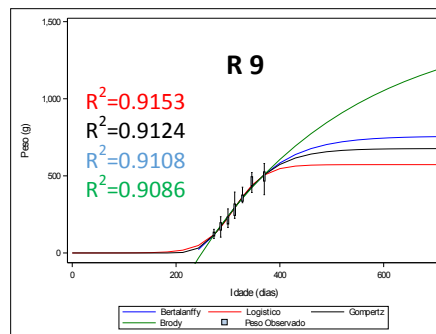
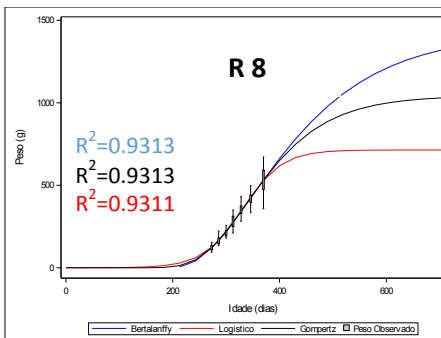
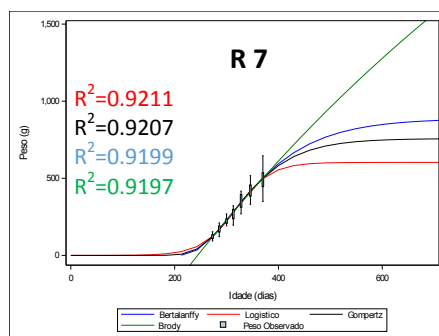
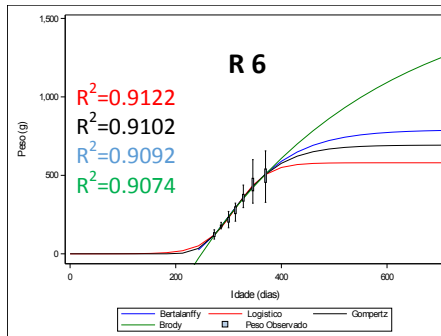
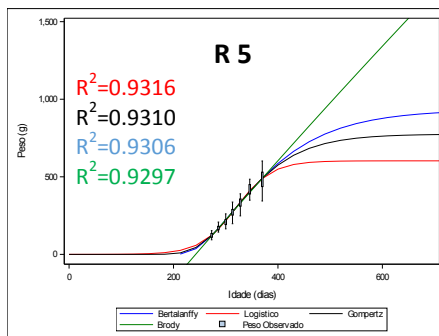
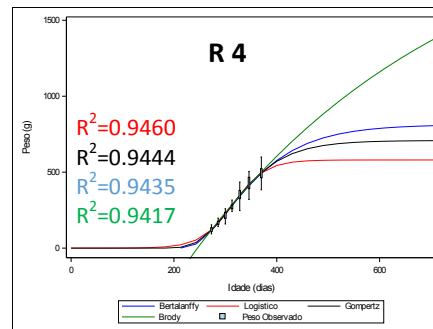
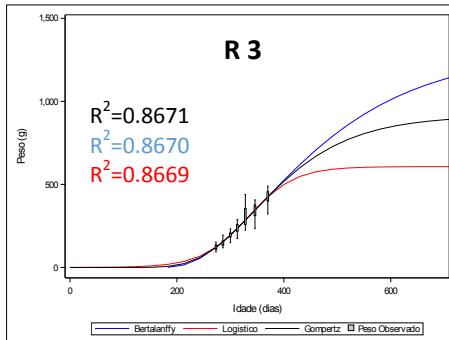
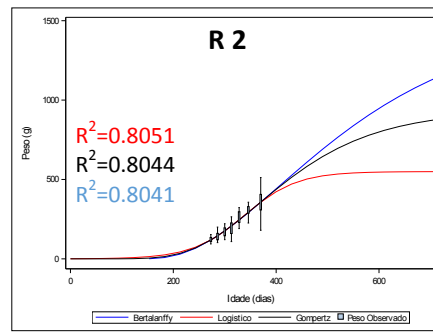
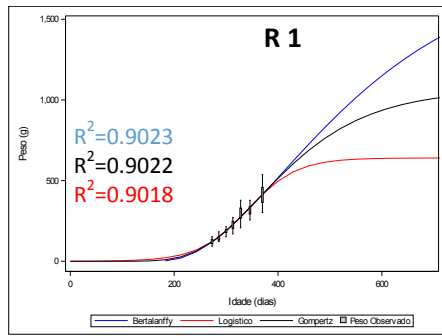
Similarmente, na simulação do crescimento em peso pelo modelo Brody e do crescimento em comprimento pelos modelos Brody e Bertalanffy, observa-se valores calculados com sinal negativo em idades menores à faixa de 160 e 80 dias (ver anexos B e C). Por outro lado, os modelos Gompertz e Logístico indicaram informações mais razoáveis na simulação do crescimento da truta arco-íris em estádios juvenis.

Os resultados da simulação do crescimento dos modelos ajustados indicam que os modelos Bertalanffy e Brody mostraram incongruência e incapacidade em representar uma curva de crescimento desde estádios juvenis da truta arco-íris. Similares resultados foram encontrados por RODRIGUES et al. (2007) e MANSANO et al. (2012) no ajuste do crescimento de *Lithobates catesbeianus*.

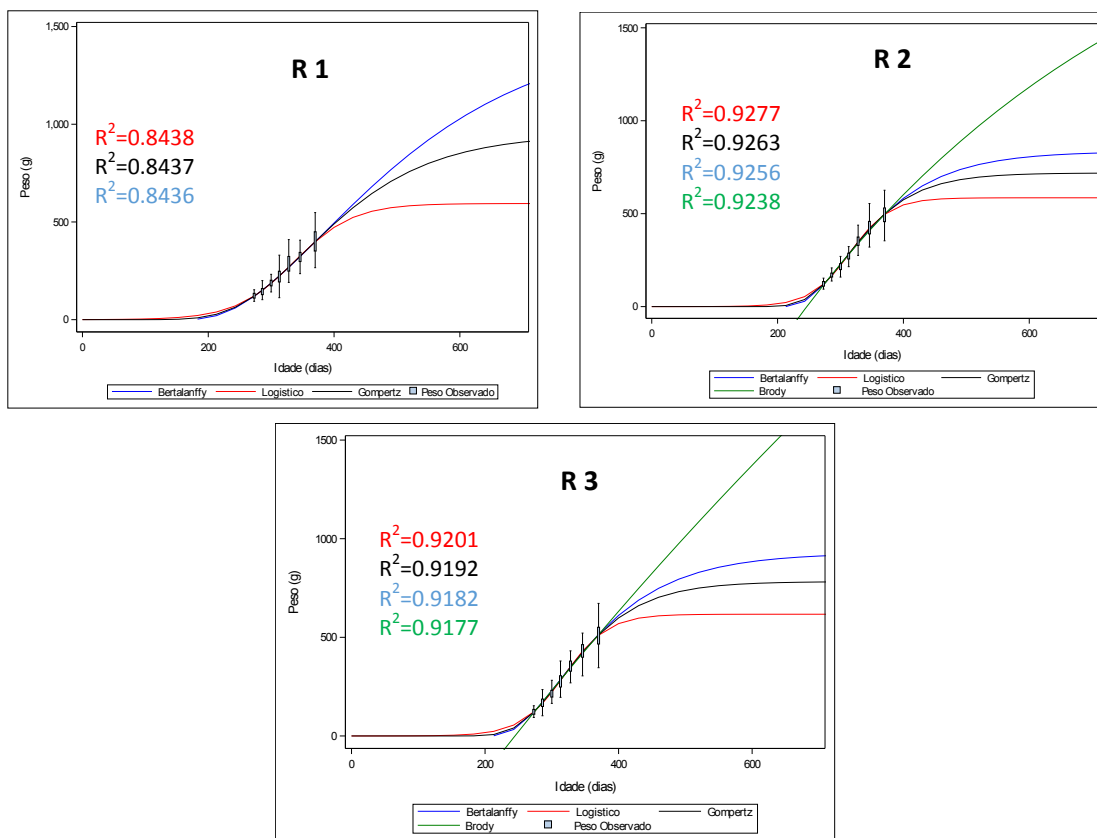
O parâmetro *A* indica o peso ou o comprimento assintótico e corresponderia ao tamanho ou peso na maturação sexual da truta arco-íris. A maioria dos valores desse parâmetro obtidos pelos modelos ajustados ao crescimento em peso e comprimento (Tabela 3 e 4) estão em concordância das características biológicas do crescimento da espécie, com a exclusão do valor 387,3 no nível 1 obtido pelo modelo Logístico e os valores 127,1 e 310,9 obtidos pelos modelos Bertalanffy e Brody no nível 1, que resultaram questionáveis por não serem observados no crescimento biológico da truta arco-íris.

No entanto, os valores de peso assintótico (549,60g a 7.915,5g) foram superiores ao peso comercial de despesca da espécie no mercado brasileiro (350g a 400g), tornando-o uma útil informação na predição do crescimento da truta arco-íris de aquicultura.

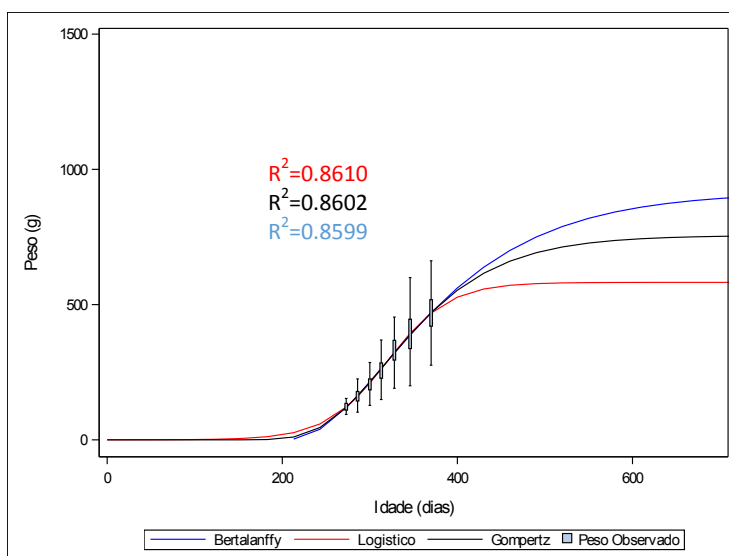
Os estimados do parâmetro *A* (Tabelas 3 e 4) foram maiores nos modelos Brody, Bertalanffy e Gompertz quando comparados com o modelo Logístico no ajuste em peso e comprimento. Esse resultado é similar ao indicado por GOMIERO et al. (2014) no ajuste do crescimento em comprimento de *Brycon orbignyanus*, e MANSANO et al. (2012) no ajuste do crescimento em peso e comprimento de *Lithobates catesbeianus*.



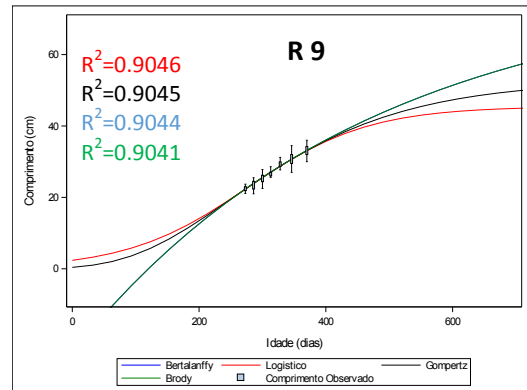
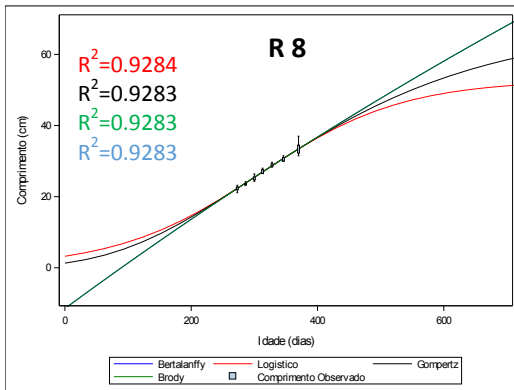
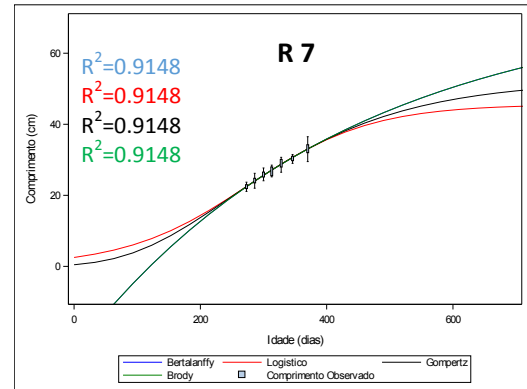
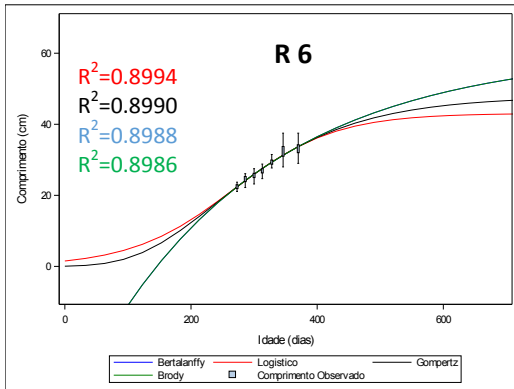
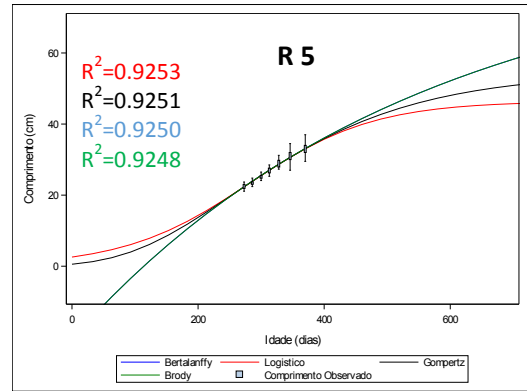
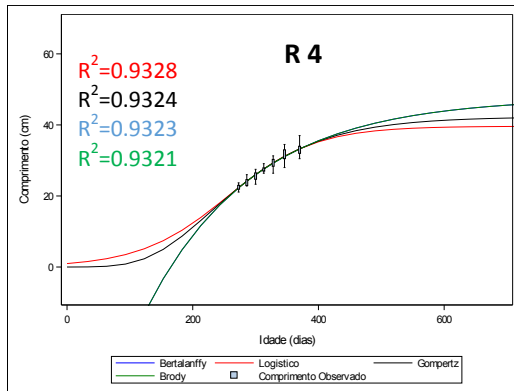
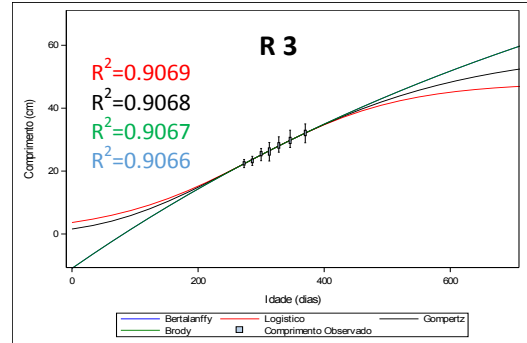
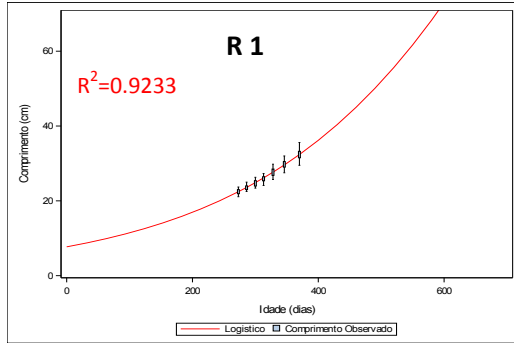
**Figura 1.** Modelos ajustados aos dados em peso (g) no nível 1.  $R^2$ : Coeficiente de determinação para cada modelo: Bertalanffy (azul), Logístico (vermelho), Brody (verde), Gompertz (preto); R: repetição



**Figura 2.** Modelos ajustados aos dados em peso (g) no nível 2.  $R^2$ : Coeficiente de determinação para cada modelo: Bertalanffy (azul), Logístico (vermelho), Brody (verde), Gompertz (preto); R: repetição

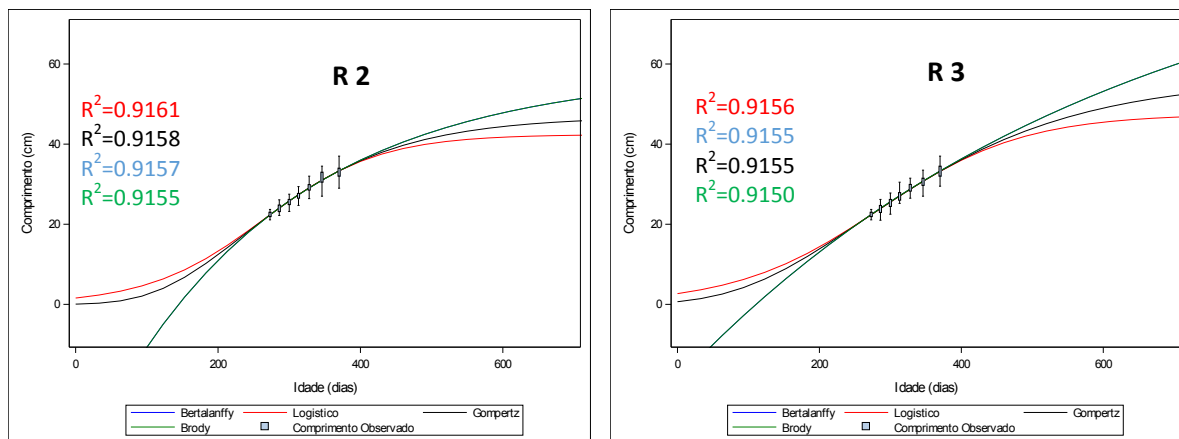


**Figura 3.** Modelos ajustados aos dados em peso (g) no nível 3.  $R^2$ : Coeficiente de determinação para cada modelo: Bertalanffy (azul), Logístico (vermelho), Gompertz (preto).

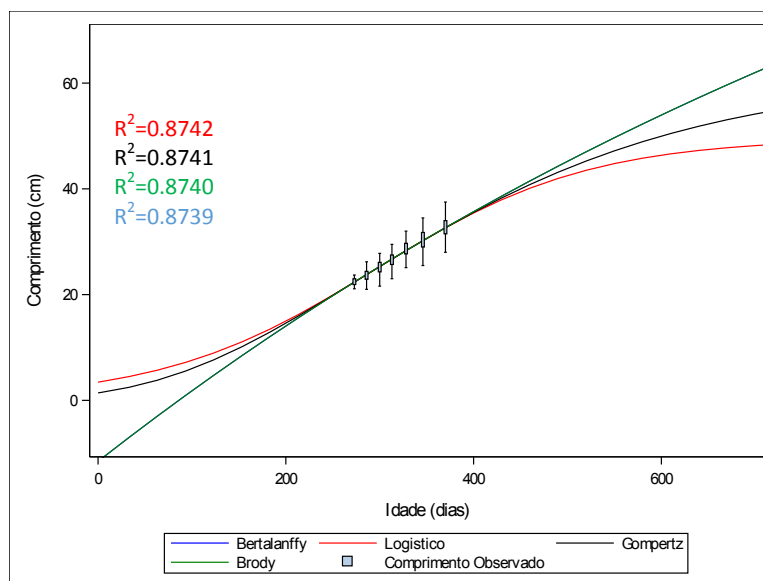




**Figura 4.** Modelos ajustados aos dados em comprimento (cm) no nível 1.  $R^2$ : Coeficiente de determinação para cada modelo: Bertalanffy (azul), Logístico (vermelho), Brody (verde), Gompertz (preto); R: repetição



**Figura 5.** Modelos ajustados aos dados em comprimento (cm) no nível de 2.  $R^2$ : Coeficiente de determinação para cada modelo: Bertalanffy (azul), Logístico (vermelho), Brody (verde), Gompertz (preto); R: repetição



**Figura 6.** Modelos ajustados aos dados em comprimento (cm) no nível 3  $R^2$ : Coeficiente de determinação para cada modelo: Bertalanffy (azul), Logístico (vermelho), Brody (verde), Gompertz (preto).

Entretanto, valores assintóticos de peso (549,6g a 714,1g) e comprimento (39,63cm a 387,3cm) calculado pelo modelo Logístico são atingidos antes dos 500 dias de idade (Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6), período menor do que os obtidos em trutas selvagens que superam os 720 dias (CILVIZ e YALIM, 2017; BLAIR et al., 2013). Isso indica um claro efeito da domesticação e criação em cativeiro a que é submetida a truta arco-íris de aquicultura.

Os valores obtidos do parâmetro  $B$  (Tabela 3 e 4) indicam o índice de precocidade, ou seja, quanto maior é o valor de  $B$ , maior rapidez terá o peixe em atingir o peso ou o tamanho assintótico (MALHADO et al., 2009).

Esses valores do parâmetro  $B$  para peso (0,0005 0,0346) e comprimento (0,0008 – 0,0144) tem tendência a ser maiores aos obtidos no ajuste do crescimento de truta arco-íris selvagem por meio equações não lineares (CILBIZ e YALIM, 2017; SLOAT e REEVES, 2014; BLAIR et al., 2013), similarmente LUGERT et al. (2014) encontraram as mesmas diferenças de  $B$  para espécie marinha *Scophthalmus maximus*, indicando como causa o efeito da domesticação e o sistema de aquicultura utilizado.

Entretanto, observou-se que os modelos Bertalanffy e Brody apresentaram valores  $K$  inferiores do que os modelos Gompertz e Logístico, para o ajuste de informações em peso e comprimento. Esse resultado é contrário ao indicado por GOMIERO et al. (2014) que registraram maiores valores do parâmetro  $B$  para os modelos Brody e Bertalanffy no ajuste do crescimento em comprimento de *Brycon orbignyanus* (piracanjuba). Mas, foi similar ao resultado de SANTOS et al. (2013) quem indicou maiores valores do parâmetro  $B$  para os modelos Logístico e Gompertz no ajuste do comprimento de *Oreochromis niloticus* (tilápia-donilo).

O parâmetro  $T$  indica o momento em acontece o ponto de inflexão da curva de crescimento, ou seja, o instante em que a taxa de crescimento atinge seu maior valor. Assim, os valores do parâmetro  $T$  obtidos pelos modelos Gompertz (303,20 – 365,20) e Logístico (311,80 – 341,40) no ajuste de informações em peso (Tabela 4) são similares aos obtidos por SLOAT e REEVES (2014) em truta arco-íris selvagem, porém os pesos obtidos para essas idades (286,4g a 320,2g) foram superiores às de truta selvagem (91,06g a 117,28g) o que seria um reflexo do efeito da seleção genética e criação em cativeiro a que é submetida a truta arco-íris de aquicultura.

Entretanto, o parâmetro  $T$  pode resultar útil nas programações e mudanças empíricas das estratégias de manejo em uma piscicultura de truta comercial uma vez sejam comprovadas sua correlação com outras informações de interés zootécnico, tal como acontece, por exemplo, em *Carassius auratus gibelio* onde foi observado maiores valores de  $T$  quando uma dieta com níveis ótimos de proteína é fornecida (YUN et al., 2015) ou em *Oreochromis niloticus* que se evidenciou a influência da temperatura da água de cultivo sobre o peso e a idade no ponto de inflexão (SANTOS et al., 2013).

Por outro lado, o parâmetro  $K$  é uma constante de integração sem interpretação biológica para os modelos Brody e Bertalanffy. É por isso que às vezes utiliza-se parametrizações desses mesmos modelos com parâmetros alternativos como o  $W_0$  (peso no nascimento) ou  $T_0$  (a idade quando o peso é zero) em vez do  $K$ . Em consequência, foram testadas inicialmente essas parametrizações a nossos dados, mas se observou que o PROC NLIN precisou maior número de iterações (>200) para estima-los adequadamente. Por conseguinte, o parâmetro  $K$  foi preferido por minimizar o número de iterações na análise, além que essas informações dos parâmetros opcionais ( $W_0$  e  $T_0$ ) poderiam ser observados diretamente mediante a simulação gráfica dos modelos procurando os interceptos para cada eixo.

O parâmetro  $d$  é a constante de alometria da equação de relação peso-comprimento e seus resultados obtidos por regressão não linear são indicados na Tabela 5. Os seus valores estiveram entre 2,8795 e 3,2399 o que significa que a relação entre o peso e o comprimento das trutas avaliadas é alométrica. Similares resultados foram observados por DUMAS et al.

(2007) em truta arco-íris de peso entre 20g a >500 g baixo condições de aquicultura. Jobling (2003) indica que peixes submetidos a condições de cultivo desenvolvem relações peso-comprimento do tipo alométrica.

**Tabela 5.** Parâmetros obtidos a partir da regressão  $P=cC^d$ ; onde  $P$  é o tamanho em peso (g),  $C$  o tamanho em comprimento (cm),  $c$  uma constante e  $d$  é a constante de alometria.

Nível	c	d
1	0.0182	2.8795
	0.00596	3.2399
	0.00843	3.1158
	0.00921	3.1034
	0.00978	3.0902
	0.0195	2.8832
	0.00788	3.1573
	0.00670	3.2107
	0.00969	3.1045
2	0.0128	2.9933
	0.0128	3.0074
	0.00795	3.1593
3	0.00955	3.0944

Os resultados dos avaliadores do ajuste em peso para cada modelo estão indicados na Tabela 6. Os menores valores do QMR foram registrados com maior frequência pelo modelo Logístico (<2889,6 – 1223,8>), seguido pelos modelos Gompertz (<2904,80 – 1259,7>), Bertalanffy (<2912,00 – 1275,20>) e Brody (<2307,4 – 1313,2>).

Similarmente, os menores valores do AIC foram observados no modelo Logístico (<17304,55 – 1749,75>), seguido pelos modelos Gompertz (<17313,35 – 1755,40>), Bertalanffy (<17370,80 – 1757,78>) e Brody (<5571,41 – 1763,50>).

Do mesmo jeito, os menores valores do DMA foram observados no modelo Logístico (<35,92 – 24,59>), seguido pelos modelos Gompertz (DMA<36,05 – 24,8>), Bertalanffy (<36,14 – 25,02>) e Brody (DMA<32,85 – 25,42>).

Finalmente, os maiores valores do  $R^2$  foram obtidos pelo modelo Logístico (<0,9881 – 0,9648>), seguido pelos modelos Gompertz (<0,9878 – 0,9646>), Bertalanffy (<0,9877 – 0,9646>) e Brody (<0,9831 – 0,9074>). De acordo a esses resultados, vemos que as informações em peso se ajustam com melhor qualidade ao modelo Logístico, logo após estão os modelos Gompertz, Bertalanffy e Brody.

Segundo os resultados da Tabela 06 pode-se indicar que os modelos que envolvem a forma sigmoide (Logístico, Gompertz e Bertalanffy) tem maior afinidade no ajuste do crescimento em peso quando comparados com o modelo Brody que desenha uma curva exponencial cônica. Esse resultado concorda com os obtidos no ajuste do crescimento em peso de outras espécies de peixes em condições de cativeiro: *Scophthalmus maximus*

(LUGERT et al.; 2014), *Oreochromis niloticus* (SOUSA et al., 2014; AMANCIO et al., 2014; AGUILAR, 2010; SANTOS et al., 2007) e *Carassius auratus gibelio* (YUN et al., 2015).

**Tabela 6.** Avaliadores do ajuste das equações utilizadas para os dados de crescimento em peso (g).

	GOMPERTZ				BERTALANFFY				BRODY				LOGÍSTICO			
	QMR	AIC	DMA	R <sup>2</sup>	QMR	AIC	DMA	R <sup>2</sup>	QMR	AIC	DMA	R <sup>2</sup>	QMR	AIC	DMA	R <sup>2</sup>
<b>Nível 1</b>	1361,40	1788,64	26,27*	0.9810	1360,50*	1788,51*	26,30	0.9810	SC	SC	SC	SC	1366,90	1789,44	26,28	0.9810
	2029,50	1848,39	31,55	0.9646	2032,20	1848,65	31,59	0.9646	SC	SC	SC	SC	2021,40*	1847,62	31,40*	0.9648*
	2076,00*	1871,76*	29,88	0.9728	2076,20	1871,79	29,89	0.9728	SC	SC	SC	SC	2078,70	1872,02	29,83*	0.9728
	1259,70	1755,40	24,87	0.9878	1275,20	1757,78	25,02	0.9877	1313,20	1763,50	25,42	0.9420	1223,80*	1749,75*	24,59*	0.9881*
	1499,70	1798,55	26,63	0.9849	1506,40	1799,43	26,67	0.9848	1524,60	1801,78	26,83	0.9298	1487,20*	1796,91*	26,62*	0.9850*
	2238,00	1867,46	30,68	0.9795	2260,10	1869,38	30,80	0.9794	2307,40	1873,42	31,02	0.9074	2187,70*	1863,03*	30,61*	0.9800*
	1832,20	1837,80	30,33	0.9823	1838,00	1838,43	30,39	0.9823	1855,80	1840,31	30,54	0.9197	1823,40*	1836,86*	30,27*	0.9824*
	1819,30*	183641*	29,74*	0.9835	1820,40	1836,53	29,73	0.9835	SC	SC	SC	SC	1825,40	1845,40	29,82	0.9835
2178,20	1881,23	32,01	0.9801	2206,30	1883,75	32,28	0.9798	2271,30	1889,47	32,85	0.9086	2106,20*	1874,61*	31,20*	0.9807*	
<b>Nível 2</b>	2084,70	5588,86	31,61	0.9693	2085,90	5589,20	31,63	0.9693	SC	SC	SC	SC	2083,40*	5588,50*	31,60*	0.9693
	1686,80	5436,30	27,59	0.9836	1700,90	5441,20	27,66	0.9835	1734,30	5452,59	27,93	0.9831	1655,30*	5425,28*	27,49*	0.9839*
	1985,50	5560,14	31,07	0.9814	1995,80	5563,20	31,18	0.9813	2023,80	5571,41	31,45	0.9811	1964,50*	5553,88*	30,89*	0.9816*
<b>Nível 3</b>	2904,8	17313,35	36,05	0.9685	2912,10	17370,80	36,14	0.9684	SC	SC	SC	SC	2889,60*	17304,08*	35,92*	0.9687*

SC (Sem convergência), QMR (Quadrado médio do resíduo), AIC (Índice do critério de Akaike), DMA (Desvio médio absoluto).

\*Melhor critério atingido quando comparados entre modelos na mesma fila.

**Tabela 7.** Avaliadores do ajuste das equações utilizadas para os dados de crescimento em comprimento (cm).

	GOMPERTZ				BERTALANFFY				BRODY				LOGÍSTICO			
	QMR	AIC	DMA	R <sup>2</sup>	QMR	AIC	DMA	R <sup>2</sup>	QMR	AIC	DMA	R <sup>2</sup>	QMR	AIC	DMA	R <sup>2</sup>
	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	1.18	37.48	0.82	0.9984
	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC
	1,43	75,71	0,94	0.9980*	1.43	75.92	0.94	0.9067	1.43	75.92	0.94	0.9067	1.43	75.57*	0.93*	0.9980*
	1,29*	55,04	0,90	0.9983*	1.30	56.14	0.90	0.9321	1.30	56.14	0.90	0.9321	1.29*	54.10*	0.90	0.9983*
<b>Nível 1</b>	1,37	66,89	0,88	0.9982*	1.37	67.34	0.88	0.9249	1.37	67.34	0.88	0.9249	1.37	66.52*	0.88	0.9982*
	2,14	153,01	1,02	0.9973*	2.14	153.77	1.02	0.8985	2.14	153.77	1.02	0.8985	2.13*	152.20*	1.02	0.9973*
	1,54	89,79	0,96	0.9979*	1.54	89.72*	0.96	0.9148	1.54	89.72*	0.96	0.9148	1.54	89.92	0.96	0.9979*
	1,40	70,34	0,92	0.9982	1.40	70.49	0.92	0.9982	1.40	70.49	0.92	0.9982	1.39*	70.20*	0.92	0.9982
	1,80*	121,17	1,01	0.9976*	1.81	121.62	1.01	0.9043	1.81	121.62	1.01	0.9043	1.80*	120.77*	1.01	0.9976*
	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC
<b>Nível 2</b>	1,63*	291,61	0,95	0.9978	1.64	293.77	0.95	0.9978	1.64	293.77	0.95	0.9978	1.63*	289.58*	0.95	0.9979*
	1,57*	272,07	0,97	0.9979	1.58	272.64	0.97	0.9979	1.58	272.64	0.97	0.9979	1.57*	271.62*	0.97	0.9979
<b>Nível 3</b>	2,20	1396,47	1,08	0.9969	2.20	1397.79	1.08	0.9969	2.20	1397.79	1.08	0.9969	2.20	1395.20*	1.08	0.9970*

SC (Sem convergência), QMR (Quadrado médio do resíduo), AIC (Índice do critério de Akaike), DMA (Desvio médio absoluto).

\*Melhor critério atingido quando comparados entre modelos numa mesma fila.

Os avaliadores do ajuste para informações em comprimento estão indicados na Tabela 7. Observa-se que os menores valores do QMR foram obtidos pelo modelo Logístico (<2,20 – 1,18>), seguido pelo modelo Gompertz (<2,20 – 1,29>), já os modelos Brody e Bertalanffy mostraram os maiores e mesmos valores (<2,20 – 1,30>).

Enquanto ao AIC observa-se que os menores valores são obtidos pelo modelo Logístico (<1395,20 – 37,48>) e Gompertz (<1396,47 – 55,04>), seguidos pelos modelos Brody e Bertalanffy que obtiveram os mesmos e maiores valores (<1397,79 – 56,14>). Entretanto, os valores do DMA, foram similares em todos os modelos (<1.08 – 0.82>).

Finalmente, os valores do  $R^2$  foram maiores e similares nos modelos Logístico (<0,9984 – 0,9970>) e Gompertz (<0,9983 – 0,9969>) quando comparados com os obtidos pelos modelos Brody e Bertalanffy (0,9982 – 0,8985>).

Os resultados dos avaliadores do ajuste indicam que os modelos sigmoide Logístico e Gompertz mostraram um melhor ajustamento as informações de comprimento da truta arco-íris quando comparados com os modelos exponencial côncavos de Bertalanffy e Brody (Tabela 7).

Resultados similares foram obtidos no ajuste de modelos do tipo sigmoide ao crescimento em comprimento de espécies ectotérmicas em condições de cativeiro como: os peixes *Scophthalmus maximus* (LUGERT et al., 2015; LUGERT et al. 2014) e *Oreochromis niloticus* (AGUILAR, 2010), os crustáceos *Litopenaeus sp.* (ARAGÓN-NORIEGA, 2016) e *Callinectes arcuatus* (ORTEGA-LIZARRAGA et al., 2016), o anfíbio *Lithobates catesbeianus* (MANSANO et al., 2012) e o réptil *Alligator mississippiensis* (BARDSLEY et al 1995).

Na distribuição dos Resíduos (ver anexos D, E, F, G H, I, J), observa-se uma distribuição similar nos três níveis de análises de peso e comprimento entre os modelos ajustados.

Por outro lado, os erros de predição média (EPM) do ajuste em peso (Tabela 8) e comprimento (Tabela 9) mostraram ter sinal negativo, o que indica que os valores preditivos têm tendência a serem maiores do que os observados nas biometrias, em consequencia todos os modelos avaliados têm tendência à superestimação do crescimento em peso e comprimento, com a única exceção do ajuste em peso do Tanque 4 pelo modelo Bertalanffy que possui o único valor com sinal positivo.

Salienta o fato que a superestimação dos modelos ajustados ao crescimento em peso seja maior do que no ajuste ao crescimento em comprimento, provavelmente isto é um reflexo das diferenças da dispersão que existe entre ambos tipos de observados nas biometrias (Tabela 2).

Na avaliação da distribuição dos resíduos studentizados (ver anexos K, L, M, N, O) para cada um dos modelos ajustados nos três níveis de análises de peso e comprimento, observou-se a existência de valores maiores a 2 os quais são sinalados como valores discrepantes. Esses valores discrepantes acontecem de forma similar em todos os modelos desde a 4º biometria (313 dias de idade) em adiante para o caso do ajuste em peso mostrados na Tabela 10, com a exceção do Tanque 04 ajustado ao modelo Brody onde acontece desde a 3º biometria (300 dias de idade).

**Tabela 8.** Erro percentual médio (%) no ajuste de dados em peso (g) mediante os modelos

<b>NÍVEL</b>	<b>GOMPERTZ</b>	<b>LOGISITICO</b>	<b>BRODY</b>	<b>BERTALANFFY</b>
1	SC	-0.28	SC	SC
	SC	SC	SC	SC
	-0.18	-0.19	-0.22	-0.22
	-0.25	-0.22	-0.05	-0.05
	-0.18	-0.14	-0.36	-0.36
	-0.22	-0.27	-0.29	-0.29
	-0.20	-0.17	-0.06	-0.06
	-0.19	-0.17	-0.10	-0.10
	-0.23	-0.18	-0.43	-0.43
2	SC	SC	SC	SC
	-0.18	-0.19	-0.16	-0.16
	-0.22	-0.20	-0.51	-0.51
3	-0.26	-0.29	-0.35	-0.35

Gompertz, Logístico, Brody e Bertalanffy.

SC: sem convergência

**Tabela 9.** Erro percentual médio (%) no ajuste de dados em comprimento (cm) mediante os

<b>NÍVEL</b>	<b>GOMPERTZ</b>	<b>LOGISITICO</b>	<b>BRODY</b>	<b>BERTALANFFY</b>
1	-1.79	-1.86	SC	-1.34
	-3.63	-3.63	SC	-3.39
	-3.91	-3.78	SC	-3.47
	-0.91	-1.00	-2.44	1.00

modelos Gompertz, Logístico, Brody e Bertalanffy.



NÍVEL	GOMPERTZ		LOGÍSTICO		BRODY		BERTALANFFY	
	273-300	313-370	273-300	313-370	273-300	313-370	273-300	313-370
2	00	10	00	15	SC	SC	00	15
	00	11	00	12	SC	SC	00	11
	00	13	00	13	SC	SC	00	13
3	00	11	00	11	01	SC	00	11
1	00	10	00	09	0	10	00	10
	00	15	00	13	0	15	00	15
	00	11	00	12	00	11	00	11
	00	14	00	14	SC	SC	00	14
	00	10	00	10	00	11	00	10
	00	35	00	35	SC	SC	00	35
2	00	38	00	34	00	36	00	37
	00	41	00	41	00	39	00	40

SC: sem convergência

**Tabela 10.** Frequência de valores discrepantes segundo a distribuição dos Resíduos Studentizados no ajuste do crescimento em peso (g) mediante os modelos Gompertz, Logístico, Brody e Bertalanffy; SC: sem convergência.

3	00	123	00	122	SC	SC	00	123
---	----	-----	----	-----	----	----	----	-----

**273-300:** Frequência acumulada das biometrias feitas nas idades 273, 286 e 300.  
**313-300:** Frequência acumulada das biometrias feitas nas idades 313, 328, 346 e 370.

**Tabela 11.** Frequencia de valores discrepantes segundo a distribuição dos Resíduos Studentizados no ajuste do crescimento em comprimento (cm) mediante os modelos Gompertz, Logístico, Brody e Bertalanffy; SC: sem convergência.

**273-300:** Frequência acumulada das biometrias nas idades 273, 286 e 300.  
**313-300:** Frequência acumulada das biometrias nas idades 313, 328, 346 e 370.

NÍVEL	GOMPERTZ		LOGISTICO		BRODY		BERTALANFFY	
	273-300	313-370	273-300	313-370	273-300	313-370	273-300	313-370
1	SC	SC	00	12	SC	SC	SC	SC
	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC
	00	09	00	09	00	09	00	09
	01	09	01	09	01	07	01	07
	00	12	00	12	00	12	00	12
	00	10	00	10	00	10	00	10
	00	10	00	10	00	10	00	10
	00	11	00	11	00	10	00	10
	02	09	02	09	02	09	02	09
2	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC
	01	33	01	33	01	33	01	33
	02	28	02	28	02	28	02	28
3	05	91	05	92	05	91	05	91

Entretanto, dados em comprimento apresentam valores discrepantes em um jeito mais variável (Tabela 11), podendo acontecer desde a 2º biometria (286 dias de idade), como é observado em alguns casos no nível 1 e 2 para todos os modelos avaliados; assim como na 3º biometria (300 dias de idade) em alguns casos nos níveis 1, 2 e 3 para cada um dos modelos avaliados; ou bem desde a 4º biometria (313 dias de idade) que só acontece no nível 1 para todos os modelos avaliados.

Valores discrepantes são valores observados que o modelo ajustado não consegue explicar adequadamente (LEMONTE, 2008). Os valores discrepantes corresponderiam ao incremento da dispersão devido as diferenças de crescimento individual das trutas na fase de engorda.

Aliás, se observa que as frequências de valores discrepantes têm tendência a serem maiores nos níveis 2 e 3 quando comparados com o nível 1 em todos os modelos (Tabelas 10 e 11) seja para dados em peso ou comprimento, o qual corresponde ao efeito aditivo das dispersões individuais dos dados de crescimento de cada grupo de animais contido nos outros níveis.

No entanto, embora não seja o objetivo da presente pesquisa, pode-se indicar a identificação de valores discrepantes nos modelos não lineares ajustados como critério no planejamento e previsão das atividades de homogeneização de um lote comercial de peixes de engorde.

Finalmente, segundo os resultados de convergência conseguida, valores dos avaliadores de ajuste (AIC, QMR,  $R^2$  e DMA), as simulações do crescimento, a distribuição dos Resíduos e Resíduos Estudentizados e os valores de EPM, indicasse a equação Logística como o melhor modelo para representar o crescimento em peso da truta arco-íris na fase engorda.

No entanto, a fim de contrastar as capacidades preditivas do crescimento mediante este modelo bem como outros modelos não lineares alternativos, recomenda-se verificar o ajuste numa perspectiva de crescimento global, isto é, incluindo as fases de alevinagem e juvenil de truta arco-íris. Por outro lado, devido às dificuldades de convergência dos dados em comprimento em todos os modelos utilizados no presente estudo, recomenda-se a procura de outros modelos alternativos mais flexíveis para o ajuste desse tipo de informações desta espécie em condições de cultivo comercial.

## **5 CONCLUSÃO**

Demostrou-se que os modelos não lineares Logístico, Gompertz e Bertalanffy têm a capacidade de se ajustar aos dados de crescimento em peso (g) da truta arco-íris na fase de engorda. Já para informações em comprimento (cm), todos os modelos mostraram dificuldades de convergência, descartando-os no ajuste de esse tipo de informações de crescimento.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAMAN I.; NETO R.; FREITAS R.; FREATO T.; LAGO A.; COSTA A.; LIMA R. Weight and morphometric growth of different strains of tilapia (*Oreochromis sp*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, n.5, p.305-311, 2013.

AGUILAR, F. A. **Modelos matemáticos no lineales como herramienta para evaluar el crecimiento de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus* Var. Chitralada) alimentadas con dietas peletizadas o extruidas.** 2010. 135p, Dissertação (Mestrado em Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e de Zootecnia, Universidade Nacional de Colômbia, Bogotá, 2010.

AMANCIO, ALDA LÚCIA DE LIMA; SILVA, JOSÉ HUMBERTO VILAR DA; FERNANDES, JOÃO BATISTA KOCHENBORGER; SAKOMURA, NILVA KAZUE; CRUZ, GEORGE RODRIGO BELTRÃO DA. Use of mathematical models in the study of bodily growth in GIFT strain Nile tilapia. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.2, p.257-266. 2014. Disponível em <<https://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902014000200005>> Acesso em 28 jan. 2018

ARAGÓN-NORIEGA, EUGENIO ALBERTO. Crecimiento individual de camarón blanco *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) y camarón azul *Litopenaeus stylirostris* (Stimpson, 1874) (Decapoda: *Penaeidae*) con un enfoque multi-modelo. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v.44, n.3, p.480-486, 2016. Disponível em: <[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-560X2016000300006&lng=en&tlng=es](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2016000300006&lng=en&tlng=es)> Acesso em: 28 jan. 2018

BACAËR, NICOLAS. **A Short History of Mathematical Population Dynamics.** 1 ed. London: Springer-Verlag London Ltd, 160p, 2011.

BARDSLEY, W. G.; ACKERMAN, R. A.; BUKHARI, N. A.; DEEMING, D. C.; FERGUSON, M. W. Mathematical models for growth in alligator (*Alligator mississippiensis*) embryos developing at different incubation temperatures. **Journal of Anatomy**, n.187, p.181–190, 1995.

BERNARD, D.; HOLMSTROM, C. Growth and food habits of strains of rainbow trout (*Salmo gairdneri*; Richardson) in Winterkill Lakes of Western Manitoba. **Fisheries and Marine Service Manuscript Report** n.1477, pp.20, 1978.

BLAIR, J. M.; OSTROVSKY, I.; HICKS, B. J.; PITKETHLEY, R. J.; SCHOLE, P. Growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in warm-temperate lakes: implications for environmental change. **Canadian Journal Fishery and Aquatic Science**. v.70, n.5, p.815-823, 2013.

BERTALANFFY, L. VON. Untersuchungen über die Gesetzlichkeit des Wachstums. I. Allgemeine Grundlagen der Theorie: Mathematische und physiologische Gesetzlichkeiten des Wachstums bei Wassertieren. **Wilhelm Roux Arch Entwickl Mech Org**, v.131, n.4, p.613-653, 1934.

BRODY, S. **Bioenergetics and Growth.** 1 ed. New York: Rheinhold Publishing, 1023p. 1945

BUREAU, B. P.; AZEVEDO, P. A.; TAPIA-SALAZAR, M.; CUZON, G. Pattern and cost of growth and nutrient deposition in fish and shrimp: Potential implications and applications. In: CRUZ -SUÁREZ, L.E.; RICQUE-MARIE, D.; TAPIA-SALAZAR, M.; OLVERA-NOVOA, M.A.; CIVERA-CERECEDO, R.; (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola V. Memorias del V Simposium Internacional de Nutrición Acuícola*, Mérida, Yucatán, Mexico. Noviembre, p.19-22. 2000.

CAILLIET, G. M.; SMITH, W. D.; MOLLET, H. F.; GOLDMAN K. J. Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. *Environmental Biology of Fishes*, v.77, p.211-228. 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10641-006-9105-5>> Acesso em: 28 jan. 2018

CARVALHO J. C. **Desempenho zootécnico e curvas de crescimento de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) melhoradas geneticamente para ganho em peso**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, Brazil. 2016.

CILBIZ, M.; YALIM, F. B. Growth, Mortality, Recruitment and Yield of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792 in Karacaören-I Dam Lake, Turkey. *Pakistan Journal of Zoology*, v.49, p.825-832, 2017.

COSTA, A. C.; REIS NETO, R. V.; FREITAS, R. T. F.; FREATO, T. A.; LAGO, A. A.; SANTOS, V. B. Avaliação do crescimento de tilápias de diferentes linhagens através de modelos não lineares. *Archivos de Zootecnia*, v.58, supl.1 p.561-564, 2009.

Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49515040021>> Acesso em: 28 jan. 2018

DAVIDSON, J. W.; KENNEY, P. B.; MANOR, M.; GOOD, C. M.; WEBER, G. M.; AUSSANASUWANNAKUL, A.; TURK, P. J.; WELSH, C.; SUMMERFELT S. T. Growth Performance, Fillet Quality, and Reproductive Maturity of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Cultured to 5 Kilograms within Freshwater Recirculating Systems. *Journal of Aquaculture Research and Development*, v.5, n.4, pp.9, 2014.

DUMAS, A.; FRANCE, J.; BUREAU, D. P. Evidence of three growth stanzas in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) across life stages and adaptation of the thermal-unit growth coefficient. *Aquaculture* v.267, p.139-146. 2007.

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.

ESMAEILI, A.; M. H. TARAZKAR. Prediction of shrimp growth using an artificial neural network and regression models. *Aquaculture International*, v.19, n.4, p.705-713, 2011.

ESPITIA-MANRIQUE, C. H.; FERNANDES, J. B. K.; SAKOMURA, N. K.; ARIAS-VIGOYA, Á. A.; NASCIMENTO, T. M. T.; SILVA, E. P.; MANSANO, C. F. M. Description of growth and body composition of freshwater angelfish (*Pterophyllum scalare*) by Gompertz model. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.46, n.8, p.631-637, 2017. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902017000800001>> Acesso em: 28 jan. 2018.

FAO - **Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Branch**. 2018. Disponível

em: <[http://www.fao.org/figis/servlet/TabLandArea?tb\\_ds=Aquaculture&tb\\_mode=TABLE&tb\\_act=SELECT&tb\\_grp=COUNTRY](http://www.fao.org/figis/servlet/TabLandArea?tb_ds=Aquaculture&tb_mode=TABLE&tb_act=SELECT&tb_grp=COUNTRY)> 07 de junho de 2018.

FAO - **Cultured Aquatic Species Information Programme**. *Oncorhynchus mykiss*. Cultured Aquatic Species Information Programme. Text by Cowx, I. G. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 15 June 2005. [Cited 20 September 2018].

FIALHO, FLAVIO BELLO. 1999, Interpretação da curva de crescimento de Gompertz. **Embrapa Suínos e Aves**, Comunicado Técnico n.237, p.1-4, 1999.

FITZHUGH H. A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. **Journal of Animal Science**, v.42, n.4, p.1036-1051, 1976.

FRANCE J.; DIJKSTRA J.; DHANOA M. S. Growth functions and their application in animal science. **Annales de zootechnie**, INRA/EDP Sciences, v.45, (Sup11), p.165-174, 1996.

FREITAS, ALFREDO RIBEIRO DE. Curva de Crescimento na Produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.786-795, 2005.

GOMIERO, J. S. G.; FREITAS, R. T. F.; SANTOS, V. B.; SILVA, F. F.; RODRIGUES, P. B.; LOGATO, P. V. R. Curvas de crescimento morfométrico de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.3, p.882-889, 2009.

GOMPERTZ, B. On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new model of determining life contingencies. **Philosophical Transaction of the Royal Society**, v.115, p.513-585, 1825.

GOONEWARDENE, L. A.; BERG, R. T.; HARDIN, R. T. A. growth study of beef cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.61, p.1041-1048, 1981.

GRIMM, K. J.; RAM, N.; HAMAGAMI, F. Nonlinear Growth Curves in Developmental Research. **Child Development**, 82: 1357-1371, 2011.

GUERRERO C. A.; LAFARGA A. M.; CATALDO D. H.; QUIRÓS R. Evaluación del rendimiento pesquero potencial de la República Argentina. I. Datos. **Informe Técnico Nro 11**, Dpto. Aguas Continentales, INIDEP, 1988

HERNANDEZ-LLAMAS A.; RATKOWSKY D. A. Growth of fishes, crustaceans and molluscs: estimation of the von Bertalanffy, Logistic, Gompertz and Richards curves and a new growth model. **Marine Ecology Progress Series**, v.282, p.237-244. 2004.

IBGE - **Pesquisa pecuária 2016**. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/pesquisa/18/16459>> Acesso em: 28 de fev de 2018.

IGFA. World Records. **The International Game Fish Association**. 2018. Disponível em: <http://wrec.igfa.org/WRecDetail.aspx?uid=34448&cn=Trout,%20rainbow#.WwYKVO7t7IU> Acesso em: 28 de fev de 2018.

JOBLING, MALCOLM. The thermal growth coefficient (TGC) model of fish growth: a cautionary note. **Aquaculture Research**, v.34, p.581-584, 2003.

KATSANEVAKIS, S.; MARAVELIAS, C. D. Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. **Fish and Fisheries**, v.9, p.178-187, 2008.

KIRKWOOD, T. B. L. Deciphering death: a commentary on Gompertz (1825) 'On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on a new mode of determining the value of life contingencies'. **Philosophical Transactions of the Royal Society. Biological Sciences**. v.370, pp.8 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2014.0379>> Acesso em: 28 de jan 2018.

KOYA, P. R.; GOSHU A. T. Generalized Mathematical Model for Biological Growths. **Open Journal of Modelling and Simulation**, v.1, p.42-53, 2013.

LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R. **Growth of Farm Animals**. 2 ed. Wallingford: CAB International. 346p. 2002.

LAZZAROTTO, H.; CARAMASCHI, É. P. Introdução da Truta no Brasil e na bacia do rio Macaé, Estado do Rio de Janeiro: Histórico, Legislação e Perspectivas. **Oecologia Brasiliensis**, v.13, n.4 p.649-659, 2009.

LEMONTE, A. J. Diagnóstico em regressão normal linear: princípios e aplicação. **Revista Brasileira de Biometria**, v.26, p.07-26, 2008.

LÔBO, R. N. B.; MARTINS F. R. Avaliação de Métodos de Padronização dos Pesos Corporais às Idades de 205, 365 e 550 Dias. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1695-1706. 2002. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982002000700012>> Acesso em: 28 de jan 2018.

LÓPEZ, S. Non-linear Functions in Animal Nutrition. In: **Mathematical Modelling in Animal Nutrition**, J. France and E. Kebreab. **1ed**, CAB International. pp.640, 2008.

LUGERT, V.; TETENS J.; THALLER G.; SCHULZ C.; KRIETER J.; Finding suitable growth models for turbot (*Scophthalmus maximus* L.) in aquaculture 1 (length application). **Aquaculture Research**, p.1–13. 2015.

LUGERT, V.; THALLER, G.; TETENS, J.; SCHULZ, C.; KRIETER, J. A review on fish growth calculation: multiple functions in fish production and their specific application, **Reviews in Aquaculture**, v.6, p.1–13, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1111/raq.1207>> 28 de janeiro de 2018.

MACHADO, T. M. **Tecnologia e viabilidade econômica do sucedâneo de caviar das ovas de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*)**. 72 p. Dissertação (Mestrado. Instituto de Pesca, APTA). 2013. Disponível em: <[http://www.pesca.sp.gov.br/dissertacoes\\_pg.php](http://www.pesca.sp.gov.br/dissertacoes_pg.php)> Acesso em: 4 de junho. 2018.

MACHADO, T.; RIGOLINO, M. M.; TABATA, Y. A. **Manejo reprodutivo da truta arco-íris**. Instituto de Pesca de São Paulo. 2007. Disponível em: <[http://ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/truta\\_arco-iris.pdf](http://ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/truta_arco-iris.pdf)> Acesso em: 4 de junho de 2018.

MALHADO, C. H. M.; CARNEIRO, P. L. S.; AFFONSO, P. R. A. M.; SOUZA, A. A. O.; SARMENTO, J. L. R. Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo, and Santa Inês, **Small Ruminant Research**, v.84, n.1–3, p.16-21, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.04.006>> 28 de janeiro de 2018.



- MANSANO, C. F. M.; MACENTE, B. I.; KHAN, K. U.; DO NASCIMENTO, T. M.T.; DA SILVA, E.P.; SAKOMURA, N. K.; FERNANDES, J. B. K. Chapter 2: Morphometric growth characteristics and body composition of fish and amphibians. **New Insights into Morphometry Studies**. In: Pares-Casanova PM, ed. London. p.7-28, 2017.
- MANSANO, C.; STÉFANI, M.; PEREIRA, M.; MACENTE, B. Non-linear growth models for bullfrog tadpoles. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 36, n. 4, p. 454-462, 2012.
- MARQUARDT, D. W. An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters. **Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics**, v.11, n.2, p.431-441, 1963.
- MDIC. **Dados do Comércio Exterior**. Brasil: Ministério do Desenvolvimento, da Indústria e Comércio Exterior, Junho 2018. Anual. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/es/home>> Acesso em: 07 de junho de 2018.
- ORTEGA-LIZÁRRAGA, G. G.; RODRÍGUEZ-DOMÍNGUEZ, G.; PÉREZ-GONZÁLEZ, R.; CASTAÑEDA-LOMAS, N.; ARAGÓN-NORIEGA, E. A. Estimation of growth parameters of male blue crabs *Callinectes arcuatus* (Brachyura: Portunidae) from the Gulf of California using the Schnute model. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v.44 n.2, p.371-379, 2016. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.3856/vol44-issue2-fulltext-18>> Acesso em: 28 de janeiro de 2018.
- PANIK, M. J. **Growth Curve Modeling: Theory and Applications**. 1 ed. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken, NJ. p.454, 2014.
- PAWLAK, C.; HANUMARA, R.C. A comparison of nonlinear growth models for fisheries. **Fishery Research (Amsterdam)**, v.11, p.143-154, 1991.
- PEARL, R. **Biology of Population Growth**, 1 ed, Knopf, New York, p.260, 1930.
- PEREIRA, M. M.; MANSANO, C. F. M.; SILVA, E. P.; STÉFANI, M. V. Growth in weight and of some tissues in the bullfrog: fitting nonlinear models during the fattening phase. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38 n.6, p.598-606, 2014. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000600009>> Acesso em: 28 de janeiro de 2018.
- POBLETE, A. T. S. **Life history of rainbow trout and considerations for introducing steelhead into southern Chile**. Dissertação (Master Thesis in Fisheries and Wildlife). Oregon State University. USA. 1988. Disponível em: <<http://ir.library.oregonstate.edu/concern/graduate-thesis-or-dissertations/v405sd18q>> Acesso em: 28 de jan de 2018.
- POWELL, C.; DUMAS, S.; BUREAU, D.; HOOK, S.; FRANCE, J. Mathematical descriptions of indeterminate growth, **Journal of Theoretical Biology**, pp.37 2017.
- PUTTER, A. Studien Uber physiologische Ahnlichkeit. VI. Wachstumsahnlichkeiten **Pftig. Arch. ges. Physiol.** v.180, p.298-340, 1920.
- QUISPE, P. C. **Determinación del crecimiento de la trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* cultivada extensivamente en la laguna Suches - Tacna desde 1996 a 2005, mediante modelo Von Bertalanffy**. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2008.

- RAWLINGS J. O.; PANTULA S. G.; DICKEY D. A. **Applied Regression Analysis**. 2 ed. New York:Springer-Verlag, p.659, 1998.
- RODRIGUES, A.; CHAVES, L. M.; SILVA, F. F.; ZEVIANI, W. M. Utilização da regressão isotônica em estudos de curvas de crescimento. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v.28, n.4, p.85-101, 2010.
- RODRIGUES, A. P. O.; LIMA, A. F.; ALVES, A. L.; ROSA, D. K.; TORATI, L. S.; SANTOS, V. R. V. **Piscicultura de água doce: multiplicando conhecimento**. 1º ed. Brasília: Embrapa. 440p. 2013.
- RODRIGUES, M. L.; LIMA, S. L.; MOURA, O. M.; AGOSTINHO, C. A.; SILVA, J. H. V.; CRUZ, G. R. B.; CAMPOS, V. M.; CASALI, A. P.; MENDES, R. R. B.; ALBUQUERQUE, A. G. Curva de crescimento em rã-touro na fase de recria. **Archivos de Zootecnia**. v.56, n.214 p.125-136, 2007.
- ROGERS-BENNETT, L.; ROGERS, D. W.; BENNETT, W.A.; EBERT, T.A.; Modeling red sea urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) growth using six growth functions. **Fisheries Bulletin**, v.101, p.614–626, 2003.
- ROSA, M. D.; SILVA, J. A.; SILVA, A. L.; Modelling growth in cultures of *Oreochromis niloticus* (L.) and *Cyprinus carpio* L. in Pernambuco, Brazil. **Aquaculture Research**, v.28, p.199-204, 1997.
- SABETIAN, M.; DELSHAD, S. T.; MOINI, S.; ISLAMI, H.R.; MOTALEBI, A. Identification of fatty acid content, amino acid profile and proximate composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Journal of American Science**. v.8, p.670-677, 2012.
- SALEM, M.; MANOR, M.; AUSSANASUWANNAKUL, A.; KENNEY, B.; WEBER, G.; YAO, J. Effect of sexual maturation on muscle gene expression of rainbow trout: RNA-Seq approach. **Physiological Reports**, v.1, n.5, 15p, 2013.
- SANTOS, V. B.; MARECO, E. A.; SILVA, M. D. P. Growth curves of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strains cultivated at different temperatures. **Acta Scientiarum, Animal Science, Maringá**, v.35, n.3, p.235-242, 2013.
- SANTOS, V.; FREITAS, R.; SILVA, F.; FREATO, T. Avaliação de curvas de crescimento morfométrico de linhagens de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v.31, n.5, p.1486-1492, 2007.
- SAS. Institute Inc. SAS/ACCESS 9.4 interfaces to ADABAS: Reference. SAS Institute Inc., Cary, NC; 2013
- SARMENTO, J. L. R.; REGAZZI, A. J.; SOUZA, W. H.; TORRES, R. A.; BREDA, F. C.; MENEZES, G. R. O. Analysis of the growth curve of Santa Ines sheep. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.435-442, 2006.
- SCHERR, C.; GAGLIARDI, A.; MINAME, M.; SANTOS, R. Fatty Acid and Cholesterol Concentrations in Usually Consumed Fish in Brazil. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.104 n.2, p.152-158, 2014. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.5935/abc.20140176>> Acesso em: 28 de jan. de 2018.
- SEBRAE. **Aquicultura no Brasil. Série estudos mercadológicos**. Serviço brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas. 2015.

SILLIMAN, R. P. 1969. Comparison between Gompertz and von Bertalanffy Curves for Expressing Growth in Weight of Fishes. **Journal of the Fisheries Research Board of Canada**, v.26 n.1, p.161-165, 1969. Disponível em: <<https://doi.org/10.1139/f69-017>> Acesso em: 28 de janeiro de 2018.

SILVA, T.; SANTOS, L.; SILVA, L.; MICHELATO, M.; FURUYA, V.; FURUYA, W. Length–weight relationship and prediction equations of body composition for growing-finishing cage-farmed Nile tilapia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.44, n.4, p.133-137, 2015.

SHAH, M.A. Stochastic logistic model for fish growth, **Open Journal of Statistics**, v.4, p.11–18, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4236/ojs.2014.41002> Acesso em: 28 de jan. de 2018.

SLOAT, M. R.; REEVES, G. H. Individual condition, standard metabolic rate, and rearing temperature influence steelhead and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) life histories. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v.71, p.491–501, 2014.

SOUSA, J.; JOSÉ, A. G.; MARLON S.; CARVALHO, P. G. S.; ROCHA, L. G.; CAMPECHE, D. F. B. Mathematical modeling applied to the growth of tilapia in net cages in the sub middle of the São Francisco river. **Engenharia Agrícola**, v.34, n.5, p.1001-1011, 2014. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162014000500019>> Acesso em: 28 de jan. de 2018.

TIAN, X.; LEUNG, P.S.; HOCHMAN, E. Shrimp growth functions and their economics implications. **Aquaculture Engineering**, v.12, p.81–96, 1993.

TJØRVE, K. M. C.; TJØRVE, E. Shapes and functions of bird-growth models: how to characterize chick postnatal growth. **Zoology**, v.113, n.6, p.326-333, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.zool.2010.05.003>> 28 de jan de 2018.

TJØRVE, K. M. C.; TJØRVE, E. The use of Gompertz models in growth analyses, and new Gompertz-model approach: An addition to the Unified-Richards family. **PLoS ONE** v.12, n.6, 17p, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178691>> Acesso em: 28 de jan. de 2018.

WIDOWSSON, E. M. Chapter 1: Definitions of growth. In **Growth in Animals: Studies in the Agricultural and Food Sciences** By Lawrence T. L. J. 1 ed. 316p, 1980.

YU, RUN; LEUNG, PING SUN. A Bayesian hierarchical model for modeling white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) growth in a commercial shrimp farm, **Aquaculture**, v.306, n.1–4, p.205-210, 2010.

YUN, B.; YU, X.; XUE, M.; LIU, Y.; WANG, J.; WU, X.; HAN F.; LIANG X. Effects of dietary protein levels on the long-term growth response and fitting growth models of gibel carp (*Carassius auratus gibelio*), **Journal of Animal Nutrition**, v.1, n.2, p.70-76, 2015.

## ANEXOS

A - Simulação do crescimento em peso (g) pelo modelo Bertalanffy até os 700 dias de idade.

B - Simulação do crescimento em peso (g) pelo modelo Brody até os 700 dias de idade.

C - Simulação do crescimento em comprimento (cm) pelo modelo Brody e Bertalanffy até os 700 dias de idade.

D - Resíduos vs Idade no ajuste do crescimento em peso (g) no nível “Tanques” para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody.

E - Resíduos vs Idade no ajuste do crescimento em peso (g) no nível “Rótulo” para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody.

F - Resíduos vs Idade no ajuste do crescimento em peso (g) no nível “Total” para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody.

G - Resíduos vs Idade no ajuste do crescimento em comprimento (cm) no nível “Tanques” para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody.

H - Resíduos vs Idade no ajuste do crescimento em comprimento (cm) no nível “Rótulo” para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody.

I - Resíduos vs Idade no ajuste do crescimento em comprimento (cm) no nível “Total” para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody.

J - Resíduos Estudentizados vs Idade no ajuste do crescimento em peso (g) no nível “Tanques” para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody.

K - Resíduos Estudentizados vs Idade no ajuste do crescimento em peso (g) no nível “Rótulo” para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody.

L - Resíduos Estudentizados vs Idade no ajuste do crescimento em peso (g) no nível “Total” para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody.

M - Resíduos Estudentizados vs Idade no ajuste do crescimento em comprimento (cm) no nível “Tanques” para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody.

N - Resíduos Estudentizados vs Idade no ajuste do crescimento em comprimento (cm) no nível “Rótulo” para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody.

O - Resíduos Estudentizados vs Idade no ajuste do crescimento em comprimento (cm) no nível “Total” para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody.

**Anexo A. Simulação do crescimento em peso (g) pelo modelo Bertalanffy até os 700 dias de**

Idade	Tanque 1	Tanque 2	Tanque 3	Tanque 4	Tanque 5	idade
1	----	----	----	----	----	
10	----	----	----	----	----	
20	----	----	----	----	----	
30	----	----	----	----	----	
40	----	----	----	----	----	
50	----	----	----	----	----	
60	----	----	----	----	----	
70	----	----	----	----	----	
80	----	----	----	----	----	
90	----	----	----	----	----	
100	----	----	----	----	----	
110	----	----	----	----	----	
120	----	----	----	----	----	
130	----	----	----	----	----	
140	----	0,04	----	----	----	
150	----	0,41	----	----	----	
160	0,001	1,48	----	----	----	
170	0,31	3,58	0,01	----	----	
180	1,71	6,97	0,40	----	----	
190	4,79	11,86	2,14	----	----	
200	9,93	18,39	5,98	----	0,001	
210	17,38	26,65	12,43	0,002	0,87	
220	27,27	36,69	21,80	1,29	5,34	
230	39,64	48,51	34,20	7,69	15,17	
240	54,48	62,08	49,62	21,30	30,99	
250	71,71	77,35	67,94	42,43	52,67	
260	91,25	94,25	88,98	70,34	79,60	
273	119,86	118,50	120,01	114,72	121,08	
286	151,81	145,13	154,64	165,39	167,97	
300	189,52	176,17	195,25	223,64	222,28	
313	227,20	206,92	235,39	278,58	274,37	
328	273,37	244,34	283,81	340,56	334,56	
346	331,82	291,46	343,77	410,38	404,68	
370	413,44	356,98	424,82	492,87	491,48	
420	589,38	497,80	588,58	622,27	639,81	
470	762,63	636,44	735,14	703,06	744,30	
520	924,64	766,32	859,10	750,76	813,77	
570	1070,83	883,77	960,10	778,13	858,47	
620	1199,40	987,30	1040,33	793,59	886,69	

670	1310,36	1076,82	1102,93	802,24	904,30
<b>Idade</b>	<b>Tanque 4</b>	<b>Tanque 5</b>	<b>Tanque 6</b>	<b>Tanque 7</b>	<b>Tanque 9</b>
1	-1431,04	-963,32	-1805,69	-1151,16	-2013,78
10	-1365,31	-926,53	-1714,70	-1103,78	-1907,28
20	-1293,62	-885,75	-1616,36	-1051,59	-1792,71
30	-1223,33	-845,04	-1520,86	-999,89	-1681,99
40	-1154,41	-804,42	-1428,10	-948,66	-1574,98
50	-1086,84	-763,88	-1338,01	-897,91	-1471,55
60	-1020,58	-723,42	-1250,51	-847,63	-1371,60
70	-955,62	-683,05	-1165,53	-797,81	-1274,99
80	-891,93	-642,76	-1083,00	-748,45	-1181,62
90	-829,47	-602,56	-1002,84	-699,55	-1091,39
100	-768,24	-562,43	-924,99	-651,09	-1004,17
110	-708,20	-522,39	-849,38	-603,09	-919,89
120	-649,33	-482,44	-775,95	-555,53	-838,42
130	-591,61	-442,56	-704,63	-508,41	-759,69
140	-535,01	-402,77	-635,36	-461,72	-683,60
150	-479,52	-363,05	-568,08	-415,47	-610,06
160	-425,12	-323,42	-502,74	-369,64	-538,98
170	-371,77	-283,88	-439,28	-324,23	-470,29
180	-319,46	-244,41	-377,65	-279,25	-403,90
190	-268,18	-205,02	-317,79	-234,68	-339,74
200	-217,89	-165,72	-259,65	-190,52	-277,73
210	-168,59	-126,49	-203,19	-146,77	-217,79
220	-120,24	-87,35	-148,35	-103,43	-159,87
230	-72,85	-48,29	-95,09	-60,48	-103,88
240	-26,37	-9,31	-43,36	-17,93	-49,78
250	19,20	29,60	6,88	24,22	2,51
260	63,88	68,42	55,67	65,99	53,05
273	120,66	118,77	117,01	119,71	116,23
286	176,01	168,98	176,06	172,78	176,66
300	234,05	222,91	237,20	229,23	238,82
313	286,53	272,85	291,78	280,99	293,94
328	345,43	330,30	352,23	339,95	354,58

346	413,86	399,01	421,36	409,62	423,37
370	501,41	490,23	508,06	500,72	508,76
420	671,02	678,82	670,30	684,12	665,71
470	824,73	865,48	810,51	859,21	798,06
520	964,02	1050,23	931,66	1026,36	909,66
570	1090,24	1233,08	1036,36	1185,93	1003,77
620	1204,62	1414,06	1126,84	1338,27	1083,12
670	1308,27	1593,19	1205,02	1483,70	1150,04
700	1365,74	1699,78	1246,74	1567,77	1185,04

**Anexo B.**  
Simulação do crescimento em peso

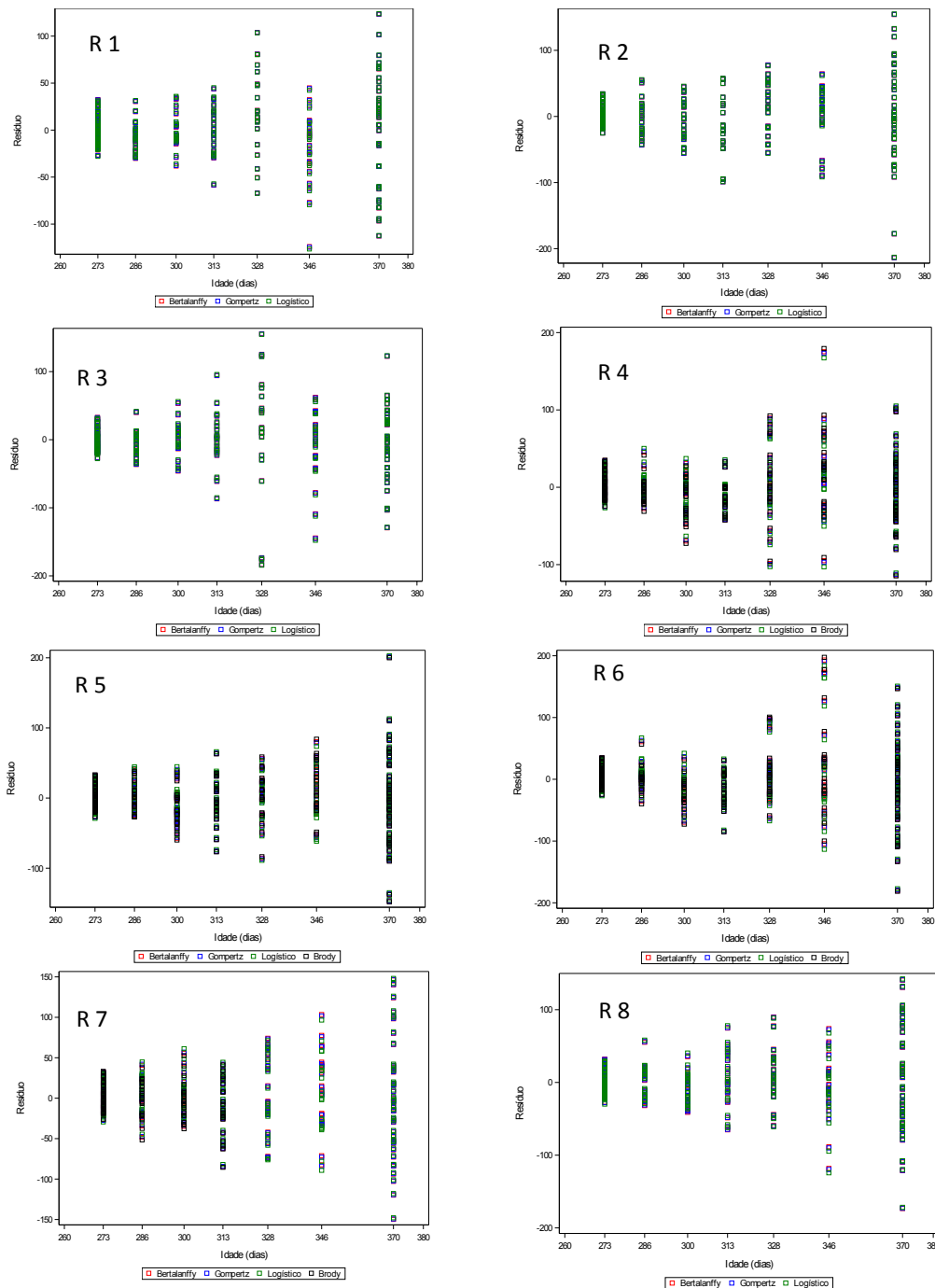
(g) pelo modelo Brody até os 700 dias de idade.

**Anexo C.** Simulação do crescimento em comprimento (cm) pelo modelo Brody e Bertalanffy até os 700 dias de idade.

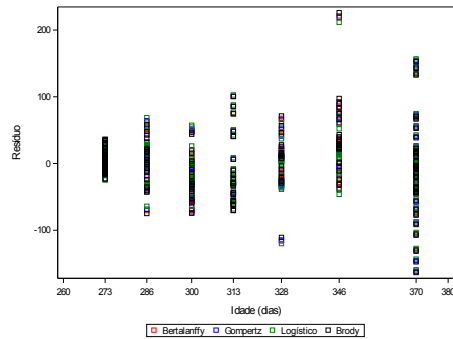
Idade	Tanque 3	Tanque 4	Tanque 5	Tanque 6	Tanque 7	Tanque 8	Tanque 9
1	-10,79	-75,66	-20,29	-41,72	-23,89	-11,31	-23,22
10	-9,54	-69,38	-18,51	-38,44	-21,84	-10,14	-21,25
20	-8,17	-62,77	-16,57	-34,92	-19,62	-8,84	-19,10
30	-6,81	-56,54	-14,67	-31,52	-17,45	-7,55	-17,00
40	-5,47	-50,65	-12,80	-28,24	-15,33	-6,26	-14,95
50	-4,13	-45,10	-10,96	-25,08	-13,25	-4,98	-12,94
60	-2,81	-39,86	-9,16	-22,04	-11,23	-3,70	-10,97
70	-1,51	-34,92	-7,38	-19,10	-9,25	-2,43	-9,04
80	-0,22	-30,26	-5,65	-16,26	-7,31	-1,16	-7,15
90	1,06	-25,86	-3,94	-13,53	-5,42	0,10	-5,31
100	2,33	-21,71	-2,26	-10,89	-3,58	1,35	-3,50
110	3,58	-17,79	-0,62	-8,35	-1,77	2,60	-1,73
120	4,82	-14,09	1,00	-5,89	-0,01	3,85	0,0008
130	6,05	-10,61	2,59	-3,53	1,71	5,09	1,69
140	7,27	-7,32	4,15	-1,25	3,39	6,33	3,35
150	8,47	-4,21	5,68	0,95	5,04	7,56	4,98
160	9,67	-1,28	7,18	3,08	6,64	8,78	6,57
170	10,85	1,48	8,65	5,12	8,21	10,01	8,12
180	12,01	4,09	10,10	7,10	9,75	11,22	9,64
190	13,17	6,55	11,52	9,00	11,25	12,43	11,14
200	14,32	8,87	12,92	10,84	12,71	13,64	12,59
210	15,45	11,06	14,29	12,61	14,14	14,84	14,02
220	16,57	13,13	15,64	14,31	15,54	16,04	15,42
230	17,68	15,08	16,96	15,96	16,90	17,23	16,79
240	18,78	16,92	18,25	17,55	18,24	18,42	18,13
250	19,87	18,66	19,53	19,08	19,54	19,60	19,44
260	20,95	20,30	20,78	20,56	20,82	20,78	20,72
273	22,33	22,29	22,37	22,40	22,43	22,30	22,35
286	23,70	24,14	23,93	24,16	23,99	23,81	23,93
300	25,15	25,98	25,56	25,96	25,62	25,44	25,59

313	26,48	27,56	27,04	27,56	27,09	26,94	27,08
328	27,99	29,24	28,71	29,31	28,74	28,66	28,76
346	29,78	31,07	30,64	31,28	30,63	30,71	30,69
370	32,11	33,23	33,13	33,73	33,04	33,42	33,17
420	36,79	36,88	37,97	38,18	37,64	38,98	37,92
470	41,24	39,61	42,39	41,90	41,74	44,43	42,20
520	45,46	41,64	46,43	45,00	45,40	49,77	46,04
570	49,48	43,17	50,11	47,59	48,65	55,01	49,49
620	53,31	44,31	53,46	49,75	51,54	60,14	52,59
670	56,94	45,16	56,53	51,56	54,12	65,16	55,38
700	59,03	45,57	58,24	52,49	55,53	68,13	56,91

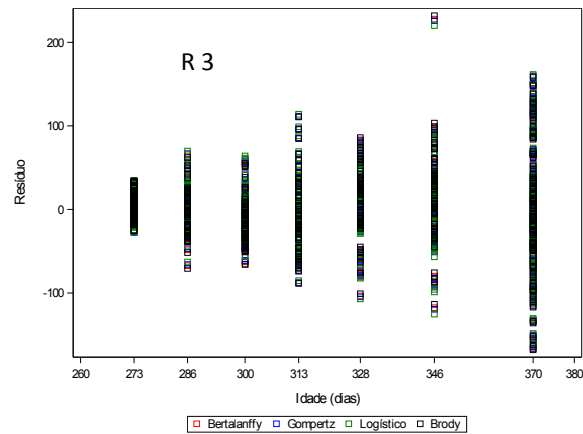
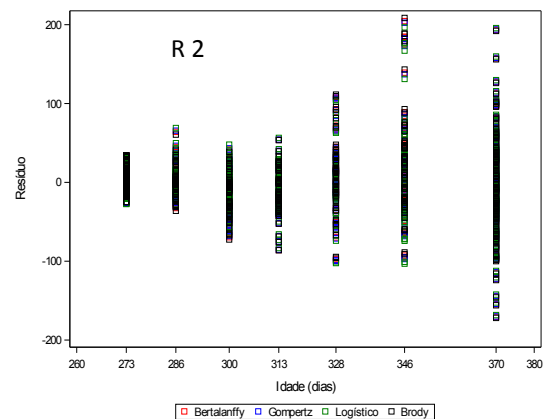
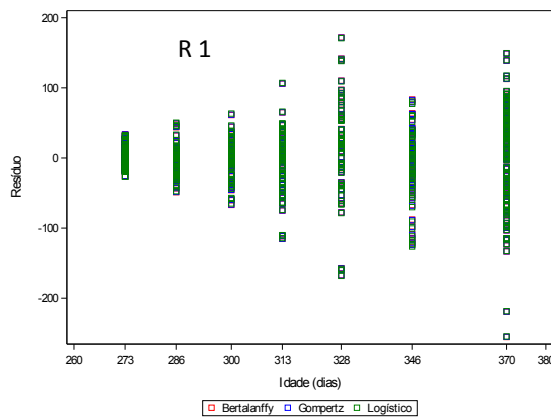
**Anexo D.** Resíduos vs Idade no ajuste do crescimento em peso (g) no nível 1 para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody. R: Repetição.



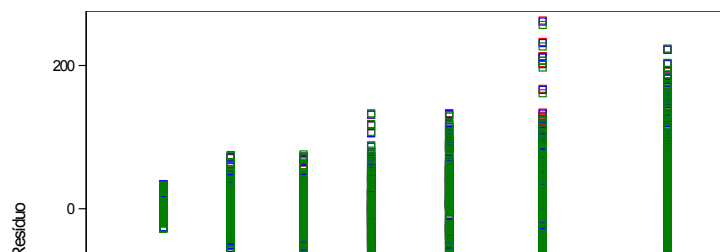




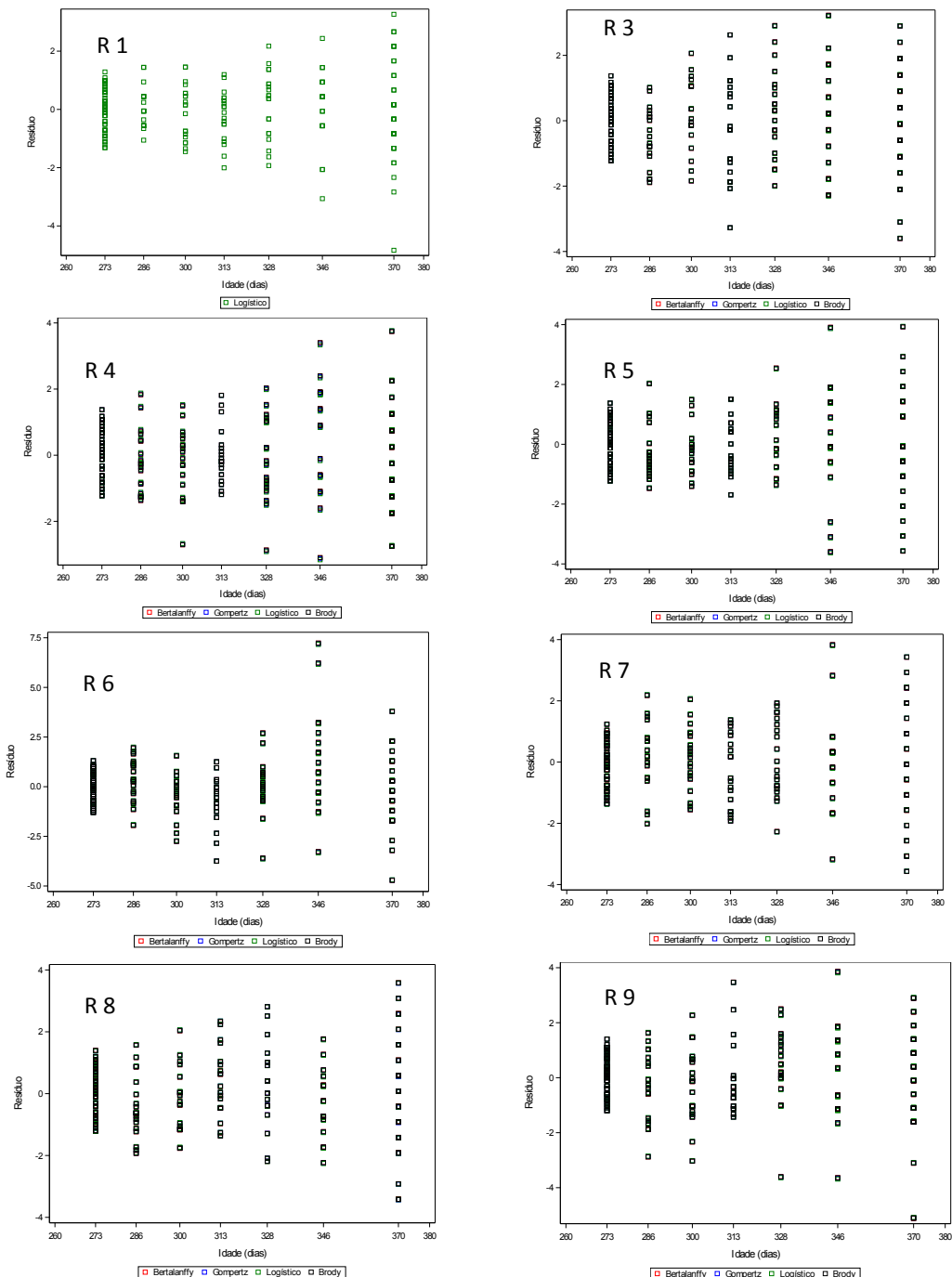
**Anexo E.** Resíduos vs Idade no ajuste do crescimento em peso (g) no nível 2 para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody. R: repetição



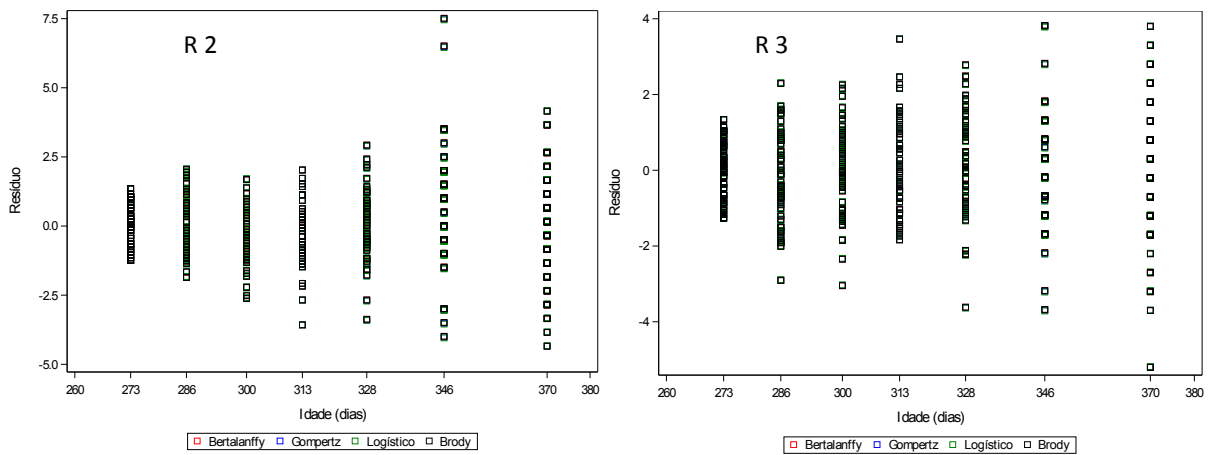
**Anexo F.** Resíduos vs Idade no ajuste do crescimento em peso (g) no nível 3 para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody



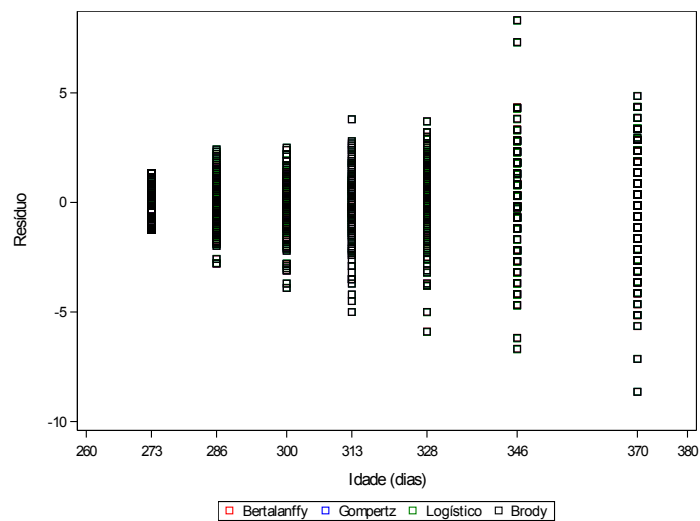
**Anexo G. Resíduos vs Idade no ajuste do crescimento em comprimento (cm) no nível 1 para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody. R: repetição**



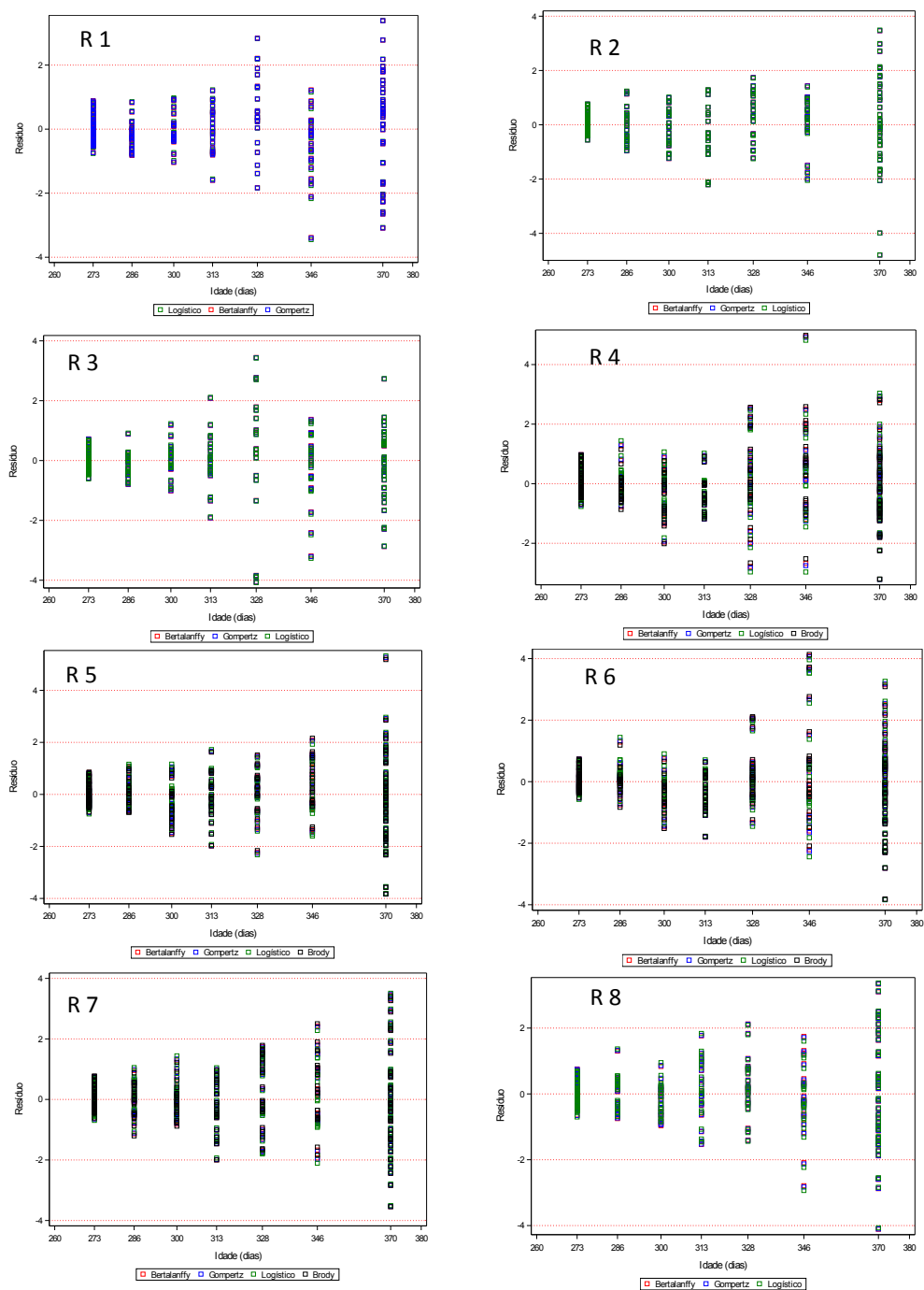
**Anexo H.** Resíduos vs Idade no ajuste do crescimento em comprimento (cm) no nível 2 para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody. R: repetição

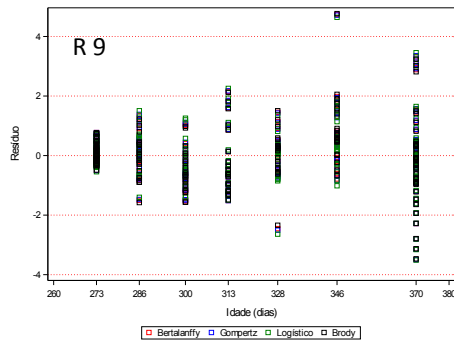


**Anexo I.** Resíduos vs Idade no ajuste do crescimento em comprimento (cm) no nível 3 para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody

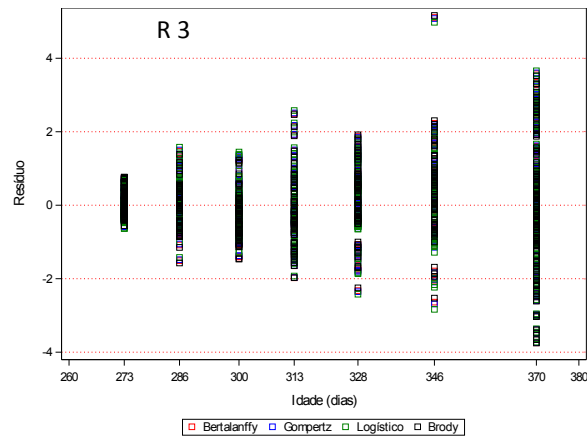
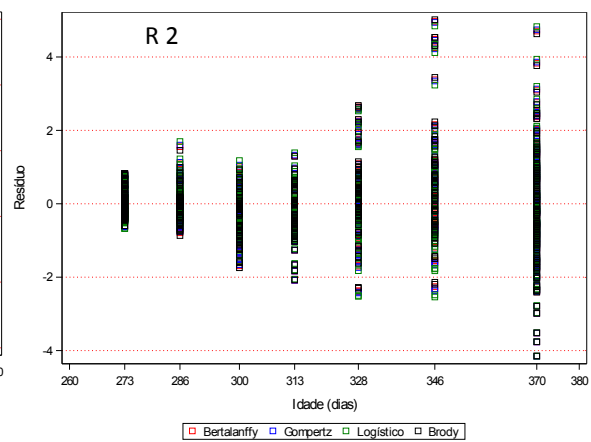
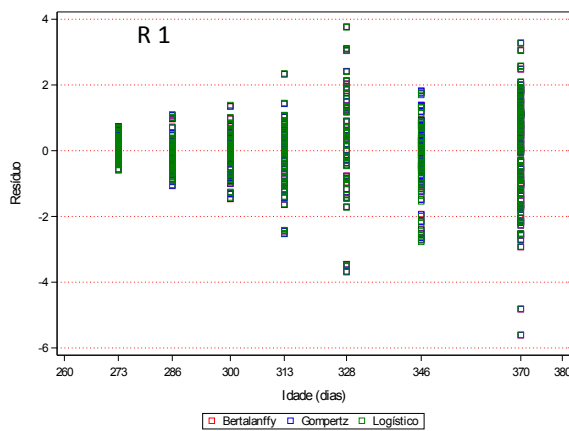


**Anexo J.** Resíduos Estudentizados vs Idade no ajuste do crescimento em peso (g) no nível 1 para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody. R: repetição

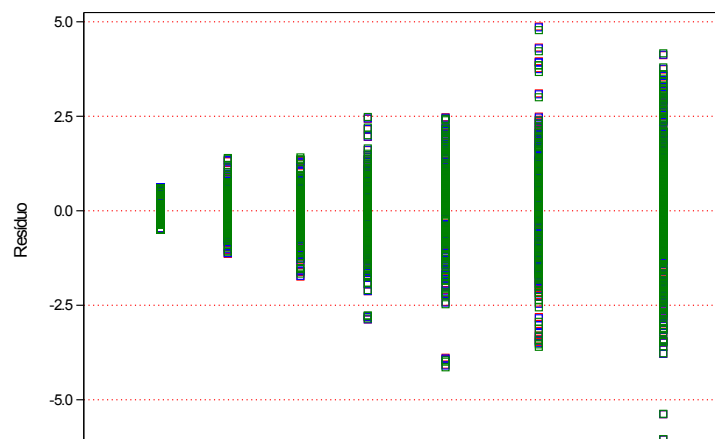




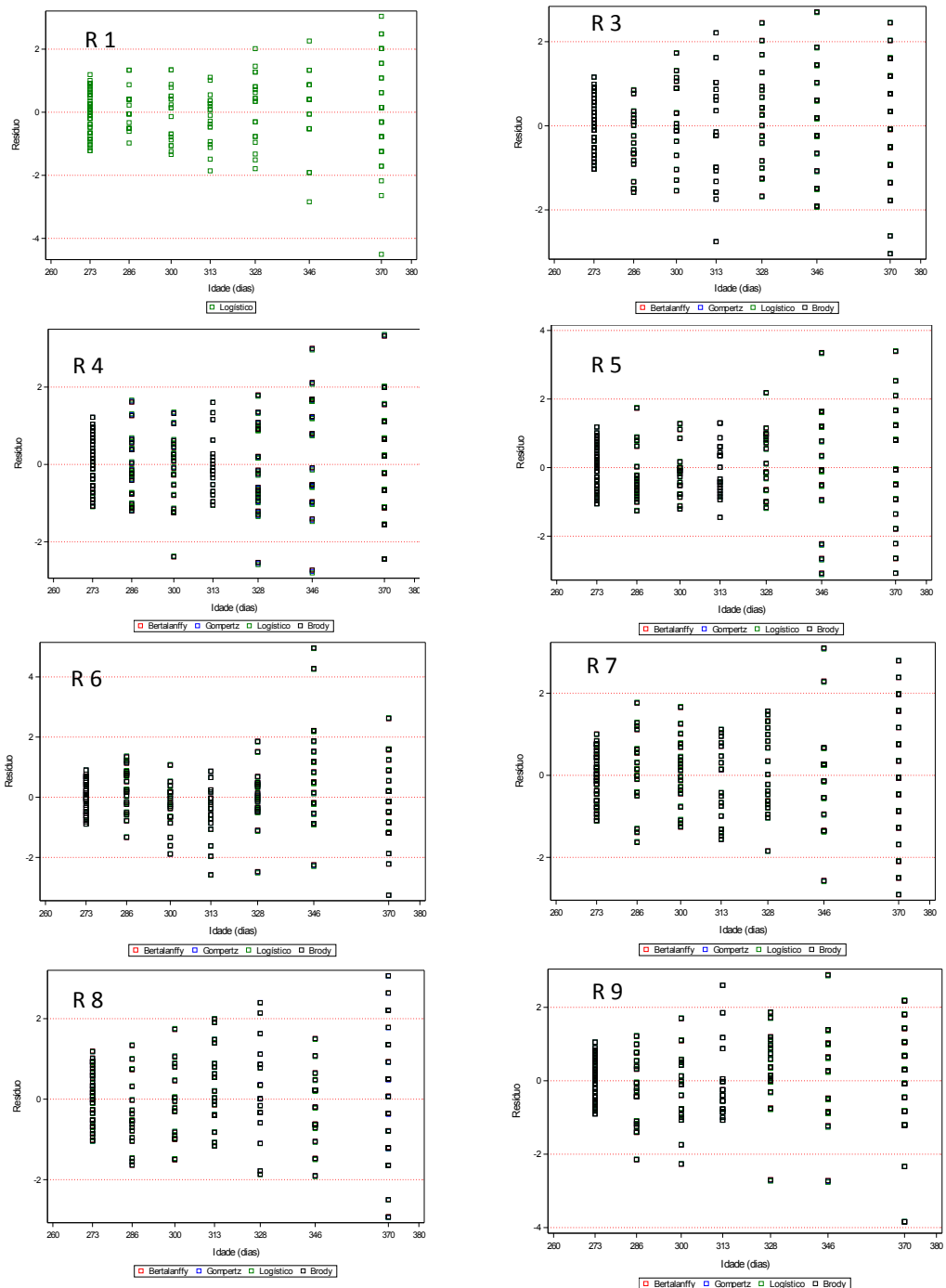
**Anexo K.** Resíduos Estudentizados vs Idade no ajuste do crescimento em peso (g) no nível 2 para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody. R: repetição



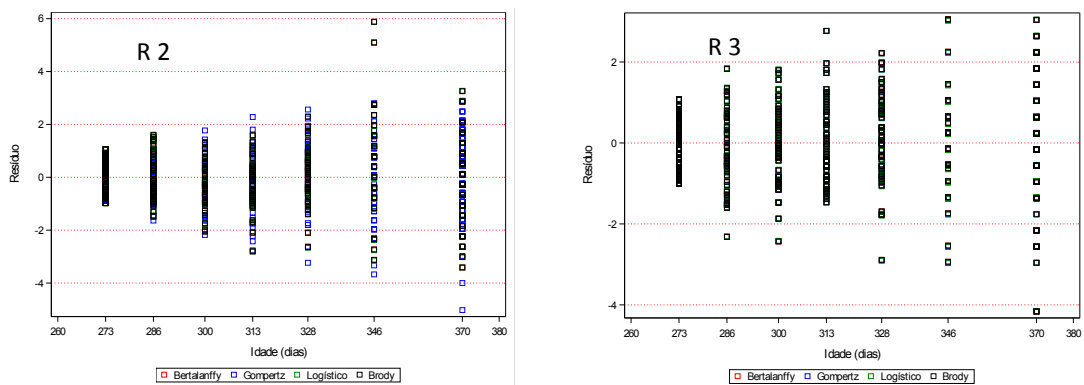
**Anexo L.** Resíduos Estudentizados vs Idade no ajuste do crescimento em peso (g) no nível 3 para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody



**Anexo M. Resíduos Estudentizados vs Idade no ajuste do crescimento em comprimento (cm) no nível 1 para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody. R: repetição**



**Anexo N.** Resíduos Estudentizados vs Idade no ajuste do crescimento em comprimento (cm) no nível 2 para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody. R: repetição



**Anexo O.** Resíduos Estudentizados vs Idade no ajuste do crescimento em comprimento (cm) no nível 3 para os modelos Logístico, Gompertz, Bertalanffy e Brody

