

Lucas Silva do Amaral

**Ajuste de modelos não lineares ao crescimento de coelhos da raça
Nova Zelândia**

**RECIFE - PE
15 de fevereiro de 2021**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOMETRIA E ESTATÍSTICA
APLICADA**

Ajuste de modelos não lineares ao crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada como pré-requisito para obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Estatística Aplicada e Experimental

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Rocha Moreira
Coorientador: Dr. André Luiz Pinto dos Santos

**RECIFE - PE
15 de fevereiro de 2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A485a Amaral, Lucas Silva do
 Ajuste de modelos não lineares ao crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia / Lucas Silva do
 Amaral. - 2021.
 54 f. : il.

Orientador: Guilherme Rocha Moreira.
Coorientador: Andre Luiz Pinto dos Santos.
Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em
Biometria e Estatística Aplicada, Recife, 2021.

1. Modelos de crescimento de coelhos. 2. Identidade de curvas. 3. Dietas. 4. Modelagem estatística. I.
Moreira, Guilherme Rocha, orient. II. Santos, Andre Luiz Pinto dos, coorient. III. Título

CDD 519.5

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOMETRIA E ESTATÍSTICA
APLICADA**

**Ajuste de modelos não lineares ao crescimento de coelhos da raça Nova
Zelândia**

Lucas Silva do Amaral

Dissertação julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Biometria e Estatística Aplicada, defendida e aprovada por unanimidade em 15/02/2021 pela Banca Examinadora

Orientador:

Prof. Dr. Guilherme Rocha Moreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Moacyr Cunha Filho
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Prof. Dr. Luiz Carlos Machado
Instituto Federal de Minas Gerais - IFMG

Dr. André Luiz Pinto dos Santos
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

Gratidão a Deus por iluminar minha mente nos momentos de aflição e a minha família por sempre me apoiar.

AGRADECIMENTOS

Agradecer primeiramente a Deus, por ser a luz que ilumina o meu caminho e ser meu porto seguro, nos mais variados desafios que a vida nos impõe.

A meus pais Gercino e Maria da Conceição por sempre me apoiarem nos momentos de angústia, me incentivando a prosseguir nos meus objetivos, a minhas irmãs Débora e Raquel pela companhia nesses tempos difíceis que o mundo vivencia, e aos demais familiares que me deram palavras de apoio.

Aos meus companheiros(as) de moradia na capital pernambucana, por compartilhar vários momentos, que me ajudaram a amadurecer-me, na vida pessoal e na carreira acadêmica, Natália com sua determinação e conselhos que encoraja a todos, Marciele com seu elevado autoestima e tranquilidade, e Edvaldo com sua sempre pontual disponibilidade e esforço em auxiliar nos desafios decorrentes da carreira acadêmica.

Aos colegas de curso, em especial aos “velhinhos” Eduardo, Henrique e João, pelos conselhos e aprendizados que vou levar comigo para o resto da vida, aos meus amigos Marília e César pelas caronas e boas risadas dadas nesse tempo, aos meus “irmãos” de orientação Diego e Denise, pelo auxílio prestado nas pesquisas e artigos científicos, e aos colegas que me auxiliaram de maneira significativa: Filipe Mendonça, Felipe Gusmão, Luciano Serafim, Elielma, Camila, Edgo, Caio, Gabi, Vaniele e demais discentes do departamento.

Agradeço em especial ao meu orientador Guilherme por todo apoio e valiosas informações dadas nesse período turbulento em que foi realizada a pesquisa e a André por sempre está disponível e ter papel relevante com sua expertise, na elaboração da dissertação, e aos professores Moacyr, Frank, Samuel, Tatijana, Borko entre outros, que não pouparam e não poupam esforços para alavancar a qualidade do PPGBEA.

A CAPES (Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior), pelo auxílio financeiro, que foi determinante para o aprimoramento e elaboração da dissertação.

“Ideias e somente ideias podem iluminar a escuridão”.

Ludwig Von Mises.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o ajuste de modelos não lineares na descrição do crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia Branca alimentados com diferentes dietas. Foram avaliados, os modelos Santos et al. (2018), Richards, Gompertz, Brody, Von Bertalanffy e Logístico, visando identificar o modelo de melhor ajuste, e posteriormente verificar o desempenho dos tratamentos. Para a realização do experimento foram utilizados coelhos desmamados aos 35 dias de idade, recebendo diferentes tipos de ração, sendo seus pesos mensurados a cada 5 dias, até os 75 dias de idade. Os 88 animais foram divididos em onze grupos sendo estes: Dieta Referência(REF), composta por ingredientes convencionais, dieta semissimplificada com base em Feno do Terço Superior da Rama da Mandioca (FTSRM) - (SSM), dieta semissimplificada com base em Feno de Alfafa (FAL) - (SSA), dieta semissimplificada com base em Farinha de Folha de Mandioca(FFM) - (SSF), dieta simplificada com base de misturas de FFM e FAL - (SFA), dieta semissimplificada com base na mistura de FFM e FAL -(SSFA), dieta semissimplificada com base na mistura de FTSRM e FFM - (SSMA), dieta SSFA adicionado de enzimas carboidrases e fitase - (SSFAE), dieta SFA adicionado de enzimas carboidrases e fitase - (SFAE),: dieta SSM adicionado de enzimas carboidrases e fitase - (SSME) e dieta SSF adicionado de enzimas carboidrases e fitase - (SSFE). Os avaliadores de qualidade de ajuste utilizados foram: Coeficiente de determinação ajustado (R^2_{aj}), Quadrado Médio Residual (QMR), Desvio Médio Absoluto (DMA), Critério de Informação de Akaike (AIC) e Critério de Informação Bayesiano (BIC), sendo realizada a análise de agrupamentos com auxílio do índice de Ratkowsky para determinar grupos de modelos de acordo com os valores médios dos critérios de avaliação. Após a seleção do modelo mais adequado, foi realizado o teste de identidade de curvas, para verificar uma possível divergência entre as dietas, buscando avaliar o desempenho destas no crescimento dos coelhos. O modelo que apresentou o melhor ajuste, foi o de Santos et al. (2018), que a partir da análise de agrupamentos, integrou o grupo que apresentou em média, menores valores para o QMR, DMA, AIC e BIC e maior valor para R^2_{aj} . Na comparação das curvas de crescimento ao nível de significância de 5%, observou-se que a dieta Referência (REF), obteve um melhor desempenho em comparação às demais. As dietas baseadas majoritariamente em Farinha de Folha de Mandioca (SSFE, SSF, SFAE e SFE) proporcionaram desempenho inferior devido

principalmente à presença de elevado nível de fatores antinutricionais que prejudicaram o processo digestivo. Já a dieta baseada em feno do terço superior da rama da mandioca (SSM) proporcionou desempenho satisfatório, com custo relativamente baixo, podendo ser uma alternativa economicamente viável para a criação de coelhos. A utilização do modelo Santos et al. (2018), pode contribuir em futuros estudos na descrição do crescimento animal;

Palavras-chave: Modelos de crescimento de coelhos, identidade de curvas, dietas, modelagem estatística.

.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the fit of nonlinear models in describing the growth of New Zealand rabbits fed different diets. The models Santos et al. (2018), Richards, Gompertz, Brody, Von Bertalanffy and Logistic, with the objective of identifying the best fit model and, later, verifying the performance of the treatments. For the experiment, rabbits weaned at 35 days of age were used, receiving different types of feed, and their weights were measured every 5 days, up to 75 days of age. The 88 animals were divided into eleven groups: Reference Diet (REF), consisting of conventional ingredients, semi-simplified diet based on Hay from the Upper Third of Cassava Rama (FTSRM) - (SSM), semi-simplified diet based on Hay Alfalfa (FAL) - (SSA), semi-simplified diet based on Cassava Leaf Flour (FFM) - (SSF), simplified diet based on mixtures of FFM and FAL - (SFA), semi-simplified diet based mixture of FFM and FAL - (SSFA), semi-simplified diet based on the mixture of FTSRM and FFM - (SSMA), SSFA diet with carbohydrates and phytase enzymes - (SSFAE), SFA diet with carbohydrates and phytase enzymes - (SFAE), SSM diet with added carbohydrates and phytase enzymes - (SSME) and SSF with added carbohydrates and phytase enzymes - (SSFE). The fit quality evaluators used were: Adjusted determination coefficient (R^2_{aj}), Mean residual square (QMR), Mean absolute deviation (DMA), Akaike information criterion (AIC) and Bayesian information criterion (BIC), being the cluster analysis performed with the aid of the Ratkowsky index to determine clusters of the models according to the average values of the evaluation criteria. After selecting the most appropriate model, the curves identity test was performed to check for a possible divergence between the diets, in order to assess their performance in the growth of rabbits. The model that showed the best fit was Santos et al. (2018), who from the cluster analysis, joined the group that presented, on average, lower values for QMR, DMA, AIC and BIC and higher values for R^2_{aj} . When comparing the growth curves at the 5% significance level, it was observed that the reference diet (REF) performed better than the others. Diets based on Cassava Leaf Flour (SSFE, SSF, SFAE and SFE) provided inferior performance mainly due to the presence of a high level of antinutritional factors that impair the digestive process. The hay-based diet of the upper third of the cassava branch (SSM) provided satisfactory performance, with relatively low cost, and could be an economically viable alternative for the breeding of

rabbits. The use of the Santos et al. (2018), may contribute to future studies in the description of animal growth.

Keywords: Rabbit growth models, curve identity, diets, statistical modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dendrograma dos modelos ajustados as dietas de acordo com os valores dos critérios avaliadores	25
Figura 2: Ajustes do modelo Santos et al. (2018) aos dados dos coelhos	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição percentual e nutricional das dietas experimentais	14
Tabela 2: Peso médio em gramas dos coelhos em cada tratamento	16
Tabela 3: Modelos não lineares ajustados ao crescimento dos coelhos	16
Tabela 4: Estimação dos parâmetros para as dietas	22
Tabela 5: Critérios avaliadores de ajuste para as dietas REF, SSA, SSFA e SSM. .	23
Tabela 6: Critérios avaliadores de ajuste para as dietas SFA, SSF, SFAE, SSFAE, SSME, SSMA e SSFE	24
Tabela 7: Teste de identidade de curvas para todas as dietas	26
Tabela 8: Teste de identidade de curvas, duas a duas com a dieta REF	27
Tabela 9: Teste de identidade de curvas das dietas SFA, SSF, SSFE e SFAE com as demais curvas	28
Tabela 10: Dietas com curvas de crescimento idênticas	29
Tabela 11: Estimação dos parâmetros para os pares de curvas idênticas	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	2
	2.1 CUNICULTURA.....	2
	2.2 UTILIZAÇÃO DA MANDIOCA NA DIETA ANIMAL	3
	2.3 CRESCIMENTO ANIMAL.....	3
	2.4 MODELOS DE REGRESSÃO NÃO LINEARES DE CURVAS DE CRESCIMENTO	4
	2.5 ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS PELO MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS	4
	2.6 MÉTODOS ITERATIVOS	5
	2.7 CRITÉRIOS DE AJUSTE	6
	2.8 MÉTODOS DE AGRUPAMENTO PARA SELEÇÃO DOS MODELOS	7
	2.9 OTIMIZAÇÃO DO NÚMERO DE GRUPOS	8
	2.10 MÉTODO DE IDENTIDADE E COMPARAÇÃO DE CURVAS	8
3	AJUSTE DE MODELOS NÃO LINEARES AO CRESCIMENTO DE COELHOS DA RAÇA NOVA ZELÂNDIA	10
	3.1 INTRODUÇÃO	11
	3.2 METODOLOGIA.....	13
	3.2.1 ANÁLISE RESIDUAL E ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS	17
	3.2.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DO MODELO	17
	3.2.3 ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS	18
	3.2.4 IDENTIDADE DE MODELOS DE CURVAS DE CRESCIMENTO	20
	3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
	3.4 CONCLUSÕES.....	30
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
5	REFERÊNCIAS.....	33
	APÊNDICE	40
	Apêndice A: Coeficiente de correlação cofenético	40
	Apêndice B: Verificação dos Pressupostos	40

1 INTRODUÇÃO

O crescimento animal é um fenômeno de grande interesse para grandes e pequenos produtores e o acompanhamento adequado da evolução da criação durante o período de engorda pode favorecer o manejo, tão essencial à otimização da atividade, e a partir disto, promover uma maior lucratividade ao produtor, contribuindo para seleção de animais que apresentam precocidade e bom desempenho produtivo (LAWRENCE; FOWLER; NOVAKOFSKY, 2012).

Para compreender este processo a utilização da regressão não linear tem sido recorrente, pois muitos pesquisadores comungam o sentimento de que as relações entre variáveis biológicas como o peso e altura são melhores descritas e interpretadas mediante ao ajuste deste tipo de funções (ZEVIANI et al., 2013).

Os modelos não lineares são deduzidos a partir de suposições teóricas, geralmente mediante solução de equações diferenciais, que possibilitam através dos parâmetros, englobar características fundamentais do crescimento (SANTOS et al., 2018).

Para efeito da avaliação dos modelos, são encontrados na literatura, os critérios avaliadores de ajustes, que analisam estatisticamente a adequação destes modelos aos dados biológicos provenientes de experimentos, podendo ser selecionado aquele de maior acurácia.

Quando há o ajuste de curvas em diferentes indivíduos ou tratamentos, é interessante verificar qual tratamento obteve um desempenho mais eficiente (SILVEIRA et al., 2011). Neste sentido Regazzi (2003), apresentou o teste de identidade de curvas de modelos não lineares, que possibilita a comparação, com a utilização de um único modelo não linear.

Afim de auxiliar na predição do crescimento de coelhos, objetivou-se ajustar diferentes modelos não lineares, selecionando o modelo mais adequado para descrever o crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia Branca, alimentados com diferentes dietas, e conseqüentemente utilizar o teste de identidade de curvas para determinar divergências entre os tratamentos, possibilitando avaliar dietas alternativas que possam ser qualitativamente e economicamente mais viáveis ao produtor.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CUNICULTURA

A cunicultura ou produção racional de coelhos é uma prática que transcende o tempo, sendo as primeiras tentativas de domesticação iniciadas nos conventos na idade média. Dessa forma, os monges foram os pioneiros na propagação da cunicultura em alojamentos e gaiolas, por toda Europa, principalmente na Bélgica, França, Inglaterra de onde a criação de coelho difundiu-se para todos os continentes (TVARDOSKAS; SATURNINO, 2013).

Atualmente a cunicultura tem demonstrado um elevado potencial, com uma boa versatilidade, que possibilita a sua criação para produção de carne, pele, pelos, esterco ou utilizados como animais destinados ao mercado de animais *pet*. Tal ocorrência deve-se ao fato de que criação de coelhos atinge altas taxas de produção e produtividade em espaços reduzidos, quando comparados às demais espécies de interesse zootécnico (MARCIANO et al., 2019).

Em relação a esta prática, o Brasil é um país em desenvolvimento que reúne excelentes condições para a cunicultura. No entanto, essa atividade é negligenciada e ainda é uma atividade de baixa aderência, por razão da não existência de processo de tecnologia da produção avançada, assim como há deficiência organizacional na cadeia produtiva e falta de políticas específicas para o setor o que eleva o custo de produção (MACHADO; FERREIRA, 2014).

Uma característica peculiar em relação a esta espécie se refere ao seu processo digestivo. Os coelhos apresentam atividade cecotrófica, incrementando o aproveitamento de carboidratos fibrosos e aminoácidos, proporcionando incremento na digestibilidade da proteína (FERREIRA; SAAD; PEREIRA, 2006). Este fenômeno, associado à grande necessidade da fibra para promoção do trânsito intestinal, favorece a utilização de quantidades significativas de alimentos volumosos nas rações, entre 40 a 50% da ração, para o atendimento das exigências nutricionais (COELHO et al., 2016).

Neste sentido, surgem os conceitos das dietas simplificadas e semissimplificada, as quais associam um menor custo e desempenho satisfatório. Estas dietas são elaboradas a partir de uma alta inclusão de forrageiras, havendo pequenos ajustes a partir de ingredientes energéticos, aminoácidos, minerais e proteicos (HERRERA, 2003; MACHADO et al., 2012; COELHO et al., 2016).

Tal característica amplifica ao produtor a busca de alimentos alternativos economicamente viáveis e dentre eles, a mandioca e seus subprodutos da parte aérea podem ser uma excelente alternativa, haja vista sua alta aderência na agricultura brasileira.

2.2 UTILIZAÇÃO DA MANDIOCA NA DIETA ANIMAL

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta Cranz*) é disseminada em diversos países no mundo, cuja área plantada é uma das mais representativas dentre as culturas amiláceas, sendo considerada uma das principais fontes de carboidratos, bem como de proteínas, vitaminas, minerais e carotenoides (DE MATOS et al., 2019).

No Brasil, o cultivo da mandioca é destaque na produção agrícola, sendo o quarto maior produtor mundial, onde é cultivado em toda a extensão territorial nacional, exercendo um papel de grande importância, sendo imprescindível na indústria e alimentação (FAO, 2016; ZAGO et al., 2017).

É considerada um tubérculo que apresenta multifuncionalidade, sendo utilizada na alimentação humana como também na alimentação animal. Os resíduos de mandioca como a farinha de varredura de mandioca, feno da parte aérea da mandioca, farinha de folha de mandioca entre outros, podem ser utilizados nas rações dos animais, substituindo, senão totalmente, partes dos alimentos convencionais comumente utilizados nas formulações como fontes de energia e fibra, como o feno de alfafa. (OLIVEIRA et al., 2011).

2.3 CRESCIMENTO ANIMAL

Na criação animal, o termo crescimento está ligado ao período em que o animal aumenta de tamanho e ganha peso. Este fenômeno tem uma forte relação com a quantidade e a qualidade da carne. Assim, torna-se de fundamental importância o conhecimento do processo de ganho de massa corporal do animal, otimizando os lucros dessa atividade (CARNEIRO et al., 2014).

Quando se analisa pesagens repetidas nos mesmos indivíduos em relação ao tempo, é possível modelar uma curva para representar esse fenômeno (DAVIDIAN; GILTAN, 1996). Estas curvas apresentam geralmente um formato de sigmoide que é composta de uma fase de aceleração que acontece do nascimento à puberdade,

uma fase de inflexão, durante a puberdade e, uma fase de inibição após a puberdade (PÉREZ; SANTOS-CRUZ, 2000).

2.4 MODELOS DE REGRESSÃO NÃO LINEARES DE CURVAS DE CRESCIMENTO

A análise de regressão diz respeito ao estudo da dependência de uma variável, em relação a uma ou mais variáveis, as variáveis independentes, visando estimar e/ou prever o valor médio (da população) da primeira em termos dos valores conhecidos ou fixados (em amostragens repetidas) das segundas (GUJARATI, 2011).

Um modelo de regressão é classificado como não linear se pelo menos uma das derivadas parciais da função não linear em relação aos parâmetros depende de pelo menos um dos parâmetros do modelo. Uma das principais características desses modelos é que os mesmos em geral são deduzidos a partir de suposições teóricas, e os parâmetros são interpretáveis diferentemente dos modelos de regressão lineares (MATTOS, 2014).

As curvas de crescimento são geralmente ajustadas mediante a regressão de modelos não lineares, contendo a característica de propiciar o condensamento de grande volume de informação em pequeno conjunto de parâmetros que podem ser interpretados biologicamente, apresentando assim uma característica parcimoniosa (MOTA et al., 2015).

Possibilitando detectar, em uma população, animais mais pesados em idades precoces, e informações importantes sobre a variação genética e ambiental que ocorre entre as avaliações consecutivas, permite planejar mudanças na estratégia de alimentação e seleção dos animais, tendo maior controle sobre o ganho de peso. (DRUMOND et al., 2013).

2.5 ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS PELO MÉTODO DOS MÍNIMOS QUADRADOS

O método dos mínimos quadrados é utilizado na análise dos dados em que as observações são constituídas por variáveis resposta y_i obtidas em diferentes níveis da variável independente x_i (MAZUCHELI, ACHCAR, 2002). Aceita-se que esta relação pode ser representada pela seguinte equação:

$$Y = f(X|\theta) + \varepsilon \quad (1)$$

Onde $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$, são vetores dos valores reais da variável resposta e $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ correspondem aos vetores das variáveis independentes, $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p)^T$, é o vetor dos parâmetros desconhecidos do modelo, e $f(x|\theta) = f(x_1|\theta), \dots, f(x_n|\theta)$, é função das variáveis regressoras e dos parâmetros denominados de função esperança, e $\varepsilon = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n)^T$, são os erros associados a diferença entre valores preditos pela função esperança e valores reais das variáveis respostas. Os resíduos apresentam pressupostos de regressão, estes devem ser independentes e identicamente distribuídos, seguem distribuição normal com média zero e variância σ^2 , sendo esta constante.

O propósito de sua aplicação é possibilitar a estimação de parâmetros que minimizam a soma dos quadrados dos resíduos definido por:

$$\varepsilon^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - f(X|\theta))^2 \quad (2)$$

Para estimação, é necessário a realização da diferenciação, derivando as funções com relação a cada um dos parâmetros e igualando as equações a zero, a fim de minimizar a soma dos quadrados.

$$\left(\sum_{i=1}^n (Y_i - f(X|\theta)) \right) \frac{\partial f(X|\theta)}{\partial \theta_p} = 0 \quad (3)$$

Procedendo-se desta maneira, obtém-se um sistema linear de p equações.

Todavia pela definição, uma função é classificada como não linear se pelo menos uma derivada parcial da função em relação ao parâmetro, continuar dependendo do parâmetro. Deste modo, não é possível obter de maneira analítica o valor de θ para a solução deste sistema, sendo necessário o uso de métodos iterativos para aproximação da solução (DRAPER; SMITH, 1998).

2.6 MÉTODOS ITERATIVOS

Para obtenção das estimativas de mínimos quadrados dos parâmetros de um modelo de regressão não-linear são necessários métodos iterativos. Os mais utilizados são o método de Gauss-Newton ou método da linearização, o método

Steepest-Descent ou método do gradiente e o método de Marquardt (BATTES; WATTS, 1988).

São técnicas que consistem, na escolha de um valor inicial para os parâmetros, e a partir disto, ir reduzindo o viés, até que ocorra a convergência para a estimativas do parâmetro. O vetor dos chutes iniciais é determinado por θ_0 , então o método estima a distância deste valor para o valor real θ , fazendo $D_0 = \theta - \theta_0$. Desta forma, o próximo passo será $\theta_1 = \theta_0 + D_0$, e assim sucessivamente (FERNANDES, 2019). Os métodos iterativos diferem na obtenção dos valores de $\theta - \theta_0$. Os critérios básicos são:

Gauss-Newton: $\theta - \theta_0 = (X'X)^{-1}X'\varepsilon$

Marquardt: $\theta - \theta_0 = (X'X + \delta \text{diag}(X'X))^{-1}X'\varepsilon$

Newton: $\theta - \theta_0 = G^{-1}X'\varepsilon$

Gradiente: $\theta - \theta_0 = X'\varepsilon$

Em que X , é a matriz de derivadas parciais do modelo em relação aos parâmetros e ε é a matriz dos resíduos associado a cada passo no processo iterativo

Os valores iniciais para o vetor θ_0 são essenciais, pois uma má escolha pode levar a uma lenta convergência resultando em um mínimo local e não ao global, ou até mesmo a não convergência. Valores iniciais bons, geralmente resultarão em uma convergência rápida, e quando existirem vários mínimos locais, levarão à convergência ao mínimo absoluto (NETER et al., 1990).

2.7 CRITÉRIOS DE AJUSTE

Quando múltiplos modelos não lineares de curvas de crescimento são ajustados, faz-se necessário a utilização de critérios estatísticos para determinar o modelo que mais adequa-se aos dados, estes são denominados avaliadores de qualidade de ajuste (EMILIANO et al., 2009).

Um dos avaliadores mais utilizados na literatura é o coeficiente de determinação (R^2) no entanto, quanto a esse critério, Oliveira et al. (2000) relata que as diferenças entre o R^2 de diferentes modelos usados no estudo de curvas de crescimento geralmente são mínimas, logo recomendam a utilização de outros avaliadores o que corrobora com o que afirma Silveira et al. (2011), que conclui que

quanto maior o número de avaliadores, com maior precisão será a escolha do modelo de melhor ajuste.

Porém, a escolha dos melhores modelos não tem sido tarefa fácil, uma vez que diferentes avaliadores de qualidade de ajuste são propostos na literatura, e cada um preconizam diferentes aspectos, podendo ocasionar que um modelo apresente um bom desempenho em um critério e insatisfatório em outro (SILVEIRA et al., 2011).

Devido a estas características intrínsecas aos critérios de ajuste, algumas pesquisas recorreram a estatística multivariada utilizando método de agrupamentos, para delimitar grupos de modelos adequados para prever o crescimento (PUIATTI et al., 2013; REIS et al., 2014).

2.8 MÉTODOS DE AGRUPAMENTO PARA SELEÇÃO DOS MODELOS

Análise de agrupamentos ou análise de cluster, é uma técnica multivariada que tem por finalidade a definição de grupos de objetos que possuem alta homogeneidade internamente, enquanto possuem heterogeneidade entre eles (HAIR et al., 2009).

Para caracterizar as diferenças ou características idênticas entre os objetos, de acordo com os valores das múltiplas variáveis é de extrema necessidade a utilização de técnicas que mensurem este comportamento, essas medidas são denominadas de medidas de similaridade e dissimilaridade (VICINI, 2005).

Tais medidas são essenciais na fundamentação da análise de agrupamentos, sendo o passo inicial para as construções dos grupos, segundo Silveira et al. (2011), é a conversão da matriz $n \times p$ de dados, em uma matriz quadrada $n \times n$ de medidas de similaridade e dissimilaridade, onde n é o número de unidades amostrais medidas de acordo com p variáveis.

A maioria dos algoritmos trabalham com medidas de dissimilaridade através das medidas de distância (MARDIA et al., 1997).

Na literatura existem medidas de dissimilaridade que podem ser usadas em variáveis quantitativas, sendo as mais conhecidas: a distância Euclidiana, distância Euclidiana, distância de Mahalanobis distância de Manhattan e distância de Camberra.

Determinado as medidas de similaridade e dissimilaridade, passa-se a escolher um processo de agrupamento, ou aglomerativo, estes processos podem ser divididos em dois grupos: hierárquicos ou não-hierárquicos. Dentre os estudos de comparação

de modelos de curvas de crescimento, tem-se utilizado os procedimentos de agrupamento hierárquicos (SILVEIRA et al., 2011; PUIATTI et al., 2013; REIS et al., 2014).

O método hierárquico consiste em uma progressão de sucessivos agrupamentos ou sucessivas divisões de elementos, onde os elementos são agregados ou desagregados de acordo com as suas características, sendo representados por um diagrama bidimensional chamado de dendrograma ou diagrama de árvore. Neste diagrama, cada ramo representa um elemento, enquanto a raiz representa o agrupamento de todos os elementos. Os métodos hierárquicos são subdivididos em métodos aglomerativos e divisivos (DONI, 2004).

Nos métodos aglomerativos, cada objeto encontra-se inicialmente em um único grupo, assim tem-se n grupos, e em cada passo, os dois grupos de menor distância são aglomerados e o processo é repetido até reunir todos os n objetos em único grupo.

Entre os principais métodos destacam-se o método de ligação simples (vizinho mais próximo), ligação completa (vizinho mais distante), ligação média (distância média), mediana, centroide e o de Ward.

2.9 OTIMIZAÇÃO DO NÚMERO DE GRUPOS

A análise de agrupamento constitui uma das mais importantes técnicas de classificação multivariada. Entretanto, um dos questionamentos em sua metodologia, quando utilizados os métodos hierárquicos, é a determinação do número ótimo de grupos, para suprir esta dificuldade, alguns pesquisadores propuseram métodos que podem auxiliar nesta decisão (CALINSKI; HARABASZ, 1974; DUDA; HART, 1973; HUBERT; LEVIN, 1976; MOJENA, 1977; RATKOWISKY; LANCE, 1978).

Com este intuito, o pacote *nbClust* (CHARRAD et al., 2013) do software livre R, fornece alguns índices que possibilitam essa determinação.

2.10 MÉTODO DE IDENTIDADE E COMPARAÇÃO DE CURVAS

Além da definição do melhor modelo ajustado, ao se considerar várias populações ou tratamentos, torna-se interessante a comparação das curvas, a fim de avaliar o desempenho de diferentes indivíduos (SILVEIRA et al., 2011).

Regazzi (2003) propôs um método de identidade de curvas a partir da aplicação do teste da razão de verossimilhanças, com aproximação pela estatística qui-quadrado e pela estatística da distribuição F, sendo que esta última apresentou uma taxa de erro menor, especialmente em pequenas amostras. Posteriormente introduziu-se esse método para experimentos com delineamento inteiramente casualizado (REGAZZI; SILVA, 2004) e em blocos casualizados (REGAZZI; SILVA, 2010).

Sua aplicação foi realizada em estudos de desenvolvimento de plantas e de animais, com o intuito de verificar a possibilidade de ajuste de equações comuns para diferentes grupos de indivíduos (SARMENTO et al., 2006; MARTINS et al., 2011; SANTOS et al., 2012; CARNEIRO et al., 2014).

Entretanto para ser viável a sua aplicação, um mesmo modelo de regressão tem de ser ajustado para todas as populações (REGAZZI, 2003).

3 AJUSTE DE MODELOS NÃO LINEARES AO CRESCIMENTO DE COELHOS DA RAÇA NOVA ZELÂNDIA

RESUMO

A cunicultura necessita de inovações que lhe proporcionem maior nível de evolução, principalmente melhorias no manejo e otimização no crescimento dos animais. Nesse sentido, objetivou-se ajustar modelos não lineares de crescimento aplicando a coelhos da raça Nova Zelândia. Os coelhos tiveram seus pesos mensurados a cada cinco dias, entre 35 (desmame) e 75 dias de idade (abate), sendo 88 animais divididos em onze grupos: a dieta referência (REF), e as demais, dietas simplificadas e semissimplificadas compostas de diferentes combinações baseados em três ingredientes: Feno de Alfafa (FAL), Farinha de Folha de Mandioca (FFM) e Feno do Terço Superior da Rama da Mandioca (FTSRM). No estudo foram ajustados os modelos Santos et al. (2018), Gompertz, Brody, Logístico, Richards e Von Bertalanffy, subsequentemente determinado o modelo de melhor ajuste a partir dos critérios avaliadores de ajuste, foi realizado o teste de identidade de curvas ao nível de significância de 5%, para avaliar a influência e a viabilidade das dietas na alimentação dos animais. O modelo Santos et al. (2018) obteve em média, o melhor desempenho de acordo com os critérios avaliadores de ajuste. Na análise das curvas, a dieta REF, obteve um melhor desempenho de crescimento em comparação as demais, e as dietas baseadas majoritariamente por FFM, obtiveram um desempenho insatisfatório. Já a dieta semissimplificada com base em FTSRM – (SSM), apresentou desempenho satisfatório e menor custos de produção, podendo ser uma alternativa econômica viável para a criação de coelhos.

Palavras-Chave: Dietas; seleção de modelos; curva de crescimento; modelagem estatística

ABSTRACT

The Cuniculture needs innovations that provide a higher level of evolution, mainly improvements in handling and optimization of animal growth. In this sense, the

objective was to adjust non-linear growth models applying to New Zealand rabbits. Rabbits had their weights measured every five days, between 35 (weaning) and 75 days of age (slaughter), with 88 animals divided into eleven groups: the reference diet (REF), and the others, simplified and semi-simplified diets composed of different combinations based on three ingredients: Alfalfa Hay (FAL), Cassava Leaf Flour (FFM) and Hay from the Upper Third of the Cassava Rama (FTSRM). In the study, the models Santos et al. (2018), Gompertz, Brody, Logistic, Richards and Von Bertalanffy, subsequently determining the best fit model from the fit evaluation criteria, the curve identity test was performed at the 5% significance level, to assess the influence and the viability of the diets in feeding the animals. The Santos et al. (2018) obtained, on average, the best performance according to the adjustment evaluation criteria. In the analysis of the curves, the REF diet obtained a better growth performance in comparison to the others, and the diets based mainly on FFM, obtained an unsatisfactory performance. The semi-simplified diet based on FTSRM - (SSM), presented satisfactory performance and lower production costs, and may be a viable economic alternative for the breeding of rabbits.

Keywords: Diets; selection of models; Growth curve; statistical modeling

3.1 INTRODUÇÃO

O Brasil é conhecido por seu grande potencial agropecuário, favorecendo os vários tipos de culturas da atividade zootécnica, incluindo a cunicultura. Esta atividade em geral é pouco conhecida e sua difusão é baixa, considerando-se seu grande potencial e importância para o desenvolvimento urbano e rural (VALENTIM et al., 2018).

Dentre as raças de corte, destaca-se a raça Nova Zelândia Branca que apresentam boa proporção corporal, tendo garupa arredondada, região lombar musculosa e costelas com boa cobertura muscular, propiciando carcaças de ótima qualidade e rendimento (FERREIRA et al., 2012)

A cunicultura possibilita uma rentabilidade contínua ao produtor, pois por ser uma cultura bastante prolífera, a sua produção se estende ao longo de todo o ano. Todavia apesar desta característica, no Brasil a sua aderência é prejudicada por fatores como a falta de conhecimento do produtor, principalmente em termos de

manejo da espécie, alto custo das rações disponíveis no mercado e a falta de conhecimento quanto a qualidade das carnes (KINGLER; TOLEDO, 2018).

Para o melhoramento e otimização do manejo, o entendimento do crescimento animal seja ele populacional ou individual, pode possibilitar que sejam adotadas estratégias para potencializar determinadas características do fenômeno (CASSIANO; SÁFADI, 2015). Entre as preocupações ao decorrer desse processo está o elevado custo com a alimentação, os quais normalmente representam cerca de 60 a 70% dos custos na atividade (MACHADO et al., 2011).

Deste modo, é necessário avaliar ingredientes alternativos que possam substituir ingredientes convencionais, algo viável aos coelhos pois são uma espécie que tem a capacidade de aproveitar os alimentos relativamente ricos em fibras, competindo em menor grau com o homem, quando comparado às aves e suínos, que consomem maior quantidade de grãos nas suas respectivas dietas (TOLEDO et al., 2012). Estas estratégias contribuem para maior otimização e lucratividade, contribuindo também para maior nível de sustentabilidade ambiental, social e econômica (MOLINA et al., 2015)

Nesse sentido, a utilização de funções matemáticas não lineares tem se mostrado adequada para descrever as curvas de crescimento, pelo fato de sintetizarem um grande número de medidas como alguns parâmetros com significado biológico que colaboram na interpretação e entendimento do fenômeno (SALLUM NETO; CARVALHO; MISCHAN, 2013).

Na literatura existem vários modelos não lineares de crescimento e decrescimento, dentre os quais os mais comuns são: Richards, Logístico, Brody, Von Bertalanffy e Gompertz (CHALH; GAZZAH, 2014). Em relação ao crescimento de coelhos, algumas pesquisas analisaram este fenômeno a partir de modelos não lineares (CURI; NUNES; CURI, 1985; FREITAS, 2005; TELEKEN; GALVÃO; ROBAZZA, 2017; SANTOS et al., 2018; FERREIRA et al., 2019).

Diante do exposto, objetivou-se ajustar modelos não lineares no crescimento de coelhos da Raça Nova Zelândia alimentados com diferentes dietas, identificar entre os modelos o mais adequado, e posteriormente realizar o teste de identidade de curvas para a avaliação da qualidade e viabilidade das dietas no crescimento dos animais.

3.2 METODOLOGIA

Os dados foram provenientes da pesquisa realizada por Machado (2010), em que apresentam-se o detalhamento do crescimento dos coelhos da raça Nova Zelândia Branca, com base na alimentação composta de 11 (Onze) dietas diferentes.

Durante o experimento as temperaturas médias, mínima e máxima, foram de 20,8 e 26,7°C e a média geral foi de 23,7°C. As gaiolas utilizadas foram de arame galvanizado, de tamanho 0,30 x 0,60m, numa área disponível de 0,18 m². Anteriormente à chegada dos animais, as instalações foram limpas e desinfectadas com auxílio de vassoura de fogo

Na Tabela 1 estão descritas a composição percentual e nutricional destas dietas, a dieta referência foi formulada para atender às exigências propostas por De Blas e Mateos (1998) e as dietas simplificadas e semissimplificadas foram formuladas onde se procurou, atender as mesmas exigências ou fornecer pelo menos 2200 kcal/kg de energia digestível, valor mínimo proposto por De Blas, Garcia e Carabañor (2002) e Ferreira e Pereira (2003).

Tabela 1: Composição percentual e nutricional das dietas experimentais

Ingredientes(%)	Dietas Experimentais										
	REF	SFA	SSM	SSA	SSF	SSFA	SSMA	SFAE	SSME	SSFE	SSFAE
Feno de Alfafa	37,735	47,000	-	83,759	-	41,039	40,095	47,000	-	-	41,000
Farinhas das folhas de mandioca	-	41,826	-	-	78,940	40,000	-	41,789	-	78,415	40,000
Feno do terço superior da rama da mandioca	-	-	70,329	-	-	-	37,282	-	70,295	-	-
Milho	7,584	-	8,000	5,000	5,000	5,000	5,000	-	8,000	5,000	5,000
Farelo de Soja	4,184	-	10,000	0,043	6,874	5,525	6,020	-	10,000	6,840	3,528
Farelo de Trigo	25,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Óleo de Soja	-	5,327	5,961	5,363	4,282	4,811	6,000	5,333	5,966	4,294	4,819
Milho desintegrado com palha e sabugo	20,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Premix	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Fosfato monoamônico	0,979	0,571	0,578	0,647	0,434	0,534	0,603	0,572	0,578	0,427	0,535
Sal comum	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Melaço em pó	2,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
Bentonita	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Calcário	0,544	-	-	0,187	-	-	0,91	-	-	-	0,93
DL-Metionina	0,011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lisina-HCl	-	0,276	0,133	-	-	-	-	0,281	0,136	-	-
Fitase	-	-	-	-	-	-	-	0,005	0,005	0,005	0,005
Carboidrases	-	-	-	-	-	-	-	0,020	0,020	0,020	0,020
Custo(R\$)	0,66	0,97	0,59	1,07	0,77	0,92	0,83	0,98	0,60	0,78	0,93
Composição Nutricional analisada(MN)											
Nutriente(%)											
Matéria Seca	91,31	91,12	91,12	91,18	90,17	90,26	90,89	92,45	91,51	92,02	91,49
Proteína Bruta	15,15	17,13	17,42	16,41	17,76	19,55	17,47	18,56	18,10	19,88	18,71
Matéria mineral	8,34	9,56	9,04	9,77	7,93	8,62	9,47	10,36	9,10	8,86	9,67
Fibra detergente neutro	36,35	32,95	46,53	42,16	31,26	33,71	41,30	33,15	46,76	36,62	35,64
Fibra detergente ácido	16,46	23,76	27,71	25,52	23,74	23,83	26,67	23,81	26,10	21,52	19,96
NIDA(%FDA)	0,67	1,74	1,62	0,96	2,68	2,24	1,68	1,80	1,20	1,96	1,63

Proteína Bruta lignificada(%)	4,58	15,12	16,14	9,30	15,76	17,03	15,38	17,13	12,72	12,53	10,89
Hemicelulosos(FDN-FDA)	19,89	9,19	18,82	16,64	7,52	9,88	14,63	9,34	20,66	15,1	15,68
LDA	2,71	8,17	8,79	7,05	8,86	8,16	8,78	8,45	9,56	7,53	8,13
Celulose(FDN-FDA)	13,75	15,59	18,92	18,47	14,88	15,67	17,85	15,36	16,54	13,99	11,83
Relação(LDA-Celulose)	0,20	0,52	0,46	0,38	0,60	0,52	0,49	0,55	0,58	0,54	0,69
Cálcio	0,91	1,40	1,42	1,34	1,09	1,32	1,35	1,37	1,44	1,05	1,30
Fósforo	0,69	0,47	0,47	0,43	0,38	0,45	0,48	0,42	0,46	0,42	0,43
Energia Bruta(Kcal/Kg)	3945	4391	4356	4214	4524	4294	4327	4388	4372	4556	4399
Energia Digestível	2519	2394	2156	2204	2453	2326	2196	2409	2260	2626	2616

REF: Dieta referência, SFA: Dieta simplificada com base de misturas de farinha de folha de mandioca e feno de alfafa, SSM: dieta semissimplificada com base em feno do terço superior da rama da mandioca (FTSRM), SSA : dieta semissimplificada com base em feno de alfafa, SSF : dieta semissimplificada com base em Farinha de folha de mandioca, SSFA : dieta semisimplificada com base na mistura de farinha de folha de mandioca e feno de alfafa, SSMA : dieta semissimplificada com base na mistura de feno do terço superior da rama de mandioca e farinha de folha de mandioca, SSFAE: dieta SSFA adicionado de enzimas carboidrases e fitase, SFAE : dieta SFA adicionado de enzimas carboidrases e fitase., SSME : dieta SSM adicionado de enzimas carboidrases e fitase, SSFE:Dieta SSF adicionado de enzimas carboidrases e fitase.

O experimento foi conduzido no laboratório de metabolismo animal do departamento de Zootecnia, da EV-UFMG. Os animais de ambos os sexos foram desmamados aos 35 dias de idade, sendo após distribuídos em grupos. Foram utilizados oito coelhos em cada dieta, totalizando 88 animais, com pesos médios próximos para não se ter influência em relação aos valores iniciais. Posteriormente foram alimentados e tiveram seus pesos mensurados a cada 5 dias, até os 75 dias idade (Tabela 2) período no qual foram abatidos.

Tabela 2: Peso médio em gramas dos coelhos em cada tratamento

Dias	REF	SFA	SSM	SSA	SSF	SSFA	SSMA	SFAE	SSME	SSFE	SSFAE
35	735,75	722,13	685,14	745,57	762,57	672,5	704,75	714,63	693,5	705,13	768,38
40	847,38	681,75	727,63	786,14	759,43	734,38	745	711,88	717,63	697,5	784,38
45	1026,75	839,88	873	956,14	865,29	907,88	894,5	834,88	864,75	796,75	945,25
50	1219,88	982	1061,5	1144,86	988,71	1077	1074,5	979,63	1036,25	928	1088,63
55	1418,25	1132,75	1230	1289,29	1088,29	1248,5	1235,88	1116,75	1196,88	1063,63	1237,75
60	1624,75	1280,13	1402,63	1466,43	1215,57	1431,5	1429,38	1258,5	1381,38	1196,25	1413,63
65	1805,13	1432,25	1563,13	1612,71	1339	1596,75	1585,13	1396,63	1555,5	1327,5	1576,25
70	1972,88	1608	1739,13	1767,57	1494	1772	1738	1552,63	1730	1505,63	1743,25
75	2159,75	1754,38	1924	1914,86	1623,43	1933,63	1898,13	1682,5	1878,25	1625,63	1905,5

A Tabela 3 apresenta os modelos que foram ajustados aos dados de crescimento dos coelhos da Raça Nova Zelândia,

Tabela 3: Modelos não lineares ajustados ao crescimento dos coelhos

Modelos	Equações do modelo
Von Bertalanffy (BERTALANFFY,1957)	$Y(t) = \alpha(1 - \beta e^{-kt})^3 + \varepsilon$
Gompertz (LAIRD,1965)	$Y(t) = \alpha e^{-\beta e^{kt}} + \varepsilon$
Brody (BRODY,1945)	$Y(t) = \alpha(1 - \beta e^{-kt}) + \varepsilon$
Richards (RICHARDS,1959)	$Y(t) = \alpha(1 - \beta e^{-kt})^m + \varepsilon$
Logístico (NELDER,1961)	$Y(t) = \frac{\alpha}{(1 + \beta e^{-kt})} + \varepsilon$
Santos et al. (2018)	$Y(t) = \alpha(1 - \beta e^{-\delta e^{kt}}) + \varepsilon$

Em que α é um parâmetro que indica o peso assintótico do animal, ou seja, quando $t \rightarrow \infty$, β e δ são parâmetros ligados a forma do modelo, que não possuem interpretação biológica, k é a taxa de maturação, que deve ser interpretada como a mudança de peso em relação a α , ou seja, o indicador da velocidade com que o animal se aproxima do seu tamanho adulto, m é o ponto de inflexão da curva, t corresponde ao tempo das pesagens e ε é erro experimental correspondente a cada observação.

3.2.1 ANÁLISE RESIDUAL E ESTIMAÇÃO DOS PARÂMETROS

Para verificação dos pressupostos da análise dos resíduos, foram utilizados os testes de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) para examinar a normalidade; Durbin-Watson (DURBIN; WATSON, 1950) para examinar a independência e Breusch-Pagan (BREUSCH; PAGAN, 1979) para examinar a homocedasticidade.

A estimação dos parâmetros foi realizada com o artifício do método iterativo de Gauss-Newton, por meio da função Nonlinear Least Squares (nls) do pacote *stats*, da ferramenta computacional R (R Development Core Team, 2019).

3.2.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DO MODELO

Como critérios de seleção, para determinar a acurácia do ajuste dos modelos de crescimento aos dados, foram utilizados os seguintes critérios:

Critério de informação de Akaike - (AIC), (AKAIKE, 1972) definido por:

$$AIC = -2l(\hat{\theta}) + 2p \quad (4)$$

Critério de informação bayesiano - (BIC), (SCHWARZ et al., 1978), dado por:

$$BIC = -2l(\hat{\theta}) + p \log(n) \quad (5)$$

em que $l(\hat{\theta})$ é a verossimilhança do modelo escolhido, p é o número de parâmetros a serem estimados e n é o número de observações amostrais.

Coeficiente de Determinação Ajustado (R_{aj}^2)

$$R_{aj.}^2 = R^2 - \frac{p-1}{n-p}(1-R^2) \quad (6)$$

Quadrado Médio do Resíduo (QMR)

$$QMR = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-p} \quad (7)$$

Desvio Médio Absoluto (DMA)

$$DMA = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|}{n} \quad (8)$$

em \hat{y}_i que é o peso esperado em um tempo t , e o y_i é o peso observado no mesmo tempo t , n é o tamanho amostral e p o número de parâmetros.

O melhor modelo ajustado, será aquele que apresentar o maior índice de $R_{aj.}^2$ e menores valores referentes a AIC, BIC, QMR, DMA (SANTOS et al., 2018).

3.2.3 ANÁLISE DE AGRUPAMENTOS

No entanto na avaliação dos critérios, pode-se ter modelos com melhores desempenhos em um critério, e em outro não ter um resultado satisfatório. Logo a análise de agrupamento pode ser um artifício na seleção dos melhores modelos, afim de obter grupos de modelos que melhor ajustam-se aos dados de crescimento (SILVEIRA et al., 2011; PUIATTI et al., 2013).

A determinação dos métodos de dissimilaridade e ligação, para agrupar os modelos de acordo com as médias dos critérios avaliadores, ocorreu pela observação do coeficiente de correlação cofenético (Apêndice A), pois quanto maior o seu valor, menor a distorção do dendrograma gerado (VALETIM, 2000). Diante desta análise foi determinado como medida de dissimilaridade, a distância de Camberra e como medida de ligação, o método de ligação média.

A expressão da distância de Camberra é definida por:

$$D(x_i, x_j) = \frac{|x_{ik} - x_{jk}|}{|x_{ik}| + |x_{jk}|} \quad (9)$$

Em que:

x_{ik} é o valor do critério de ajuste k para o modelo i

x_{jk} é o valor do critério de ajuste k para o modelo j

p corresponde a quantidade de variáveis X_1, X_2, \dots, X_p

E o método de ligação média é dado por:

$$D(UV, W) = \frac{\sum_i \sum_j d_{ij}}{N_{UV} N_W} \quad (10)$$

Em que:

d_{ik} é a distância entre os modelos i no cluster (UV) e j no cluster W.

N - é o número de modelos de cada cluster.

Esse processo irá repetir-se até que todos os modelos, fiquem ligados em um dendrograma.

Na determinação do número ótimo de grupos, utilizou-se o critério de Ratkowsky (RATKOWISKY; LANCE, 1978), onde a obtenção do número de grupos ocorre, com base na seguinte razão:

$$R = \frac{\bar{S}}{q^2} \quad (11)$$

Em que,

$$\bar{S} = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p \frac{BGSS_j}{TSS_j} \quad (12)$$

com,

$$BGSS_j = \sum_{i=1}^q n_k (c_{kj} - \bar{x}_j)^2 \quad (13)$$

e

$$TSS_j = \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \quad (14)$$

Em que $BGSS_j$ representa a soma dos quadrados entre os clusters (grupos) para cada variável e TSS_j , a soma total dos quadrados para cada variável. O intuito deste método é determinar, o número q de grupos para o qual a razão dada em (11) é máxima.

3.2.4 IDENTIDADE DE MODELOS DE CURVAS DE CRESCIMENTO

Escolhido o modelo que melhor ajustou-se aos dados de dietas, posteriormente aplicou-se, o método de identidade de curvas proposto por Regazzi (2003), que consiste em verificar se uma única curva consegue representar o crescimento dos coelhos para as diferentes dietas.

Considerando um modelo não linear com parâmetros α e β , o teste apresenta a seguinte problemática:

$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_j = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_j$ vs H_a , nem todos α_j e β_j são iguais em que $j=1,2,3,\dots,11$, corresponde ao número de dietas.

Para testar a hipótese de nulidade temos que $H_0 \in \omega$ versus $H_a \in \omega^c$, onde ω é um subconjunto do espaço paramétrico Ω e ω^c é o complemento de ω .

Na realização do teste de razão da verossimilhança, criou-se uma variável indicadora (Dummy) para a representação dos modelos, que assume valores binários 0 ou 1, em que $D_k = 1$, se os coelhos se alimentaram com a dieta j ; e $D_k = 0$, se os coelhos não se alimentaram com a dieta j .

Tomando como exemplo o modelo de Gompertz, o modelo completo que considera parâmetros distintos a cada tratamento é definido por:

$$Y_{ij} = \sum_{j=1}^{11} D_k [\alpha_j e^{-\beta_j e^{k_j t_{ij}}} + \varepsilon_{ij}] \quad (15)$$

O modelo reduzido, com hipótese de igualdade dos parâmetros, que representa o ajuste de uma única curva de crescimento para todos os tratamentos, é dado por:

$$Y_{ij} = \sum_{j=1}^{11} D_k [\alpha e^{-\beta e^{k t_{ij}}} + \varepsilon_{ij}] \quad (16)$$

Posteriormente, ajustados os modelos 15 e 16, realiza-se o teste de hipótese de identidade de curvas, onde a estatística é calculada por :

$$F_{cal} = \frac{SQR_{\omega} - SQR_{\Omega}/v_e}{SQR_{\Omega}/v_{\Omega}} \quad (17)$$

Em que SQR_{Ω} é a soma de quadrados dos resíduos para o modelo completo e SQR_{ω} , a soma de quadrados dos resíduos para o modelo reduzido, $v_e = p_{\Omega} - p_{\omega}$, é o número de graus de liberdade total, sendo p_{Ω} e p_{ω} , respectivamente, o número de parâmetros estimados para os modelos completo e reduzido e $v_{\Omega} = n - p_{\Omega}$, corresponde ao grau de liberdade dos parâmetros do modelo completo, onde n é o número de observações totais do experimento

A regra de decisão consiste em rejeitar H_0 a um nível de significância α se $F_{cal} \geq F_{\alpha(v_e; v_{\Omega})}$, nesta pesquisa considerou-se $\alpha = 0,05$.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise dos pressupostos dos resíduos, observou-se que a normalidade, homocedasticidade e independência foram garantidas, ao nível de significância de 1% (p-valor>0,01), possibilitando o ajuste de curvas sem o risco da obtenção estimativas viesadas (Apêndice B).

Na Tabela 4 estão contidos os valores das estimações dos parâmetros referentes aos modelos ajustados as diferentes dietas, em que se observa que os modelos Logístico e Santos et al. (2018) apresentaram convergência para todos os tratamentos. Entretanto o modelo de Gompertz não convergiu para a dieta SSF, o modelo Von Bertalanfy não apresentou convergência para os tratamentos SFA, SSF, SSFE e os modelos de Brody e Richards não se ajustaram a nenhuma das dietas.

Tabela 4: Estimação dos parâmetros para as dietas

Dietas	Gompertz			Logístico			Santos et al.(2018)				Von Bertalanffy		
	α	β	k	α	β	k	α	β	k	δ	α	β	k
REF	4223	4,22	0,02	3006	20,05	0,05	2460	1,01	0,04	0,08	5568	0,85	0,02
SFA	20830	4,67	0,009	4249	18,42	0,03	1908	0,76	0,07	0,02	-	-	-
SSM	6142	4,06	0,02	3234	19,08	0,04	2229	0,91	0,05	0,05	12890	0,82	0,007
SSA	4095	3,72	0,02	2795	1,54	0,05	2105	0,90	0,05	0,06	5662	0,78	0,01
SSF	-	-	-	20200	58,00	0,02	1849	0,71	0,06	0,02	-	-	-
SSFA	4595	4,10	0,02	2917	19,52	0,05	2195	0,94	0,05	0,05	7025	0,83	0,01
SFAE	12220	4,12	0,009	3680	15,15	0,03	1815	0,75	0,06	0,02	19130	0,90	0,02
SSME	6524	4,06	0,02	3232	18,78	0,04	2014	0,81	0,06	0,02	15560	0,82	0,007
SSFAE	10900	4,03	0,01	3919	15,80	0,04	2118	0,80	0,06	0,03	68350	0,86	0,003
SSMA	4822	3,92	0,02	2932	17,62	0,05	2040	0,85	0,06	0,03	7845	8,04	0,02
SSFE	39950	7,36	0,004	6393	23,66	0,03	1756	0,71	0,07	0,01	-	-	-

Dentre os parâmetros estimados, dois são de grande relevância para a interpretação do ponto de vista biológico, α que corresponde ao peso assintótico em gramas, livre de variações sazonais, quando o experimento não atinge o peso adulto do animal, seu valor reflete as últimas pesagens e k é a taxa de maturidade dos coelhos, o indicador da velocidade com que o animal se aproxima do parâmetro α (FREITAS, 2005).

Em relação a estimativa do parâmetro α , o modelo de Von Bertalanffy, apresentou os maiores valores, superestimando-o em todas as dietas, corroborando com o que foi observado por Ferreira et al. (2019) que detectou a superestimação deste, na análise de crescimento dos coelhos da raça Nova Zelândia. Os modelos de Gompertz e Logístico também apresentaram superestimação com peso assintótico bem acima dos observados na última pesagem.

Enquanto, o modelo Santos et al. (2018) não superestimou o peso assintótico em nenhuma das dietas fornecidas aos coelhos, com valores próximos a última pesagem antes do abate, e aproximados ao recomendado por Machado e Ferreira (2011), em que se propõe que a faixa etária ideal aos abates ocorra entre os 75 e 80 dias de idade, pesando cerca de 2,5 kg.

Os valores descritos pelo modelo Santos et al. (2018) são próximos ao encontrados por Freitas (2005) em que se estimou valores entre 2100g e 2600g no crescimento de coelhos da Raça Nova Zelândia, o que indica coerência biológica.

No que tange aos valores estimados para o parâmetro k que corresponde a taxa de maturidade dos coelhos, os menores valores obtidos em cada dieta, foram

apresentados pelo modelo de Von Bertalanffy, seguido pelo modelo de Gompertz e Logístico, o modelo Santos et al. (2018) obteve os maiores valores.

Com uma magnitude idêntica, aos resultados apontados por Santos et al. (2018), que em coelhos da raça de Nova Zelândia, encontraram a taxa de maturidade do animal superior no modelo Logístico com valores de 0,0528, seguidos do modelo Gompertz ($k = 0,0362$), e Von Bertalanffy ($k = 0,0299$).

A taxa de maturidade é relevante na otimização das técnicas de manejo, que possam propiciar a seleção de animais precoces com pesos adequados para o abate, como verificou-se nos estudos de Oliveira e Lui (2006), onde ocorreu a redução do ganho diário de peso e piora na conversão alimentar com o envelhecimento dos coelhos da raça Nova Zelândia na comparação de animais abatidos aos 75 e 90 dias.

Os modelos que obtiveram a assíntota com maiores valores, possuíram menores valores para a taxa de maturidade, esses resultados corroboram com os achados de Sarmiento et al. (2006), quando verificaram que animais com maiores taxas de crescimento têm menor probabilidade de atingir maiores pesos à maturidade do que aqueles que crescem mais lentamente no início da vida.

A Tabela 5 apresenta os valores dos critérios de ajustes, para as curvas de crescimento que modelaram o peso em relação as dietas REF, SSA, SSFA e SSM, observa-se que o modelo Logístico, obteve os maiores valores para R_{aj}^2 , e menores valores para AIC, BIC, QMR e DMA, seguido respectivamente pelos modelos Santos et al. (2018), Gompertz e Von Bertalanffy.

Tabela 5: Critérios avaliadores de ajuste para as dietas REF, SSA, SSFA e SSM.

Dieta	Modelos	Critérios de Ajuste				
		AIC	BIC	R_{aj}^2	QMR	DMA
REF	Gompertz	83,03	83,81	0,9988	366,03	13,21
	Logístico	78,62	79,41	0,9992	224,61	9,92
	Santos et al. (2018)	80,93	81,92	0,9992	232,45	11,01
	Von Bertalanffy	84,79	85,58	0,9985	445,73	14,88
SSA	Gompertz	91,69	92,47	0,9947	959,05	18,26
	Logístico	90,15	90,94	0,9955	808,44	16,19
	Santos et al. (2018)	90,99	91,98	0,9952	853,23	17,75
	Von Bertalanffy	92,31	93,10	0,9943	1027,71	19,43
SSFA	Gompertz	86,81	87,60	0,9973	558,25	13,97
	Logístico	84,22	85,00	0,9980	418,21	10,66
	Santos et al. (2018)	84,94	85,92	0,9979	435,72	12,03
	Von Bertalanffy	87,85	88,64	0,9969	626,48	15,52
SSM	Gompertz	90,84	91,62	0,9956	872,75	18,11
	Logístico	89,51	90,30	0,9962	753,10	17,39
	Santos et al. (2018)	90,57	91,55	0,9959	813,76	19,46
	Von Bertalanffy	91,40	92,19	0,9953	929,05	18,92

Os critérios utilizados para avaliar dentre os modelos o que melhor descreveu a curva média de crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia em relação as demais dietas apresentam-se na Tabela 6. O modelo Santos et al. (2018), apresentou os maiores valores para R_{aj}^2 , e o menores valores para AIC, BIC, QMR e DMA, seguido pelos modelos logístico, Gompertz e Von Bertalanffy.

Tabela 6: Critérios avaliadores de ajuste para as dietas SFA, SSF, SFAE, SSFAE, SSME, SSMA e SSFE

Dieta	Modelos	Critérios de Ajuste				
		AIC	BIC	R_{aj}^2	QMR	DMA
SFA	Gompertz	98,03	98,82	0,9870	1940,50	26,52
	Logístico	97,58	98,35	0,9877	1841,56	24,56
	Santos et al. (2018)	96,61	97,60	0,9894	1592,88	21,20
	Von Bertalanffy	-	-	-	-	-
SSF	Gompertz	-	-	-	-	-
	Logístico	89,09	89,87	0,9927	718,48	16,37
	Santos et al. (2018)	87,28	88,27	0,9943	470,76	13,25
	Von Bertalanffy	-	-	-	-	-
SFAE	Gompertz	93,47	94,26	0,9909	1169,06	22,02
	Logístico	92,76	93,55	0,9916	1080,84	20,16
	Santos et al. (2018)	90,34	91,33	0,9938	793,87	16,96
	Von Bertalanffy	93,72	94,51	0,9906	1202,08	22,64
SSFAE	Gompertz	91,81	92,60	0,9943	972,11	19,18
	Logístico	92,76	93,55	0,9949	869,50	17,05
	Santos et al. (2018)	88,95	89,93	0,9960	793,87	16,96
	Von Bertalanffy	92,16	92,95	0,9941	1011,05	19,87
SSME	Gompertz	93,91	94,70	0,9935	1227,70	23,33
	Logístico	92,60	92,95	0,9947	1011,36	19,90
	Santos et al. (2018)	88,19	89,18	0,9967	625,15	14,89
	Von Bertalanffy	94,50	95,29	0,9931	1311,66	24,46
SSMA	Gompertz	92,73	93,52	0,9943	1077,49	20,77
	Logístico	90,74	91,53	0,9954	863,91	17,65
	Santos et al. (2018)	89,10	90,08	0,9963	691,30	17,41
	Von Bertalanffy	93,44	94,23	0,9938	1166,14	21,83
SSFE	Gompertz	93,90	94,69	0,9875	1226,81	37,96
	Logístico	93,60	94,39	0,9899	1186,50	37,34
	Santos et al. (2018)	89,69	90,67	0,9937	738,16	16,78
	Von Bertalanffy	-	-	-	-	-

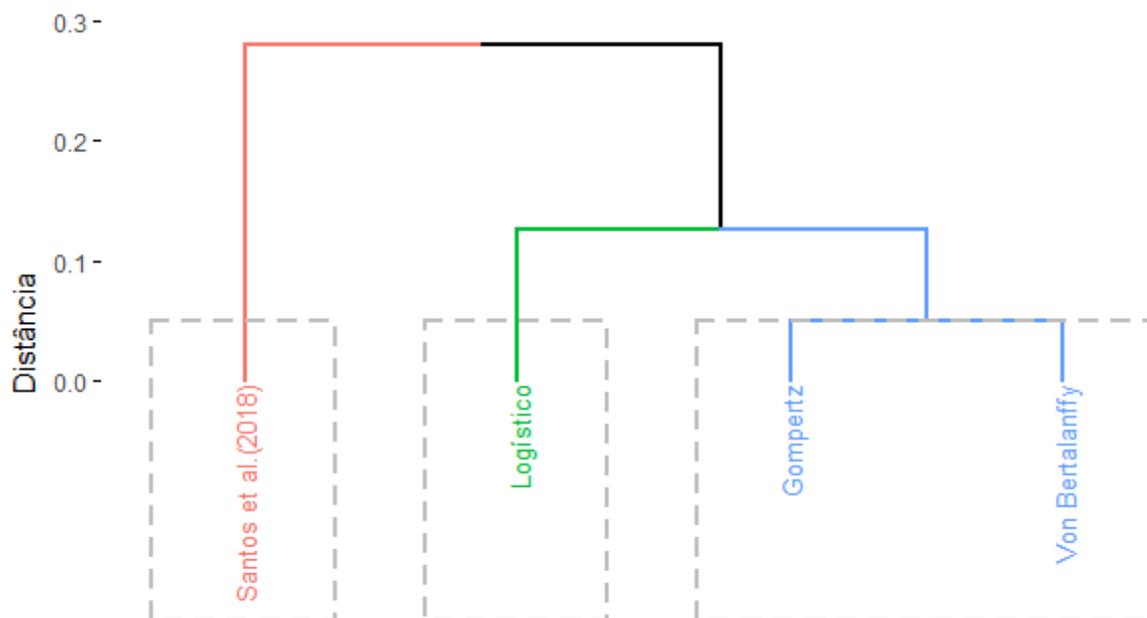
Esta divergência na determinação do modelo adequado em cada dieta, deve-se ao fato da aceitação do animal a cada tratamento, bem como, depende do padrão de crescimento dos animais em estudo, oscilação nos valores dos pesos, número de pesagens por animal e idade da última pesagem (TORAL, 2008).

Tal constatação é evidenciada observando pesquisas relacionadas ao crescimento dos coelhos, Freitas (2005) e Ferreira et al. (2019) apontaram o modelo Logístico como mais adequado para o crescimento de Coelhos da raça Nova Zelândia. No entanto Curi, Nunes e Curi (1985) determinaram o modelo de Gompertz, como

aquele que melhor representou o ajuste ao crescimento para diferentes raças de coelhos, e Teleken, Robazza e Galvão (2017) concluíram que o modelo de Von Bertalanffy se mostrou adequado para o ajuste.

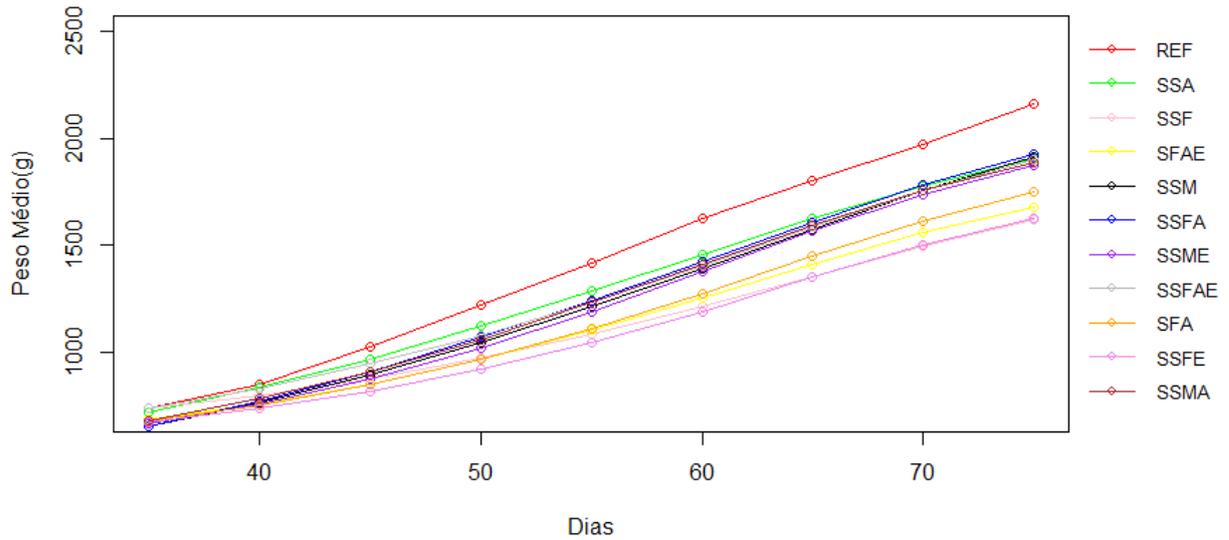
A Figura 1 apresenta o dendrograma, com o intuito de determinar o modelo não linear de melhor ajuste para o crescimento dos coelhos em relação a todas as dietas, após a construção do dendrograma, com o artifício da distância Camberra e do método de ligação média, o índice de Ratkowsky, recomendou a formação de três grupos de modelos decorrentes das médias dos avaliadores dos critérios de ajuste, dentre os quais o modelo Santos et al.(2018) está presente no grupo que apresenta as menores médias para os valores de AIC,BIC, QMR e DMA e a maiores médias para o $R_{aj,1}^2$, o modelo Logístico em outro grupo, no qual apresenta valores intermediários dos avaliadores e no terceiro grupo, os modelos de Von Bertalanffy e Gompertz com os piores desempenhos.

Figura 1: Dendrograma dos modelos ajustados as dietas de acordo com os valores dos critérios avaliadores



Definido o modelo Santos et al. (2018), o que melhor ajustou-se aos dados, podemos visualizar na Figura 2, os valores preditos, ajustado por este modelo, para os dados de crescimento dos animais de acordo com as dietas ao longo do tempo.

Figura 2: Ajustes do modelo Santos et al. (2018) aos dados dos coelhos



Tomando este modelo, a Tabela 7 apresenta o teste de identidade de curvas entre os diferentes tratamentos, em que se verificou que a hipótese nula foi rejeitada, logo não houve evidências para considerar que uma única curva consiga descrever o crescimento dos animais para todas as dietas.

Tabela 7: Teste de identidade de curvas para todas as dietas

Testes	ν_{Ω}	ν_{ω}	SQR_{Ω}	SQR_{ω}	F_{cal}	P-valor
$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$	55	95	40337	1097102	36,047	$2,2^* 10^{-16}$ S

S - Significativo ao nível de 5%, F_{cal} - Estatística do teste, aproximado com a distribuição F

Dado a diferença estatística significativa entre as curvas, realizou-se a comparação das dietas, duas a duas, em busca de um maior detalhamento em relação ao crescimento dos coelhos de acordo com cada dieta.

A Tabela 8 apresenta os valores do teste de identidade para a dieta REF, composta por ingredientes convencionais, onde a curva de crescimento não apresenta similaridade com nenhum tratamento, ao nível de significância de 5%.

Tabela 8: Teste de identidade de curvas, duas a duas com a dieta REF

Comparação	Testes	SQR_{ω}	SQR_{Ω}	v_{Ω}	v_{ω}	F_{cat}	P-valor
REF e SSF	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	552729	4219	10	14	325	$1,54 \cdot 10^{-1}$ S
REF e SFA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	385017	9359	10	14	100,35	$4,99 \cdot 10^{-8}$ S
REF e SSM	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	164454	5464	10	14	72,75	$2,36 \cdot 10^{-7}$ S
REF e SSA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	102543	5661	10	14	42,785	$2,94 \cdot 10^{-6}$ S
REF e SSFA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	129463	3571	10	14	88,126	$9,36 \cdot 10^{-8}$ S
REF e SSMA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	151205	4851	10	14	75,427	$1,99 \cdot 10^{-7}$ S
REF e SFAE	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	459269	5364	10	14	211,55	$1,29 \cdot 10^{-9}$ S
REF e SSME	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	197557	4520	10	14	106,76	$3,69 \cdot 10^{-8}$ S
REF e SSFE	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	605176	5086	10	14	295	$2,50 \cdot 10^{-10}$ S
REF e SSFAE	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	142053	4794	10	14	71,575	$2,55 \cdot 10^{-7}$ S

S - Significativo ao nível de 5%, F_{cat} - Estatística do teste, aproximado com a distribuição F

Esta divergência descrita pelo teste de identidade de curvas, da dieta REF em comparação as demais era esperado, visto que é composta por alimentos convencionais, como feno de alfafa (37,3%), farelo de trigo (25%) e milho desidratado com palha e sabugo (20%) que apresentam boa digestibilidade e aceitabilidade por partes dos coelhos.

Corroborando com a pesquisa de Coelho et al. (2016), na qual afirmaram que as dietas simplificadas e semissimplificadas, apresentam valores inferiores de digestibilidade e ganho de peso, em comparação as dietas convencionais, nas quais a inclusão de fontes volumosas é em torno de 30%.

Na Tabela 9, estão presentes, comparações das curvas das dietas SFA, SFAE, SSF, SSFE com as demais, observa-se que além de diferirem estatisticamente da dieta REF, apresentam curvas de crescimento distintas em comparação as outras ($p < 0,05$), descrevendo um crescimento de menor eficiência, atingindo pesos assintóticos baixos, apesar de possuir uma maior taxa de maturidade, logo uma alta precocidade não significa que necessariamente os animais atinjam um peso ideal ao abate.

Tabela 9: Teste de identidade de curvas das dietas SFA, SSF, SSFE e SFAE com as demais curvas

Comparação	Testes	SQR_{ω}	SQR_{ρ}	ν_{Ω}	ν_{ω}	F_{cal}	P-valor
SFA e SSM	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	60307	12033	10	14	10,029	0,002 ^S
SFA e SSA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	108675	12231	10	14	19,714	9,8*10 ^{-5S}
SFA e SSFA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	79658	10141	10	14	17,138	1,8*10 ^{-5S}
SFA e SSMA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	65167	11421	10	14	11,765	8,47*10 ^{-4S}
SFA e SSME	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	43132	11090	10	14	7,2229	5,38*10 ^{-3S}
SFA e SSFAE	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	73607	11364	10	14	13,693	4,59*10 ^{-4S}
SSF e SSM	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	140540	6893	10	14	48,469	1,63*10 ^{-6S}
SSF e SSA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	192711	7091	10	14	65,445	3,92*10 ^{-7S}
SSF e SSFA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	170115	5001	10	14	82,537	1,29*10 ^{-7S}
SSF e SSMA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	143350	6281	10	14	54,56	9,33*10 ^{-7S}
SSF e SSME	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	113689	5950	10	14	45,266	2,25*10 ^{-6S}
SSF e SSFAE	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	144273	6224	10	14	55,45	8,64*10 ^{-7S}
SSFE e SSM	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	154407	7760	10	14	47,247	1,84*10 ^{-6S}
SSFE e SSA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	227000	7957	10	14	68,821	3,08*10 ^{-7S}
SSFE e SSMA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	162420	7147	10	14	54,315	9,53*10 ^{-7S}
SSFE e SSFA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	124049	6817	10	14	42,996	2,87*10 ^{-6S}
SSFE e SSME	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	187712	5867	10	14	77,481	1,74*10 ^{-7S}
SSFE e SSFAE	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	173256	7090	10	14	58,589	6,65*10 ^{-7S}
SFAE e SSM	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	89684	8038	10	14	25,393	3,21*10 ^{-5S}
SFAE e SSA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	142151	8236	10	14	40,652	3,72*10 ^{-6S}
SFAE e SSFA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	113638	6146	10	14	43,724	2,65*10 ^{-6S}
SFAE e SSMA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	93887	7425	10	14	29,11	1,73*10 ^{-5S}
SFAE e SSME	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	67589	7095	10	14	21,316	6,98*10 ^{-5S}
SFAE e SSFAE	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	101716	7369	10	14	32,009	1,25*10 ^{-5S}

S - Significativo ao nível de 5%, F_{cal} - Estatística do teste, aproximado com a distribuição F

Esse padrão de menor desempenho, provavelmente deve-se ao fato de que essas dietas contêm alto volume de farinha de folha de mandioca (FFM), SSF (78,94%), SSFE (78,415%), SFA (40,78%) e SFAE (41,789%).

Este componente apresenta propriedades antinutricionais que influenciam na digestibilidade animal como a presença de polifenóis (taninos) que afetam o aproveitamento de proteína das dietas (CORREA et al., 2004).

Em consequência dos testes de comparação de curvas, percebe-se a formação de três agrupamentos, a dieta REF com o melhor desempenho entre as dietas, as dietas SSM, SSMA, SSME, SSA, SSFA e SSFAE com desempenhos intermediários e as dietas SSF, SSFE, SFA e SFAE com desempenhos inferiores.

A Tabela 10 apresenta os testes de identidade na comparação entre duas dietas, em que apontaram evidências que uma mesma curva pode representar o crescimento dos coelhos para ambas, por consequência da aceitação da hipótese de

igualdade dos parâmetros ao nível de significância de 5%, percebe-se que as curvas idênticas correspondem a dietas que estão contidas nos agrupamentos de desempenho intermediário e inferiores.

Tabela 10: Dietas com curvas de crescimento idênticas

Dietas	Testes	SQR_{ω}	SQR_{Ω}	ν_{Ω}	ν_{ω}	F_{cat}	P-valor
SFA e SFAE	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	17091	11934	10	14	1,0804	0,416 ^{NS}
SSM e SSFA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	8436,7	6245,4	10	14	0,8771	0,511 ^{NS}
SSM e SSMA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	9000,9	7525,0	10	14	0,4903	0,743 ^{NS}
SSM e SSME	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	9293,6	7194,6	10	14	0,7294	0,592 ^{NS}
SSM e SSFAE	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	15362,4	7468,3	10	14	2,6425	0,097 ^{NS}
SSA e SSFA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	15401,3	6442,8	10	14	3,4761	0,050 ^{NS}
SSA e SSMA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	16631,6	7722,3	10	14	2,8843	0,079 ^{NS}
SSA e SSFAE	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	13044,6	7665,7	10	14	1,7542	0,215 ^{NS}
SSF e SFAE	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	15901,3	6793,9	10	14	3,3513	0,055 ^{NS}
SSF e SSFE	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	14656,8	6515,3	10	14	3,124	0,066 ^{NS}
SSFA e SSMA	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	7388,8	5632,8	10	14	0,7794	0,563 ^{NS}
SSFA e SSFAE	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	13289,1	5576,2	10	14	3,458	0,051 ^{NS}
SSMA e SSME	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	10594,4	6581,9	10	14	1,5241	0,268 ^{NS}
SSMA e SSFAE	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	10971,8	6855,7	10	14	1,501	0,274 ^{NS}
SFAE e SSFE	$\alpha_j = \beta_j = \delta_j = k_j$ vs $H_{(a)}$	18176,5	7660,1	10	14	3,4322	0,052 ^{NS}

NS - Não significativo ao nível de 5%, F_{cat} - Estatística do teste, aproximado com a distribuição F

Considerando estes pares de dietas, na Tabela 11 estão contidos os valores estimados dos parâmetros para as curvas de crescimento idênticas.

Tabela 11: Estimação dos parâmetros para os pares de curvas idênticas

Dietas	Parâmetros			
	α	β	δ	k
SSM e SSFA	2210	0,929	0,0498	0,0490
SSM e SSMA	2119	0,881	0,0382	0,0537
SSM e SSME	2103	0,858	0,0308	0,0566
SSM e SSFAE	2171	0,857	0,0363	0,0531
SSA e SSFA	2149	0,924	0,0548	0,0489
SSA e SSMA	2071	0,872	0,0451	0,0538
SSA e SSFAE	2117	0,849	0,0404	0,0529
SSFA e SSMA	2109	0,893	0,0408	0,0534
SSFA e SSFAE	2157	0,869	0,0392	0,0527
SSMA e SSME	2028	0,829	0,0254	0,0608
SSA e SSFAE	2077	0,826	0,0299	0,0575
SFAE e SSFE	1787	0,727	0,0155	0,0663
SFA e SFAE	1861	0,754	0,0181	0,0642
SSF e SFAE	1842	0,728	0,0204	0,0613
SSF e SSFE	1792	0,704	0,0155	0,0649

Observa-se que as dietas que apresentaram melhores desempenhos entre as intermediárias foram as dietas SSM e SSFA, que obtiveram conjuntamente o maior

peso assintótico (2210g), com valores de taxa de maturidade bem próximas comparadas as demais.

A dieta SSM é composta majoritariamente por feno do terço superior da rama da mandioca (FTSRM) com 70,32%, e a dieta SSFA é composta em sua grande parte por feno de alfafa (41,36%) e farinha de folha de mandioca (40,00%). O fato desta última apresentar bom desempenho, apesar de conter quantidade relativamente alta de FFM, componente que influenciou na qualidade de crescimento em relação as outras dietas, possivelmente é compreendido pelo motivo de possuir feno de alfafa que tem alta aceitabilidade por parte dos animais e ser uma dieta semissimplificada, contendo farelo de soja (5,52%) um ingrediente que auxilia na palatabilidade e digestibilidade da dieta.

No entanto, analisando o custo das dietas, a dieta SSM é economicamente mais acessível que a dieta SSFA, em que a primeira custou 0,59R\$ por kg e a segunda foi mais onerosa, custando 0,92R\$.

Evidenciando o que afirma Scapinello et al. (2002), onde avaliaram a incorporação do FTSRM nas dietas dos coelhos, e observaram que a implementação não afetou de maneira relevante o crescimento, recomendando uma possível substituição total ao feno de alfafa, sem influenciar no desempenho dos animais. Porém Machado et al. (2011), afirma que este ingrediente pode substituir em até 60% o feno de alfafa, além disto recomenda a inclusão máxima de 25% de FTSRM, na dieta dos coelhos, afim de manter o equilíbrio no desempenho de crescimento.

Ademais Herrera (2003) e Machado et al. (2012), também concluíram que a inclusão deste componente pode ser uma alternativa economicamente viável em comparação a dietas tradicionais.

3.4 CONCLUSÕES

- O modelo Santos et al. (2018) apresenta melhor ajuste em relação aos demais modelos não lineares, sendo assim propício a sua utilização para descrição dados de crescimentos de coelhos da raça Nova Zelândia.
- As curvas de crescimentos dos coelhos apresentam diferenças e em relação a dietas,
- A Dieta REF apresenta melhor desempenho em comparação as outras dietas,

- As dietas SSF, SSFE, SFAE e SFA apresentam desempenho inferior, devido à alta inclusão de farinha de folha de mandioca em suas composições,
- A dieta SSM, pode ser uma dieta alternativa econômica viável em comparação a dietas convencionais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo Santos et al. (2018) se mostrou adequado na descrição do crescimento dos coelhos, o que propicia a sua utilização em futuras pesquisas aplicadas a outros animais.

5 REFERÊNCIAS

- AKAIKE, H.. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, v. 19 , n.16, p. 716-723,1972.
- BATES, D. B. , WATTS, D. G. **Nonlinear regression analysis and its applications**. Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1988.
- BERTALANFFY, L. V. Quantitative laws in metabolism and growth. **The Quarterly Review of Biology**, v. 32, p. 217–230, 1957.
- BREUSCH, T. S.; PAGAN, A. R. A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 1287-1294, 1979.
- BRODY, S. **Bioenergetics and growth**. New York: Reinhold Publication. 1945. 1023p.
- CALIŃSKI, T.; HARABASZ, J. A dendrite method for cluster analysis. **Communications in Statistics-theory and Methods**, v. 3, n. 1, p. 1-27, 1974.
- CARNEIRO, A. P. S. et al. Identidade de modelos não lineares para comparar curvas de crescimento de bovinos da raça Tabapuã. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 1, p. 57-62, 2014.
- CASSIANO, F. R.; SÁFADI, T. Modelos de crescimento animal para tempos irregulares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 11, p. 1114-1119, 2015.
- CHALH, A.; GAZZAH, M. E. Variogram investigation of covariance shape within longitudinal data with possible use of a kriging technique as an interpolation tool: Sheep growth data as an example. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, JSTOR, p. 51–64, 2014.
- CHARRAD, M. ; GHAZALLI, N.; BOITEAU, V.; NIKNAFS, A. NbClust: an examination of indices for determining the number of clusters: NbClust Package. Version 1.4. Vienna, 2013. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/packages=NbClust>>. Acesso em: 10 maio 2020.
- COELHO, C. C. G. M.; FERREIRA, W. M.; MOTA, K. C. N.; ROCHA, L. F.; SOUSA, T. N.; COSTA JÚNIOR, M. B.; SILVA NETO, C. S.; FERREIRA, F. N. A. Utilização digestiva e produtiva de dietas semi simplificadas com fenos enriquecidos com vinhaça para coelhos em crescimento. **Boletim de Indústria Animal**, v. 73, n. 1, p. 1-8, 2016.
- CORRÊA, A. D.; SANTOS, S. R.; ABREU, C. M. P.; JOKL, L; SANTOS, C. D. Remoção de polifenóis da farinha de folhas de mandioca. **Food Science and Technology**, v. 24, n. 2, p. 159-164, 2004.

CURI, P. R.; NUNES, J. R. V.; CURI, M. A. Modelos matemáticos para estimar o peso de coelhos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 853-863, 1985.

DE BLAS, J. C.; MATEOS, G. G. Feed formulation. In: DE BLAS, J. C.; WISEMAN, J. The nutrition of the rabbit. Cambridge: **CAB International**, p. 241-253.1998.

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

DE BLAS, J. C.; GARCIA J.; CARABAÑOR. M. Avances em nutrição de conejos. In:**SIMPOSIUM DE CUNICULTURA, 27, 2002**, Réus. Anais.. Réus, 2002. p. 83-91.

DE MATOS, R. M.; SILVA, P.F; BARROS, A. S.; DANTAS NETO, J.; MEDEIROS, R. M.; SABOYA, L. M. F.; SANTOS, B. D. B. Aptidão agroclimática para o cultivo da mandioca no município de Barbalha-CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 5, p. 1815-1822, 2019.

DONI, M. V. **Análise de cluster: métodos hierárquicos e de particionamento**. São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo. 2004.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. John Wiley & Sons, 1998.
DRUMOND, E. S. C.; GONÇALVES, F. M.; VELOSO, R. C.; AMARAL, J. M.; BALOTIN, L. V.; PIRES, A. V.; MOREIRA, V. Curvas de crescimento para codornas de corte. **Ciência Rural**, v. 43, n. 10, p. 1872-1877, 2013.

DUDA, R. O.; HART, P. E. Pattern classification and scene analysis. New York: **J. Wiley**,. 482 p,1973.

DURBIN, J.; WATSON, G. S. Testing for serial correlation in least squares regression: I. **Biometrika**, v. 37, n. 3/4, p. 409-428, 1950.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations . Agricultural production: crops primary. Disponível em: <http://faostat.fao.org/>. Acesso em: 20 set. 2020. 2016.

FERNANDES, F. A. Modelo de von Bertalanffy para a descrição do crescimento de mamíferos de corte. 2019. 62 f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

FERREIRA, D. S. A.; SANTOS, A. L. P; FREITAS, J. R.; PEREIRA, M. M. A.; MACHADO, L. C.; COSTA, M. M. L., MOREIRA, G. R. Novo modelo não linear para descrever curvas de crescimento de coelhos da raça Nova Zelândia. **Sigmae**, v. 8, n. 2, p. 522-531, 2019.

FERREIRA W.M.; PEREIRA, R. A. N. Avanços na nutrição de coelhos – Avaliação energética e protéica dos alimentos e necessidades nutricionais. **Nutrição animal – Tópicos avançados**. Departamento de Tecnologia Rural e Animal – UESB. p. 15- 34. 2003.

FERREIRA, W.M.; SAAD, F. M. O. B.; PEREIRA, R. A. N. Fundamentos da Nutrição

de coelhos. In: **Congresso de Cunicultura das Américas**. 2006.

FERREIRA, W. M.; MACHADO, L. C., JARUCHE, Y. G.; CARVALHO, G. G.; OLIVEIRA, C. A.; SOUZA, J. D. S; CARÍSSIMO, A. P. G. **Manual prático de cunicultura**. Bambuí: Ed. do Autor, 75 p., 2012.

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

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica**. 5 ed.. Amgh Editora, 2011. HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. ; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Bookman editora, 2009.

HERRERA, A. P. N. **Eficiência produtiva e avaliação nutricional de dietas simplificadas a base de forragens para coelhos em crescimento**. 2003. 104f. 2003. Tese de Doutorado. Dissertation (Animal Science Ph. D.)- Escola de Veterinária/Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 2014.

HUBERT, L. J.; LEVIN, J. R. A general statistical framework for assessing categorical clustering in free recall. **Psychological bulletin**, v. 83, n. 6, p. 1072, 1976.

KLINGER, A. C. K.; TOLEDO, G. S. P. **Cunicultura: didática e prática na criação de coelhos**. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciencia-Editora UFSM, 2018.

LAIRD, A. K. Dynamics of relative growth. **Growth**, v. 29, p. 249–263, 1965.

LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R.; NOVAKOFSKI, J. E. **Growth of farm animals**. Cabi, 3 ed., 2012.

MACHADO, L. C. **Avaliação da parte aérea de cultivares de mandioca, desempenho e digestibilidade em dietas simplificadas e semi-simplificadas com ou sem suplementação enzimática para coelhos em crescimento**. 140f. Tese (Doutorado em Zootecnia: Nutrição Animal) – Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

MACHADO, L. C.; FERREIRA, W. M.; SCAPINELLO, C.; PADILHA, M. T. S.; EULER, A. C. C.; KLINGER, A. C. K. **Manual de formulação de ração e suplementos para coelhos** – Bambuí: Associação Científica Brasileira de Cunicultura, 24 p, 2011.

MACHADO, L. C.; FERREIRA, W. M. **A cunicultura e o desenvolvimento sustentável**. 2011. Disponível em: <<http://acbc.org.br/site/index.php/notas-tecnicas/a-cunicultura-e-o-desenvolvimento-sustentavel>>. Acesso em: 20 out. 2020.

MACHADO, L. C.; FERREIRA, W. M.; BORGES, I.; GERALDO, A.; FERREIRA, M. Avaliação das dietas simplificadas e semi-simplificadas, com base na mistura de forrageiras, com e sem enzimas, para coelhos em crescimento. **Ciência Animal Brasileira**, v. 13, n. 3, p. 330-337, 2012.

MACHADO, L. C.; FERREIRA, W. M. Opinião: Organização e estratégias da cunicultura brasileira buscando soluções. **Revista Brasileira de Cunicultura**, v.6, n.1, 2014.

MARCIANO, L. E. A.; ARAÚJO, T. M.; LIMA, N. R.; FERNANDES, L. S.; COSTA, M. L. L. Desempenho de coelhos alimentados com farinha de Tenebrio molitor. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 6, n. 1, 2019.

MARDIA, A.K.V; KENT, J. T.; BIBBY, J. M. **Multivariate analysis**. London: Academic Press,. 518p.1997.

MARTINS, F.B.; SOARES, C.P.B.; LEITE, H.S.; SOUZA, A.L. de; CASTRO, R.V.O. Índices de competição em árvores individuais de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1089-1098, 2011. DOI: 10.1590/S0100-204X2011000900017.

MATTOS, T. B. **Modelos Não Lineares e suas Aplicações**.2014. 58p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Estatística) Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG,2014.

MAZUCHELI, J.; ACHCAR, J. A. Algumas considerações em regressão não linear. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 24, p. 1761-1770, 2002.

MOJENA, R. Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. **The Computer Journal**, v.20, n. 4, 359-363, 1977.

MOLINA, E.; GONZÁLEZ-REDONDO, P.; MORENO-ROJAS, R.; MONTERO-QUINTERO, K.; BRACHO, B.; SANCHÉZ-URDANETA, A. Effects of diets with *Amaranthus dubius* Mart. ex Thell. on performance and digestibility of growing rabbits. **World Rabbit Science**, v. 23, n. 1, p. 9-18, 2015.

MOTA, L. F. M.; ALCÂNTARA, D. C; ABREU, L. R. A.; COSTA, L. S.; PIRES, A. V.; BONAFÉ, C. M.; SILVA, M. A.; PINHEIRO, S. F. R. Crescimento de codornas de diferentes grupos genéticos por meio de modelos não lineares. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 5, p. 1372-1380, 2015.

NELDER, J. The fitting of a generalization of the logistic curve. **Biometrics**, JSTOR, v. 17, n. 1, p. 89–110, 1961.

NETER, J.; WASSERMAN, W.; KUTNER, M. H. **Applied Linear Regression Models**. Chicago: Irwin, 3rd ed., 1990.

OLIVEIRA, A. F. G.; SCAPINELLO, C.; MARTINS, E. N.; JOBIM, C. C.; MONTEIRO, A. C.; FIGUEIRA, J. C. Efeito de dietas semi-simplificadas formuladas com subprodutos de mandioca ensilados ou não sobre o desempenho e características de carcaça de coelhos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 33, n. 1, p. 59-64, 2011.

OLIVEIRA, H. N.; LÔBO, R. B.; PEREIRA, C. S. Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça Guzerá. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 9, p. 1843-1851, 2000.

OLIVEIRA, M. C.; LUI, J. F. Desempenho, características de carcaça e viabilidade econômica de coelhos sexados abatidos em diferentes idades. **Arq. bras. med. vet. zootec**, p. 1149-1155, 2006.

PÉREZ, J.R.O.; SANTOS-CRUZ, C. L. Crescimento de ovinos. In: **ENCONVET (ENCONTRO DE MÉDICOS VETERINÁRIOS E ZOOTECNISTAS NO NORDESTE)**, 5., 2000, Aracajú. Anais... Aracajú, p. 209-230, 2000.

PUIATTI, G. A.; CECON, P. R.; NASCIMENTO, M.; PUIATTI, M.; FINGER, F. L.; SILVA, A. R.; NASCIMENTO, A. C. C. Análise de agrupamento em seleção de modelos de regressão não lineares para descrever o acúmulo de matéria seca em plantas de alho. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 31, n. 3, p. 337-351, 2013.

R Development Core Team.: R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, <https://www.rproject.org/>. 2019.

RATKOWSKY D. A.; LANCE G. N. "A Criterion for Determining the Number of Groups in a Classification." **Australian Computer Journal**,v.10, n.3, 115–117. 1978.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não linear. **Revista Ceres**,v.50, p.9-26, 2003.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. I. dados no delineamento inteiramente casualizado. **Revista de Matemática e Estatística**, v. 22, n. 3, p. 33-45, 2004.

REGAZZI, A. J.; SILVA, C. H. O.. Testes para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear em dados de experimento com delineamento em blocos casualizados. **Revista Ceres**, v. 57, n. 3, p. 315-320, 2010.

REIS, R. M.; CECON, P. R.; PUIATTI, M.; FINGER, F. L.; NASCIMENTO, M.; SILVA, F. F.; CARNEIRO, A. P. S; SILVA, A. R. Nonlinear regression models applied to clusters of garlic accessions. **Horticultura Brasileira**, n.32, v.2, 178-183, 2014.

RICHARDS, F. A flexible growth function for empirical use. **Journal of experimental Botany**, Oxford University Press, v. 10, n. 2, p. 290–301, 1959.

SALLUM NETO, F.; CARVALHO, L. R.; MISCHAN, M.M. Ajustes de modelos não lineares a dados de crescimento com estrutura de erros independentes e autoregressivos de primeira ordem-aplicações. **Revista Brasileira de Biometria**, p. 631–644, 2013.

SANTOS, A. L. P.; MOREIRA, G. R.; BRITO, C. C. R; GOMES-SILVA, F.; COSTA, M. L. L.; PIMENTEL, P.G; CUNHA FILHO, M; MIZUBUTI, I. Y. Method to generate growth and degrowth models obtained from differential equations applied to agrarian sciences. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 6, p. 2659-2672, 2018.

SANTOS, D. C. E.; SOUSA, C. A.; SILVA, E. S.; NASCIMENTO NETO, R. A.; MARQUES, R. M.; CAMARGO, P. H. G.; SANTOS, N. P. S.; BIAGIOTT, D. Comparison of non-linear models adjustment in New Zealand rabbits growth curve. 2018. Disponível em: <<http://www.adaltech.com.br/anais/zootecnia2018/resumos/trab-1694.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2019.

SANTOS, T.C.; MURAMAKI, A. E.; OLIVEIRA, C. A. L.; COSTA, P. D. Desenvolvimento corporal e testicular em machos de codornas de corte e de postura de 25 a 360 dias. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.32, p.1205-1212, 2012. DOI: 10.1590/ S0100-736X2012001100023

SARMENTO, J. L. R.; REGAZZI, A. J.; SOUZA, W. H.; TORRES, R. A.; BREDA, F. C.; MENEZES, G. R. O. Estudo da curva de crescimento de ovinos Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.2, p.435-442. 2006.

SCAPINELLO, C.; MICHELAN, A. C.; FURLAN, A. C.; FARIA, H. C.; ANDREAZZI, M. A.; BRITO, D. A. Valor nutritivo e utilização do feno do terço superior da rama de mandioca para coelhos em crescimento. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 39, 2002, Recife. Anais... Recife: SBZ, 2002. CD-ROM.

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

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SILVEIRA, F. G.; SILVA, F. S.; CARNEIRO, P. L. S; MALHADO, C. H. M.; MUNIZ, J. A. Análise de agrupamento na seleção de modelos de regressão não-lineares para curvas de crescimento de ovinos cruzados. **Ciência Rural**, v. 41, n. 4, p. 692-698, 2011.

TELEKEN, J. T.; GALVÃO, A. C.; ROBAZZA, W. S. Avaliação comparativa de modelos matemáticos não lineares para descrever o crescimento animal. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 1, p. 73-81, 2017.

TOLEDO, G. S. P.; EGGERS, D. P.; SILVA, L. P.; PACHECO, P. S.; KLINGER, A. C. K; CAPITÂNIO, J. R.; SCHIMDT, T; ORTIZ, J. Casca de soja em substituição ao feno de alfafa em dietas fareladas para coelhos em crescimento. **Ciência Rural**, v. 42, n. 10, p. 1896-1900, 2012.

TORAL, F. L. B. Número e intervalo de pesagens para estimação de parâmetros de curvas de crescimento em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 12, p. 2120–2128, 2008.

TVARDOVSKAS, L.; SATURNINO, H. M.; História da cunicultura no Brasil e estratégias para seu desenvolvimento. **IV SEMINÁRIO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM CUNICULTURA**. Disponível em:< http://www.acbc.org.br/images/stories/01_Historia_da_cunicultura_no_Brasil_e_estrategias_para_seu_desenvolvimento.pdf>. Acesso em: Setembro de 2020. 2013.

VALENTIM, J. L. Ecologia numérica: Uma introdução à análise multivariada de dados. **Editora Interciências, Rio de Janeiro**, 2000.

VALENTIM, J. K.; MACHADO, L. C.; LOPES, V. L.; PAULA, K. L. C.; BITTENCOURT, T. M.; RODRIGUES, R. F. M; ROBERTO, C. H. V.; DALLAGO, C. H. Perfil dos criadores de coelho pet no brasil. **Revista Brasileira de Cunicultura**, v. 14, 2018.

VICINI, L. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 215p. (Monografia de Especialização).

ZAGO, B. W.; BARELLI, M. A. A.; HOOPERHEIDE, E. S. S.; CORRÊA, C. L.; DELFORNO, G. I. S.; DA SILVA, C. J. Morphological diversity of cassava accessions of the south-central mesoregion of the State of Mato Grosso, Brazil. **Genetics and Molecular Research**, v.16, n.3, p.1-10, 2017.

ZEVIANI, W. M.; JÚNIOR, P. J.; BONAT, W. H. **Modelos de regressão não linear**, Disponível em:<<https://www.ime.unicamp.br/~cnaber/cursomodelosnaolinearesR.pdf>>.2013.

APÊNDICE

Apêndice A: Coeficiente de correlação cofenético

	Ligação Completa	Ligação Simples	Ligação Média	Ward
Euclidiana	0,8560	0,8521	0,8573	0,8573
Mahalanobis	0,8559	0,8520	0,8573	0,8572
Camberra	0,9135	0,9044	0,9139	0,9138
Manhattam	0,8592	0,8565	0,8603	0,8602

Apêndice B: Verificação dos Pressupostos

Modelos	Diets	Testes		
		Shapiro-Wilk	Durbin -Watson	Breusch-Pagan
Gompertz	REF	0,968 (0,880)	1,603 (0,264)	2,230 (0,135)
	SFA	0,933 (0,520)	2,070 (0,545)	5,907 (0,015)
	SSM	0,950 (0,685)	1,725 (0,332)	0,827 (0,363)
	SSA	0,970 (0,897)	2,068 (0,542)	3,168 (0,075)
	SSF	-	-	-
	SSFA	0,954 (0,743)	2,04 (0,524)	5,923 (0,014)
	SSMA	0,964 (0,843)	1,643 (0,285)	1,698 (0,193)
	SFAE	0,955 (0,750)	1,777 (0,362)	1,831 (0,176)
	SSME	0,964 (0,844)	1,677 (0,305)	2,722 (0,145)
	SSFE	0,963 (0,827)	1,756 (0,350)	1,383 (0,240)
	SSFAE	0,962 (0,816)	2,054 (0,534)	5,799 (0,016)
Logístico	REF	0,974 (0,931)	1,982 (0,489)	2,191 (0,139)
	SFA	0,919 (0,382)	2,11 (0,570)	6,401 (0,011)
	SSM	0,961 (0,804)	1,816 (0,386)	1,227 (0,268)
	SSA	0,945 (0,639)	2,203 (0,625)	3,469 (0,063)
	SSF	0,972 (0,914)	2,064 (0,540)	3,816 (0,049)
	SSFA	0,896 (0,231)	2,27 (0,667)	4,086 (0,05)
	SSMA	0,952 (0,708)	1,775 (0,361)	2,222 (0,136)
	SFAE	0,943 (0,814)	1,819 (0,388)	2,123 (0,145)
	SSME	0,948 (0,672)	1,767 (0,357)	2,376 (0,123)
	SSFE	0,958 (0,778)	1,764 (0,355)	1,636 (0,200)
	SSFAE	0,930 (0,480)	2,148 (0,592)	6,132 (0,013)
Santos et al. (2018)	REF	0,908 (0,305)	2,120 (0,575)	0,050 (0,815)
	SFA	0,920 (0,393)	2,34 (0,704)	2,390 (0,122)
	SSM	0,935 (0,527)	1,885 (0,429)	1,735 (0,188)
	SSA	0,937 (0,547)	2,227 (0,669)	2,327 (0,127)
	SSF	0,945 (0,630)	2,286 (0,674)	2,077 (0,150)
	SSFA	0,909 (0,311)	2,732 (0,722)	2,280 (0,131)
	SSMA	0,958 (0,776)	2,158 (0,598)	2,124 (0,145)
	SFAE	0,962 (0,814)	2,089 (0,556)	2,467 (0,116)
	SSME	0,945 (0,639)	2,204 (0,626)	2,218 (0,136)
	SSFE	0,963 (0,833)	2,051 (0,532)	2,718 (0,099)
	SSFAE	0,880 (0,157)	2,557 (0,815)	2,021 (0,155)
Von Bertalanffy	REF	0,948 (0,678)	1,151 (0,218)	1,741 (0,187)
	SFA	-	-	-
	SSM	0,953 (0,720)	1,691 (0,313)	0,688 (0,407)
	SSA	0,975 (0,935)	2,018 (0,511)	2,653 (0,103)

SSF	-	-	-
SSFA	0,973 (0,923)	1,960 (0,475)	3,610 (0,061)
SSMA	0,963 (0,833)	2,051(0,532)	2,232 (0,135)
SFAE	0,958 (0,781)	1,763 (0,354)	1,706 (0,185)
SSME	0,967 (0,864)	1,650 (0,290)	2,006 (0,157)
SSFE	-	-	-
SSFAE	0,971 (0,899)	2,023 (0,515)	5,505 (0,019)

*Valor da estatística(p-valor)