

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

MODELOS DE CURVAS DE CRESCIMENTO DE 1 A 119  
DIAS DE CODORNAS DE POSTURA VICAMI 2014

Autora: Eline Maria Finco  
Orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan  
Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simara Márcia Marcato

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Março - 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

MODELOS DE CURVAS DE CRESCIMENTO DE 1 A 119  
DIAS DE CODORNAS DE POSTURA VICAMI 2014

Autora: Eline Maria Finco  
Orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan  
Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Simara Márcia Marcato

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

MARINGÁ  
Estado do Paraná  
Março – 2015

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

F493m Finco, Eline Maria  
Modelos de curvas de crescimento de 1 a 119 dias de codornas de postura vicami 2014 / Eline Maria Finco. -- Maringá, 2015.  
111 f. : il. color., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Claudio Furlan.  
Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Simara Márcia Marcato.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2015

1. Curvas de crescimento - Codornas (*Coturnix coturnix japônica*). 2. Codornas (*Coturnix coturnix japônica*) - Fêmea. 3. Composição química corporal - Codornas. 4. Órgãos viscerais e reprodutivos - Codornas. 5. Peso vivo corporal. I. Furlan, Antônio Claudio, orient. II. Marcato, Simara Márcia, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá... IV. Título.

CDD 21.ed.636.6

MN-001984



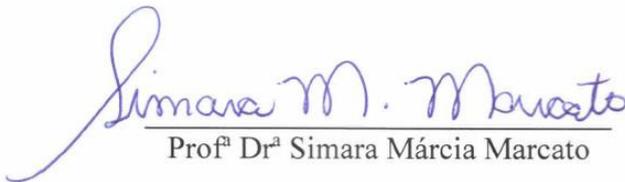
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**MODELOS DE CURVAS DE CRESCIMENTO DE 1 A 119  
DIAS DE CODORNAS DE POSTURA VICAMI 2014**

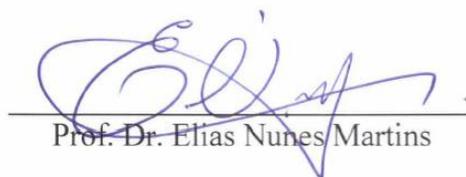
Autora: Eline Maria Finco  
Orientador: Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia - Área de Concentração Produção  
Animal

APROVADA em 09 de março de 2015.

  
Prof.ª Dr.ª Simara Márcia Marcato

  
Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza

  
Prof. Dr. Elias Nunes Martins

*“Desconfie do destino e acredite em você. Gaste mais horas realizando que sonhando, fazendo que planejando, vivendo que esperando, porque, embora quem quase morre esteja vivo, quem quase vive, já morreu.”*

Sarah Westphal

Deus, pelo dom da vida e por me guiar sempre em meus caminhos;

Ao meu pai Edivaldo Finco, que tanto amo e admiro. Sua personalidade e integridade me inspiram, agradeço por abrir mão dos seus sonhos em prol dos meus;

À minha mãe, Maria Helena Finco, obrigada, por muitas vezes acreditar mais em mim do que eu mesma e por sempre estar ao meu lado, apoiando-me em todos os momentos desta caminhada;

Ao meu eterno namorado, Leandro Portilho Alcarria, meu alicerce e pouso seguro, você que me impulsiona a sempre continuar;

Às minhas irmãs, Aline e Alana. Às minhas sobrinhas, Yasmin e Ana Júlia, e meu cunhado Ivan, aos quais tanto amo. Agradeço por estarem sempre presentes em minha vida, me incentivando e dando forças para nunca desistir, além de me proporcionarem a alegria e a convivência em família de que preciso;

## AGRADECIMENTOS

Deus, por me presentear com saúde, oportunidades e força de vontade para vencer;

Ao meu orientador Prof. Dr. Antonio Claudio Furlan, pela oportunidade e confiança depositadas em mim. Agradeço pela paciência e incentivo na elaboração e condução deste trabalho e pela amizade e ensinamentos;

À minha coorientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Simara Marcia Marcato, por acompanhar cada etapa da realização deste trabalho, por suas diretrizes e sugestões sempre acrescentando informações e por estar sempre disposta a ajudar. Sua amizade e compreensão foram muito importantes;

Aos professores e funcionários do Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá, em especial ao Prof. Dr. Robson M. Rossi do Programa de Pós-graduação de Estatística pela contribuição na análise estatística e aos demais por todo conhecimento transmitido, importantes para minha formação profissional e pessoal;

Aos funcionários do Laboratório de Análises de Alimento e Nutrição Animal - LANA-UEM, e aos funcionários da Fazenda Experimental Iguatemi – FEI-UEM, pelo auxílio prestado;

À empresa Vicami, em especial ao senhor Osvaldo por ser essa pessoa acessível, incrível e de “mente aberta” a inovações. Obrigado pelo apoio na realização deste experimento, fornecendo os animais e nos depositando toda sua confiança;

Aos amigos do grupo de pesquisa e aos companheiros da Pós-Graduação: Daiane O. Grieser, Vittor Zancanela, Mariana Zanon, Caroline Stanquevis, Érica Grecco, Taynara,

Mariani, Mateus, Taciana, Priscila, Yohana, Isabela, João Rossato, Naemi, Tsiane, Jocasta, Paulinha e Thami. Obrigada pela amizade, risadas, ensinamentos, “quintas animadas”, pelo grande auxílio e dedicação durante a condução do experimento e pelos infundáveis dias e noites de estudo. Em especial à Daiane Grieser e ao Vittor Zancanela pelos ensinamentos prestados e por auxiliar em minhas dúvidas frequentes e ao Vagner Conselvan, se mostrando muito prestativo e ajudando-me com todo suporte na realização da análise estatística;

À minha mãe, Maria Helena, minhas irmãs, Aline e Alana, e minha sogra Leda, pelas orações, por todo o amor, apoio e incentivo que sempre me deram.

À toda minha família, com muito amor, pessoas essenciais para formação do meu caráter e que são a razão da minha vida;

Ao meu namorado Leandro P. Alcarria, por toda a confiança, amor, carinho e paciência durante esses anos que estamos juntos;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos;

E ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro para realização da pesquisa;

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

## BIOGRAFIA

ELINE MARIA FINCO, filha de Edivaldo Finco e Maria Helena de Campos Finco, nasceu em Maringá, Paraná, no dia 24 de outubro de 1988.

Em Dezembro de 2011, concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá.

Em Março de 2013, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, nível de Mestrado, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, realizando estudos na área de Avicultura.

No dia 09 de Março de 2015, submeteu-se à banca para defesa da Dissertação.

## ÍNDICE

Página	
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xii
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
I - INTRODUÇÃO .....	1
1. Revisão de literatura .....	2
1.1. Coturnicultura de postura ( <i>Coturnix coturnix japonica</i> ).....	2
1.2. Modelos matemáticos na determinação das curvas de crescimento em codornas de postura ( <i>Coturnix coturnix japonica</i> ).....	3
1.3. Modelagem Bayesiana .....	8
1.4. Critério Desvio Informação (DIC) para a avaliação da qualidade de ajuste dos modelos não-lineares.....	10
1.5. Crescimento corporal, de órgãos viscerais e desenvolvimento intestinal em fêmeas de postura .....	10
1.6. Reprodução de aves.....	14
1.7. Crescimento e deposição de nutrientes corporais em codornas de postura.....	18
Referências .....	20

II - OBJETIVOS GERAIS.....	29
III – Ajuste de quatro modelos de crescimento por meio de inferência Bayesiana, no peso e deposição de nutrientes corporais em codornas postura Vicami 2014 .....	30
Resumo.....	30
Abstract .....	32
Introdução.....	33
Material e Métodos.....	34
Resultados .....	40
Discussão.....	48
Conclusão.....	60
Referências .....	61
IV – Inferência Bayesiana na avaliação do crescimento de órgãos utilizando quatro modelos não-lineares para codornas de postura .....	66
Resumo.....	66
Abstract .....	68
Introdução.....	69
Material e Métodos.....	70
Resultados .....	76
Discussão.....	90
Conclusão.....	103
Referências .....	103
V – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	111

## LISTA DE TABELAS

	Página
Capítulo I	
Tabela 1. Média semanal da temperatura e umidade durante a fase de cria e recria dentro e fora dos boxes .....	35
Tabela 2. Média semanal da temperatura e umidade durante a fase de postura dentro e fora dos boxes .....	36
Tabela 3. Composição centesimal, química e energética da ração para codornas de postura na fase de cria e recria (1 a 42 dias de idade) e para a fase de postura (43 a 119 dias de idade) .....	37
Tabela 4. Estimativas dos parâmetros das curvas de crescimento para o peso vivo de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana .....	41
Tabela 5. Comparações entre diferentes modelos de crescimento para peso vivo através do DIC para codornas de postura Vicami 2014 .....	42
Tabela 6. Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz por inferência Bayesiana para a composição corporal (gordura, proteína bruta, cinzas e água) de codornas de postura (Vicami 2014) .....	43
Tabela 7. Estimativas dos parâmetros da equação de Brody por inferência Bayesiana para a composição corporal (gordura, proteína bruta, cinzas e água) de codornas de postura (Vicami 2014) .....	44
Tabela 8. Estimativas dos parâmetros da equação de Logístico por inferência Bayesiana para a composição corporal (gordura, proteína bruta, cinzas e água) de codornas de postura (Vicami 2014) .....	45
Tabela 9. Estimativas dos parâmetros da equação de Von Bertalanffy por inferência Bayesiana para a composição corporal (gordura, proteína bruta, cinzas e água) de codornas de postura (Vicami 2014) .....	46

Tabela 10. Comparações entre diferentes modelos de crescimento através do DIC para componentes corporais em codornas de postura Vicami 2014..... 47

Tabela 11. Pesos observados e pesos estimados para os quatro modelos de crescimento de um a 119 dias de idade ..... 48

## Capítulo II

Tabela 1. Média semanal da temperatura e umidade durante a fase de cria e recria dentro e fora dos boxes ..... 71

Tabela 2. Média semanal da temperatura e umidade durante a fase de postura dentro e fora dos boxes ..... 72

Tabela 3. Composição centesimal, química e energética da ração para codornas de postura na fase de cria e recria (1 a 42 dias de idade) e para a fase de postura (43 a 119 dias de idade) ..... 73

Tabela 4. Estimativas dos parâmetros do modelo Gompertz para peso de órgãos viscerais de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana ..... 76

Tabela 5. Estimativas dos parâmetros do modelo Brody para peso de órgãos viscerais de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana ..... 77

Tabela 6. Estimativas dos parâmetros do modelo Logístico para peso de órgãos viscerais de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana ..... 78

Tabela 7. Estimativas dos parâmetros do modelo Von Bertalanffy para peso de órgãos viscerais de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana ..... 79

Tabela 8. Comparações entre diferentes modelos de crescimento através do DIC para órgãos viscerais em codornas de postura Vicami 2014 ..... 81

Tabela 9. Valores médios de peso vivo e de órgãos viscerais em codornas de postura Vicami 2014..... 82

Tabela 10. Estimativas dos parâmetros do modelo Gompertz para peso de órgãos reprodutivos de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana..... 83

Tabela 11. Estimativas dos parâmetros do modelo Brody para peso de órgãos reprodutivos de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana ..... 84

Tabela 12. Estimativas dos parâmetros do modelo Logístico para peso de órgãos reprodutivos de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana ..... 85

Tabela 13. Estimativas dos parâmetros do modelo Von Bertalanffy para peso de órgãos reprodutivos de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana ..... 86

Tabela 14. Comparações entre diferentes modelos de crescimento através do DIC para órgãos reprodutivos em codornas de postura Vicami 2014..... 87

Tabela 15. Pesos observados e pesos estimados pelo modelo de crescimento Gompertz de 28 a 119 dias de idade em codornas de postura Vicami 2014 ..... 89

## LISTA DE FIGURAS

	Página
I – INTRODUÇÃO	
Figura 1. Folículos e segmentos do oviduto .....	18

## RESUMO

Foram conduzidos experimentos com o objetivo de determinar os parâmetros das curvas e o modelo matemático mais adequado para a simulação do crescimento corporal, de órgãos viscerais e reprodutivos e a deposição de nutrientes corporais em fêmeas de postura (*Coturnix coturnix japonica*) Vicami 2014, sendo comparadas quatro equações não lineares (Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy) obtidas por meio de inferência Bayesiana. Foram utilizadas 1200 codornas, de 1 a 119 dias de idade, criadas na fase de cria e recria (1 a 42 dias) em galpão e alojadas em boxes. Na fase de produção (após 42 dias), as codornas foram transferidas para o galpão de postura e alojadas em gaiolas de postura individuais, sendo submetidas a um programa de luz. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com cinco repetições e 240 codornas por repetição na fase de cria e recria. Na fase de postura, foram usadas cinco repetições com 100 codornas por repetição. As aves foram alimentadas à vontade, com dieta basal formulada para atender às exigências nutricionais. Em um 1º experimento, foi avaliado semanalmente o crescimento corporal das codornas e a deposição química dos nutrientes. Os dados foram coletados e foram ajustadas quatro equações não lineares (Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy) por meio de inferência Bayesiana. O ponto de inflexão foi determinado por meio da 1ª e 2ª derivada da equação de Gompertz para peso corporal e gordura, proteína, cinzas e água corporal. Com base no Critério Desvio Informação (DIC), todos os modelos apresentaram bom ajustamento aos dados, observando que para cada conjunto de dados existe um modelo que melhor se ajusta, e que o modelo Von Bertalanffy se mostrou muito versátil, não obtendo boa qualidade de ajuste de dados somente para a gordura. No 2º experimento foi avaliado o crescimento dos órgãos (fígado, moela, coração e intestino delgado e

grosso) e o comprimento do intestino delgado a cada três dias, até o período de 15 dias de idade, e após esse período a avaliação foi semanal até 42 dias, sendo somente o crescimento do fígado avaliado semanalmente até 119 dias de idade. Os órgãos reprodutivos foram avaliados no período de 28 a 119 dias de idade (ovário e oviduto) e os componentes do oviduto dos 49 aos 119 dias de idade. A partir dos dados coletados foram ajustadas quatro curvas de crescimento (Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy) por meio de inferência Bayesiana. O ponto de inflexão foi determinado por meio da 1ª e 2ª derivada da equação de Gompertz para todos os órgãos. Com base no Critério Desvio Informação (DIC), todos os modelos apresentaram bom ajustamento aos dados de peso de órgãos, observando-se que para cada conjunto de dados existe um modelo que possui melhor qualidade de ajuste. O modelo Von Bertalanffy mostrou-se mais uma vez versátil para representar o crescimento de órgãos viscerais e reprodutivos, tornando-se uma alternativa adequada para algumas situações. O modelo Brody obteve a maior quantidade de conjunto de dados ajustados e, de modo geral, o modelo Gompertz mostrou-se um dos mais adequados, pois além de possuir características desejáveis e adequada interpretação biológica, não se ajustou somente para algumas situações. Estes modelos estimaram adequadamente os pesos corporais e o modelo de Gompertz, o peso de órgãos reprodutivos em determinadas idades, tornando possível serem utilizados por empresas, produtores e nutricionistas, para determinar o crescimento corporal, de órgãos e a elaboração de programas nutricionais de acordo com a fase das codornas de postura.

**Palavras-chave:** desenvolvimento, modelos não-lineares, peso à maturidade, qualidade de ajuste, taxa de maturidade

## ABSTRACT

Experiments were conducted in order to determine the parameters of the curves and the mathematical model more suitable for the simulation of body growth, visceral organs and reproductive and the body nutrients depositions in laying females (*Coturnix coturnix japonica*) Vicami 2014 , being compared four non-linear equations (Gompertz, Brody, Logistic and Von Bertalanffy) obtained by Bayesian inference. 1200 quails from 1 to 119 days old, were created in the growing and recreating phases (1 to 42 days) in the shed and housed in pens. In the laying phase (after 42 days) quails were transferred to the laying house, housed in individual laying cages and subjected to a lighting program. The experimental design was completely randomized with five replicates and 240 quails per repetition during the growing and recreating phases. In the laying period five replications with 100 quails per repetition were used. Birds were full fed with basal diet formulated to meet the nutritional requirements. In a 1<sup>st</sup> experiment the body weight of the quails and the chemical deposition of nutrients were weekly evaluated, the data were collected and were adjusted four non-linear equations (Gompertz, Brody, Logistic and Von Bertalanffy) using Bayesian inference. The inflection point was determined by the 1<sup>a</sup> and 2<sup>a</sup> derivative of the Gompertz equation for body weight and fat, protein, ash and water body. Based on Deviation Information Criterion (DIC) all models showed good fit to the data, noting that for each set of data there is a model that best fits and the Von Bertalanffy proved to be very versatile, not getting good quality adjustment only for fat. In the 2<sup>nd</sup> experiment the organs growth (liver, gizzard, heart, small intestine and tick) were evaluated and length of the small intestine was evaluated every three days until 15 days old and after this period evaluation was performed weekly up to 42 days, and only the liver growth was measured weekly up to 119 days old. The

reproductive organs were evaluate from 28 to 119 days old (ovary and oviduct) and oviduct components from 49 to 119 days old. The collected data were adjusted four growth curves (Gompertz, Brody, Logistic and Von Bertalanffy) using Bayesian inference. The inflection point was determined by the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> derivative of the Gompertz equation for all organs. Based on Deviation Information Criterion (DIC) all models showed good fit to organ weight data, noting that for each set of data there is a model which has better quality setting. The Von Bertalanffy model proved again to be versatile to represent the growth of gut and reproductive organs, making it a suitable alternative for some situations. The Brody model had the highest amount of adjusted data sets, and in general, the Gompertz model was one of the most appropriate, as well as having desirable characteristics and adequate biological interpretation, did not fit only for some situations. These models adequately estimated body weights, and the Gompertz model estimated the weight of reproductive organs at certain ages, making it possible to be used by companies, producers and nutritionists to determine the body and viscera growth, and the development of nutrition programs according to the stage of quail posture.

**Keywords:** development, nonlinear models, weight at maturity, adjust quality, maturity rate

## I – INTRODUÇÃO

A coturnicultura é uma alternativa para a alimentação humana, tendo como principais produtos a carne e o ovo de alta qualidade que possuem sabor incomparável, conquistando novos consumidores (Jácome et al., 2012).

A criação de codornas tem-se apresentado como uma atividade estável, rentável e com perspectivas de crescimento para o futuro (Pastore et al., 2012). Diversas características contribuem para esse crescimento. As codornas são animais que permitem alta densidade na criação, custo reduzido com mão-de-obra, resistentes a diversas doenças que acometem os galináceos, resistentes a altas temperaturas, alta prolificidade, rusticidade, precocidade (maturidade sexual aos 40-45 dias), alta taxa de ganho de peso, longa vida produtiva (aproximadamente 18 meses), porém podem ter seu desempenho reduzido aos 6 meses, produzindo 23-25 ovos / mês, totalizando aproximadamente 300 ovos / ano, e a criação possibilita rápido retorno do capital investido, o que torna a codorna um animal interessante tanto para a pesquisa, quanto para a produção (Pinto et al., 2002; Souza-Soares e Siewerdt, 2005; Araújo et al., 2007; Carneiro, 2011; Grieser, 2012).

Com o crescimento do setor ao longo dos anos, observou-se um aumento no consumo de ovos, investimento em tecnologias, a existência de possibilidades concretas de exportação e a criação de programas de melhoramento genético. Com isso, acredita-se que em 2020 estarão alojadas mais de 36 milhões de codornas, permitindo um consumo de 30 ovos de codorna/*per capita*/ano (Bertechini, 2010).

Devido este importante aprimoramento, torna-se necessário o conhecimento do desenvolvimento da espécie, com o objetivo de avanços na seleção das aves e

exigências nutricionais, melhorias em seu desempenho e na produção e, para tal, são utilizados modelos de crescimento. A utilização de modelos matemáticos de crescimento na produção animal é extremamente importante, pois os dados contidos em uma sequência de pontos, fornecidos por coordenadas de peso e tempo, resumem as informações em relativamente poucos parâmetros biológicos, facilitando a comparação da eficiência de crescimento entre espécies, raças, linhagens ou híbridos.

Ao descrever o crescimento através de modelos matemáticos, uma das principais vantagens é a possibilidade de estimar o peso vivo a uma idade específica e concentrar informações (taxa de ganho diário, tamanho à maturidade, conversão alimentar, entre outros) de uma população em poucos parâmetros que são facilmente interpretáveis biologicamente, os quais possibilitam ao criador e à indústria condições para decidir sobre o manejo, alimentação e seleção dessas aves (Freitas et al., 1983).

De acordo com Gous et al. (1999) o primeiro passo para elaborar modelos que descrevem o crescimento é descrever o crescimento das aves. Estes modelos são capazes de prever as exigências nutricionais das mesmas e determinar em que diferentes condições ambientais e programas nutricionais podem influenciar na performance destas aves.

Desta forma, é muito importante a obtenção constante de informações sobre o desenvolvimento de codornas de diferentes linhagens visto que, com o passar dos anos as aves vão sofrendo mudanças devido ao melhoramento genético que resultam em mudanças no seu crescimento, tornando-se necessária a elaboração de novas e diferentes curvas, que descrevam melhor o crescimento da suposta linhagem (Marcato et al., 2008).

O objetivo deste trabalho foi estimar o crescimento de órgãos viscerais e reprodutivos, crescimento corporal e de seus componentes químicos, por meio de quatro modelos não lineares (Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy) ajustados por procedimento Bayesiano e determinar qual modelo possui melhor qualidade de ajuste para descrever o peso corporal ao longo do tempo.

## **1. Revisão de literatura**

### **1.1. Coturnicultura de postura (*Coturnix coturnix japonica*)**

As codornas têm origem no norte da África, da Europa e da Ásia. Pertencem à família dos Fasianídeos (*Fasianidae*) e da sub-família dos *Perdicinidae*, portanto, são da mesma família de algumas aves como perdizes e galinhas (Pinto et al., 2002;

Flauzina, 2007). Inicialmente foram criadas na China e Coreia e, em seguida no Japão, pois as pessoas apreciavam o canto melodioso dos machos. Em 1910 os japoneses cruzaram codornas europeias e espécies selvagens, desenvolvendo a espécie *Coturnix coturnix japonica*, linhagem de baixo peso que passou a ser direcionada para a produção de carne e ovos. No ano de 1959 a codorna foi introduzida no Brasil por imigrantes, e a produção de ovos em escala comercial teve início em São Paulo em 1960 (Souza-Soares e Siewerdt, 2005). Posteriormente (1963), houve um aumento na procura e no consumo de ovos pela população, influenciados pela canção “ovo de codorna”, interpretada por Luiz Gonzaga (Pastore et al., 2012; Almeida et al., 2013).

O efetivo de codornas em 2010 foi de 13.070.912 aves e no ano seguinte ultrapassou 15,5 milhões de aves, registrando um aumento de 19,8% em relação ao ano anterior (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE). A região Sudeste possui a maior concentração de codornas independentemente da finalidade, e detém cerca de 80,5% da produção nacional de aves e 66,2% da produção nacional de ovos (IBGE, 2011). Essa região apresentou um crescimento de 214,2% no número de codornas entre os anos de 2002 e 2011, além de um crescimento de 234,7% relacionado à produção de ovos.

São Paulo é o Estado com maior efetivo de codornas e, em 2009, obteve a maior produção de ovos (59,3%). Essa grande produção de ovos aliada à grande quantidade de aves, permite concluir que a maioria das codornas ali concentradas, são destinadas à produção de ovos (Pastore et al., 2012; Almeida et al., 2013).

O Brasil é o segundo maior produtor mundial em ovos de codorna e o quinto maior produtor de carne (Silva et al., 2012) e a sub-espécie mais difundida no país é a *Coturnix coturnix japonica*, uma linhagem de baixo peso corporal com finalidade de produzir ovos para consumo (Rezende et al., 2004).

As codornas japonesas criadas no Brasil apresentam pequeno porte, comportamento agitado, peso médio de aproximadamente 100-180g e possuem coloração castanha. Os machos apresentam uma pigmentação avermelhada nas penas do peito e as fêmeas manchas escuras (carijó). Geralmente aos 15 dias de idade esse dimorfismo sexual é evidente, quando inicia o desenvolvimento das penas no peito, permitindo a facilidade na sexagem (Lima, 2011).

## **1.2. Modelos matemáticos na determinação das curvas de crescimento em codornas de postura (*Coturnix coturnix japonica*)**

É necessário o estudo do desenvolvimento das partes e dos órgãos para que se conheça o potencial de crescimento da ave. Isto pode ser obtido por meio da elaboração de curvas de crescimento (Marcato, 2007).

As curvas de crescimento na produção animal relacionam os pesos ( $y$ ) e as idades ( $t$ ) dos animais, por meio de modelos não-lineares e se caracterizam por medidas repetidas ao longo do tempo. Geralmente possuem formato sigmóide e podem ser empíricas ou mecánísticas. Quando empíricas, os dados são descritos conforme observados e mecánísticas pelo método de obtenção de dados (Freitas, 2005). As curvas ainda revelam mudanças não lineares no corpo ou no peso de órgãos dependentes do tempo (Narinc et al., 2010).

Cada animal possui uma curva de crescimento intrínseca, que pode ser observada em um ambiente sem limitações. Portanto, para estimar uma curva de crescimento para determinada linhagem e sexo, é necessário fornecer condições ideais ou não limitantes para o desenvolvimento da ave, para que seja expresso o máximo do seu potencial genético (Gous et al., 1999).

O sexo e a linhagem diferem em peso à maturidade, composição corporal e taxa de deposição dos nutrientes corporais, e são estes fatores que afetam as características da curva de crescimento (Gous et al., 1999). De acordo com Oliveira et al. (2008) a linhagem e o sexo alteram a forma da curva de crescimento em codornas de corte.

As curvas de crescimento refletem as inter-relações entre o indivíduo crescer e amadurecer as partes do corpo, e o ambiente em que isto é expresso. O ambiente é constituído pelo nível de produtividade, a qualidade e quantidade na alimentação e o esforço do animal em obter, consumir e digerir o alimento. Em um organismo, componentes como células, tecidos, órgãos ou todo corpo seguem um crescimento padrão, influenciados pelo ambiente em que se expressam (Fitzhugh Jr. & Taylor, 1976).

A utilização de modelos de crescimento apresenta algumas vantagens, tais como: resumem em poucos parâmetros o conjunto de dados de crescimento, permitem o estudo do perfil das respostas do tratamento com o tempo; a análise da grande quantidade de dados não é feita de forma isolada; a associação do parâmetro  $K$  (índice de maturidade) com o  $A$  (peso à maturidade) permite identificar os animais mais jovens e mais pesados em determinada população; os parâmetros encontrados descrevem adequadamente o crescimento e permitem inclusive prever o peso e a idade que irá ocorrer o ponto de inflexão, ou seja quando a taxa de crescimento irá desacelerar (Freitas, 2005).

Existem várias funções que descrevem essa relação de peso em função do tempo, como a de Gompertz, Brody, Richards, Von Bertalanffy, Logístico e Weibbul entre outras (Tedeschi et al., 2000). Entre estas funções, a mais utilizada para aves é a equação descrita por Gompertz (Fialho, 1999; Sakomura et al., 2005). Porém dependendo do conjunto de dados outras equações matemáticas podem possuir melhor ajuste, portanto deve-se usar a equação que melhor represente o comportamento de crescimento no animal, órgão, partes e deposição de nutrientes corporais.

Existem três itens que devem ser considerados quanto à escolha de uma curva de crescimento que melhor se ajuste à situação: a capacidade de interpretação biológica dos parâmetros, ou seja, entender as inter-relações entre genética e ambiente que geraram um padrão particular. Verificar se o ajuste é de qualidade, possibilitando redução nos desvios dos dados observados e os dados estimados, e o grau de dificuldade computacional que o modelo apresenta, de acordo com as características do conjunto de dados e a função escolhida (Fitzhugh Jr. & Taylor, 1976; Grieser, 2012).

Knízetová et al. (1991) utilizaram a equação de Richards, para descrever o crescimento de nove linhagens de frango de corte, concluindo que esta equação é tão eficiente como a de Gompertz para seus dados. A precisão de ajuste da curva, medida pelo coeficiente de determinação ( $R^2$ ) foi melhor para os machos (0,9986 - 0,9995) que para as fêmeas (0,9972 - 0,9988).

Drumond et al. (2013), avaliando modelos não lineares para descrever o crescimento de codornas de corte (machos e fêmeas) do nascimento aos 42 dia de idade, concluíram que dos cinco modelos utilizados e ajustados ao conjunto de dados (Brody, Von Bertalanffy, Richards, Logístico e Gompertz), somente o modelo de Richards não apresentou convergência para machos e fêmeas.

### 1.2.1. Modelo Gompertz

A curva de Gompertz é uma função usada para descrever o crescimento de animais, tecidos e órgãos (Fialho, 1999). Abaixo a curva mencionada:

$$y_i = f(t_i) = \beta_1 \exp(-\beta_2 \exp(-\beta_3 t_i))$$

Em que:  $y_i$  = peso corporal (g) ou do órgão da ave (g) ao tempo  $t_i$ ;  $\beta_1$  = peso (g) à maturidade do animal;  $\beta_2$  = é uma constante que está relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade;  $t_i$  = tempo (dias).

A função de Gompertz possui propriedades desejáveis em uma curva de crescimento. A função admite que a massa corporal inicial é maior que zero, ou seja considera que o animal já nasce com algum peso. A massa corporal atinge um valor máximo, dado pelo parâmetro  $\beta_1$  da função. Na teoria esse valor será alcançado após um tempo infinito, mas ele pode ser extrapolado a partir de dados experimentais (Fialho, 1999).

Nesta curva, a taxa de crescimento é máxima no ponto de inflexão e as características da curva de Gompertz giram em torno deste ponto (Fialho, 1999). De acordo com Tholon & Queiroz (2007), o ponto de inflexão da curva de Gompertz tende a um, e se ajusta bem em informações de peso quando o ponto de inflexão ocorre logo no início, quando cerca de 35 a 40% da curva é alcançada.

O modelo de Gompertz é um tipo de modelo matemático para uma série temporal, em que o crescimento é mais lento no início e no final do período de tempo avaliado. Atualmente tem sido muito utilizado por autores como uma curva de crescimento para estudos biológicos e econômicos (Campos, 2011).

Os parâmetros da função de Gompertz têm significado biológico, o que a torna relevante. Podem-se obter informações importantes sobre o crescimento do animal, apenas interpretando esses parâmetros. Portanto, a equação de Gompertz deve ser usada sempre que se analisam curvas de crescimento (Fialho, 1999).

Oliveira et al. (2008), em experimento com duas linhagens de codornas de corte de ambos os sexos, utilizaram a equação de Gompertz que explicou 97% da variação dos dados de peso e idade, sendo recomendada para ajuste dos dados de peso corporal médio no transcorrer do tempo.

Narinc et al. (2010) observaram, ao analisarem várias funções não-lineares que a equação de Gompertz foi a que melhor se ajustou para descrever o crescimento de codornas japonesas com coeficiente de determinação 0,99997.

### **1.2.2. Modelo Brody**

O modelo proposto por Brody (1945) compreende duas fases, em que, a primeira é exponencialmente crescente (fase de aceleração) e a segunda decrescente (fase de auto-inibição) (Tholon & Queiroz, 2007).

De acordo com Forni (2007) esse modelo foi proposto para descrever a fase de auto-inibição do crescimento, sendo muito utilizado em estudos com bovinos de corte

que nascem com desenvolvimento fisiológico bastante avançado quando comparados a outras espécies, como se já tivessem superado a fase de aceleração.

O modelo de Brody não possui ponto de inflexão, porém seu máximo crescimento ocorre quando os dois segmentos se juntam e atingem um terço do peso à maturidade (Tholon & Queiroz, 2007). Abaixo o modelo mencionado:

$$y_i = \beta_1 (1 - \beta_2 \exp(-\beta_3 t_i))$$

Em que:  $y_i$  = peso corporal (g) ou do órgão da ave (g) ao tempo  $t_i$ ;  $\beta_1$  = peso (g) à maturidade do animal;  $\beta_2$  = é uma constante que está relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade;  $t_i$  = tempo (dias).

### 1.2.3. Modelo Logístico

Verhulst (1938) utilizou a curva Logístico para expressar o crescimento populacional humano. O modelo logístico é representado graficamente por uma curva sigmoideal, sendo que este modelo possui um ponto de inflexão fixo (Borges, 2008), entre 41-44% do peso à maturidade (Santos, 2008).

Esse modelo descreve o processo de crescimento natural em qualquer sistema, nos quais correspondem o crescimento populacional, de animais, plantas entre outros (Campos, 2011). Abaixo o modelo mencionado:

$$y_i = \beta_1 / (1 + \exp(\beta_2 - \beta_3 t_i))$$

Em que:  $y_i$  = peso corporal (g) ou do órgão da ave (g) ao tempo  $t_i$ ;  $\beta_1$  = peso (g) à maturidade do animal;  $\beta_2$  = é uma constante que está relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade;  $t_i$  = tempo (dias).

### 1.2.4. Modelo Von Bertalanffy

O modelo de Von Bertalanffy (1957) parte do princípio de que a taxa de crescimento diminui à medida que o animal aumenta de tamanho, e este decréscimo é linear, ou seja, a taxa de crescimento é proporcional ao comprimento que falta para atingir um comprimento máximo assintótico (Borges, 2008).

Bertalanffy desenvolveu a função baseando-se na hipótese de que o crescimento é a diferença entre as taxas de anabolismo e catabolismo dos tecidos (Forni, 2007). O ponto

de inflexão na equação está localizado em aproximadamente 30% do último peso medido ou peso à maturidade (Tholon & Queiroz, 2007; Campos, 2011). Abaixo o modelo mencionado:

$$y_i = \beta_1 * \text{pow}(1 - \beta_2 * \exp(-\beta_3 t_i))^3$$

Em que:  $y_i$  = peso corporal (g) ou do órgão da ave (g) ao tempo  $t_i$ ;  $\beta_1$  = peso (g) à maturidade do animal;  $\beta_2$  = é uma constante que está relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade;  $t_i$  = tempo (dias); pow = eleva algo ao expoente (cubo).

### 1.3. Modelagem Bayesiana

Nos trabalhos de descrição do crescimento utilizam-se modelos com diferentes equações (Gompertz, Brody, Logístico, Von Bertalanffy, Richards, etc). Usualmente tem-se utilizado métodos frequentistas como metodologia de análise. No entanto, na busca por novas metodologias que permitam interpretações mais acuradas dos dados em diferentes situações experimentais e que sejam coerentes com a realidade biológica, chegou-se à modelagem Bayesiana que se apresenta de forma elegante, permitindo uma análise mais requintada, além de possuir algumas características importantes e vantagens quando comparada aos resultados frequentistas, sendo uma metodologia alternativa menos trabalhosa em relação à frequentista (Rossi, 2011).

Atualmente o uso de modelagem Bayesiana tem sido incrementada na comunidade científica e devido aos avanços computacionais vem se tornando mais aplicável nas análises (Mendes, 2011).

O uso da modelagem Bayesiana permite estimativas dos parâmetros das curvas de crescimento mais acuradas, podendo ser utilizada em diferentes espécies. De acordo com Mendoza (1990) as estimativas obtidas em ensaios biológicos por análises clássicas têm-se mostrado bastante controversas.

Os métodos Bayesianos possibilitam a obtenção de estimativas pontuais e intervalos de credibilidade para as distribuições *a posteriori* dos parâmetros, sem aproximações ou uso de pressuposições de normalidade, além do que, permite incorporar informações, representando uma vantagem sobre os métodos frequentistas (Winter et al., 2006).

Guedes et al. (2005) avaliando a curva de crescimento de cordeiros da raça Santa Inês, utilizaram a análise Bayesiana e concluíram que a metodologia foi precisa e produziu estimativas confiáveis, permitindo ainda a confecção de intervalos de credibilidade para as taxas de crescimento absolutas.

Na inferência estatística, realizar inferência sobre os parâmetros de um modelo é um dos principais objetivos. Na inferência Bayesiana é necessário os dados amostrais e modelar uma função densidade de probabilidade *a priori*. Esta função combinada com a função de verossimilhança dos dados, utilizando o teorema de Bayes, permite obter a função densidade de probabilidade *a posteriori*. As distribuições *a priori* podem ser classificadas como *priori* informativa e não informativa. A *priori* informativa é caracterizada pela existência de uma informação a respeito do parâmetro, geralmente considera-se uma *priori* não informativa, como a *priori* de Jeffreys (Amaral, 2008).

Mesmo quando a *priori* não é informativa a abordagem Bayesiana têm proporcionado melhores resultados. Existem diversos softwares nos quais, esta abordagem é de fácil implementação e fácil obtenção de amostras *a posteriori*. Os softwares OpenBUGS, WinBUGS, JAGS e R são bastante simples de serem usados, sendo necessário apenas que o usuário escreva o modelo, as *prioris* (informativa ou não) e os pontos iniciais das cadeias (chutes), o restante é realizado internamente (Campos, 2011).

Estes softwares possuem rotinas próprias já implementadas para aplicação do Método de Monte Carlo via Cadeias de Markov (MCMC). No programa R Development Core Team (2009), existe o pacote BRugs, que simula o processo MCMC via amostrador Gibbs em várias classes de modelos. Uma vantagem é que na linguagem BUGS os procedimentos para as gerações das cadeias de Markov já estão prontos (Campos, 2011).

Para aplicação do método MCMC, é necessário não só saber se a cadeia convergirá, mas também quando isto irá acontecer, pois em alguns casos esse processo é muito demorado. É necessária a verificação da convergência da cadeia pelo pacote CODA do programa R, para a validade do estudo (Falcão et al., 2004).

Vale lembrar que na inferência Bayesiana existem diversas parametrizações para os modelos, que vão de encontro à necessidade do pesquisador. É importante ressaltar que embora em diferentes modelos as letras coincidam, existem variações quanto às suas interpretações e comparações em alguns casos podem estar equivocadas. A interpretação dos parâmetros pode ser direta, porém em algumas situações é necessária

a dedução da equação para compreensão exata de sua relação com a fisiologia envolvida, na qual associações biológicas podem ser feitas (Forni, 2007). Nos diferentes modelos, o parâmetro  $\beta_1$  é o único cujas estimativas podem ser comparadas.

Neste estudo, fez-se a parametrização dos modelos de modo que as quatro equações (Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy) pudessem fornecer os mesmos parâmetros, obtendo-se as mesmas letras em ambas as equações, com a finalidade de comparação.

#### **1.4. Critério desvio informação (DIC) para avaliação da qualidade de ajuste dos modelos não-lineares**

O Critério Desvio-Informação (DIC) é uma forma de seleção do modelo que melhor se ajusta ao conjunto de dados, mede a qualidade do ajuste do modelo aos dados. Este critério é usado quando amostras da distribuição a posteriori dos parâmetros dos modelos foram obtidas por simulação do processo MCMC. Os melhores modelos são indicados quando se obtém menores valores para DIC, inclusive esses valores podem ser negativos (Amaral, 2008).

De acordo com Rossi (2011) este critério mede a complexidade do modelo, no qual modelos com menores valores de DIC podem ser considerados mais adequados, devido apresentarem um ajuste mais ponderado pelo grau de complexidade.

#### **1.5. Crescimento corporal, de órgãos viscerais e desenvolvimento intestinal em fêmeas de postura**

Durante os primeiros dias de vida após a eclosão, o crescimento de frangos de corte é muito importante para o desempenho final dessas aves. Durante a primeira semana de vida o crescimento alométrico é máximo e o pintainho multiplica seu peso corporal inicial de quatro a cinco vezes (Mateos et al., 2004).

As codornas japonesas também se mostram muito eficientes com relação a seu crescimento inicial, apresentam elevada taxa de crescimento no final da primeira semana, necessitam de quatro dias para atingirem o dobro de seu peso corporal, aos oito dias triplicam esse valor e aos 28 dias de idade possuem sete vezes seu peso inicial (Oliveira, 2002; Oguchi et al., 1998).

Na fase de cria e recria (1 a 42 dias), sabe-se que as aves aumentam até sete vezes o peso inicial, em função da hipertrofia dos músculos peitorais, crescimento dos ossos e

vísceras. Próximo à maturidade sexual, o crescimento é influenciado pela formação de reservas de gordura nas vísceras, fígado, ovário e oviduto (Silva & Ribeiro, 2001).

Desta forma, o conhecimento dos fatores que determinam o crescimento e desenvolvimento dos tecidos e órgãos nas aves é de suma importância para adequação de programas de manejo nutricional, de melhoramento e ambiência (Artoni et al., 2014). Também apresentam grande importância para adequar os melhores manejos de criação e determinar a melhor época de abate ou produção de ovos.

### **1.5.1. Desenvolvimento de órgãos**

#### **1.5.1.1. Moela**

A digestão nas aves se inicia no proventrículo (síntese e liberação de secreções gástricas) e tem continuidade na moela, como resultado das secreções do proventrículo (Boaro et al., 2009).

Em granjas comerciais, devido ao fornecimento de ração farelada e/ou peletizada, ocorre uma diminuição no gasto de energia pela musculatura da moela no processo de moagem, reduzindo o tempo de permanência do alimento no órgão e consecutivamente acelerando a digestão (Boleli et al., 2002). Assim, devido à forma de apresentação da ração, ocorre uma fácil trituração e absorção do alimento pela ave, com isso as linhagens de codornas de postura modernas não possuem a musculatura da moela tão desenvolvida (Flauzina, 2007).

O trabalho mecânico da moela permite o aumento de sua massa muscular, que está relacionada ao aumento do seu tamanho (Ribeiro et al., 2002) e o aumento do tamanho da moela nas codornas está relacionado à capacidade de ingestão e digestão do alimento pelo animal (Lilja et al., 1985).

Flauzina (2007), observando a taxa de crescimento de cada órgão encontrou que a moela foi o órgão com maior crescimento, em média de 0,0887 g/dia para codornas de postura. Grieser (2012) obteve taxas de crescimento maiores para a moela, em machos e fêmeas de codornas de postura da linhagem amarela (0,104g/dia e 0,128g/dia) e vermelha (0,113 g/dia e 0,120 g/dia), utilizando metodologia frequentista na análise dos dados.

#### **1.5.1.2. Intestino delgado**

O intestino delgado é a maior porção do trato digestivo das aves, juntamente com o intestino grosso é responsável pela digestão final do alimento e absorção dos nutrientes

estruturais e energéticos importantes para a manutenção e crescimento das aves. Essa região divide-se em duodeno, jejuno e íleo (Thimotheo et al., 2013).

A estruturação do intestino depende das funções que serão desempenhadas ao longo da digestão do alimento. O duodeno consiste na alça intestinal após o proventrículo, nesse segmento ocorre a secreção da bile e do suco pancreático responsáveis pela digestão do quimo (Boaro, 2009).

O jejuno se dispõe em várias alças intestinais, que tem sua formação finalizada no quarto final do desenvolvimento *in ovo*. Essa porção intestinal encontra-se ligada ao saco vitelino durante todo o desenvolvimento embrionário, pois o saco vitelino fornece os nutrientes necessários para desenvolvimento da mucosa, e mesmo na eclosão o intestino continua ligado a esse anexo embrionário. O saco de vitelo em galinhas e frangos é absorvido até sete dias após a eclosão, porém, é aconselhável o alojamento e a alimentação imediata aos pintainhos, para estimular o desenvolvimento da mucosa intestinal. Após sua completa absorção o divertículo de Meckel permanece ligado ao jejuno. Com relação à digestão e absorção intestinal, esse segmento é considerado um sítio ativo de absorção. O íleo é a menor porção e termina na região ceco-cólon, sendo considerado um sítio ativo de absorção e reabsorção (Boleli et al., 2002; Artoni et al., 2014).

O intestino grosso compreende: os cecos, cólon e cloaca (reto) (Boaro, 2009). As aves possuem os cecos como estruturas pares, porém em algumas espécies podem ser ímpares e rudimentares, ou mesmo inexistentes em aves carnívoras e alguns psitacídeos. O cólon e a cloaca estão envolvidos na retenção de água e eletrólitos (Boleli et al., 2002; Artoni et al., 2014).

Nas primeiras semanas de vida, logo após a eclosão, a superfície absorptiva do intestino delgado se desenvolve intensamente, fato de suma importância para que o animal tenha pleno aproveitamento dos nutrientes da dieta (Flauzina, 2007). Ao fornecer a dieta, a presença do alimento no trato digestivo favorece o desenvolvimento dessa superfície absorptiva. Nessa fase, ocorrem mudanças na morfologia, função e tamanho do intestino, que atinge seu pico de crescimento entre o 8º e 10º dia, sendo esse crescimento quatro vezes maior que o crescimento corporal (Rezende et al., 2004).

Devido a todos estes fatores, conclui-se que é muito importante o fornecimento da ração logo após a eclosão, para não prejudicar o desenvolvimento intestinal. Estudos mostram que animais que permanecem muito tempo em jejum após a eclosão têm seu desenvolvimento intestinal atrasado (Noy e Sklan, 1999; Flauzina, 2007).

Porém, em algumas operações comerciais, os pintos permanecem sem alimentação por mais de 36 horas após o nascimento, devido a diversos procedimentos como manejo inicial, transporte até as propriedades e o próprio alojamento. Visto que o saco vitelino não possui uma adequada reserva de nutrientes, (contém menos de 1g de triglicerídeos) é de fundamental importância que a ave recém-nascida tenha rápido acesso à água e ao alimento, pois este rápido acesso estimula a capacidade de absorção de nutrientes pelo intestino, assim como melhora a integridade intestinal e como consequência a ave apresentará melhor desempenho (Mateos et al., 2004; Flauzina, 2007).

Concordando com o desenvolvimento intestinal e de seus segmentos, UNI et al. (1999) observaram em um estudo que o crescimento do duodeno ocorre antes do que o crescimento de jejuno e íleo. Verificou-se também que a altura das vilosidades e da área no duodeno e jejuno aumentou rapidamente com avanço da idade, sendo que estes segmentos tiveram menor aumento no íleo durante o período avaliado.

É muito importante fornecer condições ideais de manejo para crescimento adequado do intestino, pois o aumento do tamanho do intestino nas codornas está relacionado à capacidade de ingestão, digestão e absorção do alimento pelo animal (Lilja et al., 1985; Grieser, 2012).

### **1.5.1.3. Fígado**

O fígado é o principal órgão metabólico do corpo. Tanto o aumento quanto a redução da atividade metabólica afetam o tamanho deste órgão (Flauzina, 2007). Está envolvido em diversas funções, no armazenamento de carboidratos, gorduras, vitaminas e ferro, no metabolismo de diversas moléculas como o glicogênio, proteínas plasmáticas, séricas e hemoglobina, no embrião e feto produz células sanguíneas, e quando adulto remove do sangue as células vermelhas velhas, ainda libera substâncias essenciais à coagulação do sangue e retira as que são tóxicas, além de participar da síntese e secreção da bile, atuando na digestão (Boleli et al., 2002). Nas aves em especial, o fígado é responsável por todo o metabolismo da gordura e o único órgão que sintetiza gordura de reserva nesses animais (Muller, 2006; Barbosa et al., 2010).

Na fase inicial de desenvolvimento da ave, o fígado aumenta muito seu tamanho, mostrando a importância desse órgão durante a fase fetal, cresce a uma taxa de 13,51 vezes o peso inicial do embrião, atingindo um crescimento apenas duas vezes maior que o crescimento corporal, no 11º dia (Flauzina, 2007).

Devido à importância desse órgão são estudados alguns parâmetros que descrevem seu comportamento de crescimento. Grieser (2012) observou o peso à maturidade para fígado de fêmeas (5,20g linhagem amarela e 4,57g linhagem vermelha) e machos de codornas de postura (2,92g para a linhagem amarela e 3,27g para a vermelha) e suas respectivas taxas de crescimento, sendo 0,133g para machos e 0,131g para fêmeas da linhagem amarela e 0,131 para machos e 0,117 para fêmeas da linhagem vermelha.

#### **1.5.1.4. Coração**

O coração faz circular sangue por todo corpo levando oxigênio para todos os tecidos do animal (Reece, 2006). As aves possuem circulação dupla, completa e fechada, em que o sangue que circula por artérias e veias não tem contato com o meio externo (Boleli et al., 2002).

O coração é dividido em quatro câmaras: dois átrios e dois ventrículos, que não permitem a mistura de sangues (Silva et al., 2011). A parte direita do coração (átrio e ventrículo direito) é onde se encontra o sangue pobre em oxigênio, encaminhado para os pulmões para ser oxigenado e a parte esquerda contém o sangue rico em oxigênio. O sangue é bombeado para a artéria aorta pelo ventrículo esquerdo. Constantemente os tecidos recebem sangue rico em oxigênio, garantindo a manutenção de altas taxas metabólicas. Este mecanismo associado à homeotermia favorece a sobrevivência da ave em qualquer ambiente. Portanto, o coração é de extrema importância para a oxigenação e sobrevivência dos tecidos nas aves.

Mesmo sendo um órgão fundamental, muitas vezes seu crescimento não acompanha o crescimento corporal da ave, podendo ocasionar em algumas situações distúrbios metabólicos. Flauzina (2007) observou que tanto o pâncreas quanto o coração tiveram uma taxa de crescimento menor que o crescimento corporal com 0,0292g e 0,0146g respectivamente para codornas japonesas de postura.

### **1.6. Reprodução de aves**

As aves são diferentes dos mamíferos, pois não possuem ciclo estral definido ou gestação, além de serem ovíparas e o embrião deve conter tudo o que precisa por ocasião da postura (Reece, 2006).

Nas aves existe uma relação entre estímulos ambientais, sistema neuroendócrino e reprodutor. A interação que ocorre entre eles irá determinar as concentrações hormonais

no sangue que irão desencadear as respostas e o comportamento sexual (Morais et al., 2012).

O estímulo ambiental significativo para a atividade reprodutiva em aves é o fotoperíodo. Existem fotorreceptores para a luz no hipotálamo, sendo que esta influencia na estimulação e sincronização reprodutiva. A luz deve penetrar no crânio da ave para sua ação. Pesquisas comprovam que aves cegas podem receber o estímulo luminoso, e que os olhos não são essenciais para que a ave perceba a duração do dia. Caso a luz não adentre o crânio, as aves não são capazes de responder à fotoestimulação (Reece, 2006; Araújo et al., 2011).

A luz incide sobre a retina e atinge a glândula pineal, que controla o hipotálamo. Esses fotorreceptores, localizados próximos aos ventrículos laterais e hipotálamo tuberal, percebem a luz e ativam os neurônios que realizam a secreção do GnRH (Hormônio liberador de gonadotropina). O GnRH via sistema porta hipofisário é transportado para a hipófise, que realiza a síntese e secreção do hormônio luteinizante (LH) e do hormônio folículo estimulante (FSH), sendo que tais hormônios são liberados e vão atuar nas gônadas. Na fêmea o LH estimula a síntese de hormônios femininos e da progesterona e estimula o desenvolvimento folicular, induzindo à ovulação, no macho, estimula a síntese de testosterona pelo testículo e a diferenciação das células de Leydig. O FSH em fêmeas induz à diferenciação das células da granulosa e modula a formação da gema e de hormônios femininos pela célula da granulosa de folículos pré-hierárquicos. Em machos, aumenta o tamanho dos testículos, estimula as células de Sertoli e a produção de espermatozóides (Reece, 2006; Ito et al., 2013).

O hormônio liberador de arginina vasotocina e o peptídeo intestinal vasoativo (VIP) estimulam a liberação de prolactina pela hipófise, e a prolactina irá induzir o choco ou o comportamento de nidadação (Ito et al., 2013). Este comportamento do choco não é mais observado como um comportamento de aves de postura comerciais.

O ciclo reprodutivo das aves é composto por três estados fisiológicos: sensibilidade, estimulação e refratariedade. O cérebro das aves tem a capacidade de montar uma resposta, secretando hormônios como o hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) e as gonadotrofinas em resposta ao estímulo ambiental. A falta de estímulos ambientais como a luz, em certos períodos do ano (inverno) prejudica o desenvolvimento reprodutivo e a secreção desses hormônios. Quando as aves se tornam refratárias aos estímulos, ocorre um colapso gonadal e diminuição do comportamento reprodutivo nas aves (Goodson et al., 2005).

O principal efeito da luz está relacionado à idade em que a ave atinge a maturidade sexual. A quantidade de luz fornecida indicará o início da produção de ovos. Quando se aumenta a quantidade de luz no período final de crescimento adianta-se a maturidade sexual. Ao contrário, caso ocorra a diminuição da quantidade de luz em período final de crescimento, ocorrerá um atraso na maturidade sexual e consecutivamente no início da produção.

A intensidade de luz está relacionada com a uniformidade da maturidade sexual (Araújo et al., 2011). Makayama (2013) observou que a utilização de fotoperíodos maiores na fase de crescimento tornam as aves mais precoces.

### **1.6.1. Ovário, oviduto e formação do ovo**

Nos primeiros dias de desenvolvimento embrionário a ave apresenta dois ovários e ovidutos (Freitas et al., 2011), mas aproximadamente aos 10 dias de desenvolvimento ocorre a regressão do ovário e oviduto direito pelo hormônio anti - Mulleriano (AMH) que é secretado pelo ovário. No lado esquerdo, existe uma maior secreção de estrogênio e uma maior quantidade de receptores para o mesmo, inibindo a ação do hormônio anti - Mulleriano, que favorece o desenvolvimento e preservação no lado esquerdo (Aguilar et al., 2011). Conseqüentemente, as aves domésticas só possuem ovário e oviduto esquerdo desenvolvidos e funcionais (Bahr e Johnson, 1991) .

O ovário de uma ave possui folículos em vários estágios de desenvolvimento (Ito et al., 2013). Ao atingir a maturidade, o ovário apresenta milhares de folículos dispostos em hierarquia, cujo maior folículo será o próximo a ovular, o segundo maior após este, e assim por diante (Baptista, 2002; Rutz et al., 2007). O sistema de hierarquia funciona da seguinte forma o folículo amarelo que ultrapassar 8 mm em diâmetro continua a desenvolver e ovula. Existem folículos menores (< 8 mm) e alguns eventos nestes folículos fazem com que muitos deles entrem em atresia folicular, enquanto outros são escolhidos para entrar em hierarquia (Johnson, 1993).

Uma das principais funções do ovário é a produção de hormônios esteróides muito importantes na reprodução. As células da teca dos folículos ovarianos presentes no ovário são responsáveis pela produção de androgênios (testosterona) e estrogênios e as da granulosa pela produção de progesterona e pequenas quantidades de androgênios (Reece, 2006).

Os hormônios possuem diversas funções, os androgênios (testosterona) atuam em características sexuais secundárias, como crista e barbela. Os estrogênios atuam na

síntese de matéria prima para a gema pelo fígado e na mobilização de cálcio dos ossos medulares para a glândula da casca. A progesterona atua na secreção de albúmen, na indução do pico de LH e sua ação é mais direcionada para células secretórias como as células responsáveis pela produção de avidina. Além de que, vários hormônios produzidos no ovário estimulam o desenvolvimento do oviduto (Rutz et al., 2007).

A gônada passa a produzir estrogênio e, em resposta, o fígado produz lipoproteínas de baixa densidade (VLDL) e proteína vitelogenina para constituição da gema. Após a formação, estes componentes são transportados para o ovário e incorporados ao folículo ovariano em crescimento (Griffin et al., 1984). Esse vitelo é depositado em camadas concêntricas no folículo. O oócito das aves, diferente de mamíferos, é uma célula grande e preenchida de vitelo (Reece, 2006).

Logo após a postura, ocorre um pico de hormônio luteinizante (LH) induzido pela progesterona, ou seja, após a codorna botar um ovo, pode ovular o próximo da hierarquia. Ocorre da seguinte forma o folículo presente no ovário produz o estrogênio, na sequência o nível de estrogênio no sangue aumenta e indica que existe, um folículo pronto para ser ovulado, então o pico de LH é liberado e faz lise na parede do ovário, rompimento do “estigma” e liberação do oócito secundário, ocorrendo a ovulação. Após, a parede do folículo retrai e passa a constituir o folículo pós ovulatório. A ovulação ocorre de 4 a 6 horas após a onda de LH e cerca de 30 minutos (15 a 75 min) após a postura. Aproximadamente 25 a 26 horas após a ovulação, o ovo já está formado no oviduto e a postura ocorre por contrações na parede do útero (Freitas et al., 2011). Essas contrações são determinadas pelas prostaglandinas das séries E e F, além disso a concentração do hormônio arginina vasotocina aumenta, e este hormônio expressa suas propriedades oxitócicas e indutoras de liberação de prostaglandina E. Em aves não ocorre a formação de corpo lúteo, pois a ave tem que ovular todos os dias. (Reece, 2006; Ito et al., 2013).

O ovo inicia sua formação no ovário e segue pelo oviduto. O oviduto é o canal pelo qual o ovo passa para fora do corpo e se divide em cinco regiões distintas anatômica e fisiologicamente: infundíbulo, magno, istmo, útero e vagina (Morais et al., 2012). O oócito (gema) primeiramente chega ao infundíbulo, onde permanece por 15 minutos para formação da camada calazífera (albúmen) em volta da gema. É o local onde ocorre a captação do óvulo e fecundação, pois em seguida ocorre a formação de albumina que impede a fecundação. Após segue para a segunda região, o magno, onde permanece por 3 horas, sendo o segmento mais longo e o local onde é adicionado cerca de ½ do

albúmen total ao ovo, constituído de albumina e outras proteínas, para formação de sua parte branca (Reece, 2006; Freitas et al., 2011).

Na sequência, vai para o istmo, durante 1 hora e meia recebe mais albúmen e substância que gelifica. Nesse segmento, ocorre a síntese das membranas internas da casca, que são os componentes mais internos da casca. Essas membranas são denominadas testáceas, e é entre elas que ocorre a formação da câmara de ar no momento da postura, pois ocorre um choque entre a temperatura interna e externa, em que o conteúdo do ovo se retrai, permitindo a entrada de ar pelo pólo do ovo, que possui maior quantidade de poros (Baptista, 2002). Após, chega ao útero, onde permanece a maior parte do tempo, cerca de 20 horas para adição de água, de vitaminas, potássio (K+), deposição da casca (composta de 98% de carbonato de cálcio e 2% de uma matriz glicoprotéica), dos pigmentos da casca e da camada de aspecto vitrificado (cutícula), para que, quando o ovo entrar em contato com o ar, endureça. Finalmente o ovo chega à vagina, que serve para a passagem do ovo e constitui o local onde é liberado a protoporfirina, que auxilia na secagem do mesmo (Rutz et al., 2007; Freitas et al., 2011).

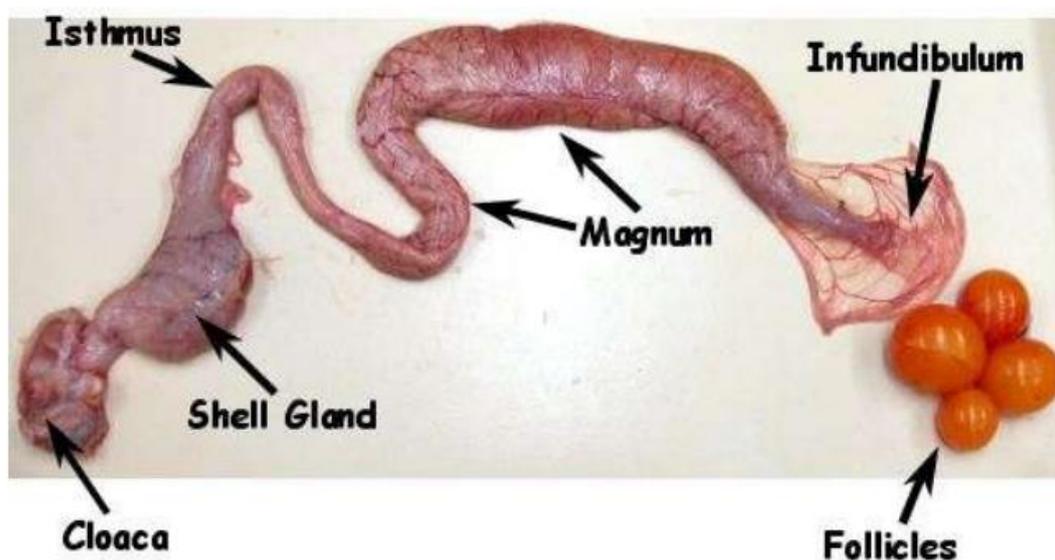


Figura 1. Folículos e segmentos do oviduto. (Fonte: Fisiologia da reprodução das aves domésticas, Moraes (2014))

### 1.7. Crescimento e deposição de nutrientes corporais em codornas de postura

A análise de aminoácidos, lipídeos e água nos tecidos fornece informações sobre o valor das exigências desses nutrientes. Sabe-se que as exigências de determinados nutrientes para crescimento são diferentes das encontradas para produção de ovos, e que

de acordo com a fase, a composição em nutrientes nos tecidos varia. A análise de carcaça possibilita obter resultados satisfatórios quanto à exigência de nutrientes, quando comparada aos ensaios nutricionais. Então, o conteúdo de nutrientes de toda a carcaça quando determinada em diferentes fases de crescimento, serve como base para estimar as exigências de crescimento (Williams et al., 1954).

As diferenças na composição corporal são consideradas nos modelos que estimam as exigências nutricionais. Estes modelos utilizam como base o método fatorial que divide a exigência total em manutenção, crescimento e produção, tornando-se essencial o conhecimento do crescimento da ave, para prever as modificações na sua composição química ao longo de seu desenvolvimento e consecutivamente obter valores adequados de suas necessidades nutricionais (Sakomura & Rostagno, 2007).

De acordo com Hruby et al. (1996) para correta determinação das exigências nutricionais, é necessário uma adequada descrição do crescimento das aves e da composição corporal pelo uso de curvas de crescimento. Ao determinar a curva de crescimento para codornas pode-se elaborar modelos de simulação, capazes de prever as exigências nutricionais destas, pois o requerimento de nutrientes pela ave e o crescimento estão intimamente ligados (Leeson & Summers, 1980). Quando se integra um modelo de crescimento para estimar as exigências nutricionais permite-se acurácia nas estimativas.

Desta forma, as curvas de crescimento são alteradas de acordo com a fase de crescimento da ave e com as taxas de deposição dos nutrientes. Segundo Neme et al. (2006), a composição corporal pode proporcionar diferentes curvas de crescimento nos diferentes períodos de criação e as curvas têm papel importante na maturidade fisiológica das aves de postura.

Já para Gous et al. (1999), devido à estreita relação da proteína com os outros componentes químicos corporais, primeiramente deve-se descrever seu crescimento utilizando a equação de Gompertz e após determina-se as necessidades nutricionais.

Porém relacionado à composição química corporal Gous (2013) verificou que existem poucas informações a respeito da composição corporal de proteína na carcaça no período de maturidade, sendo necessários maiores estudos de deposição dos nutrientes, permitindo observar a forma que a proteína e outros nutrientes se comportam à maturidade e após seu máximo crescimento, assim como suas taxas de crescimento.

### Referências

- Aguiar, G.B., Brumatti, J.A., Melotti, V.D., Moraes, S.S., Carmo, F.M.S., 2011. Anatomia Funcional das Aves - Revisão de Literatura. Disponível em: <http://www.webartigos.com/sociedade-e-cultura/>. Acesso em: 28/06/2014.
- Almeida, T.J.O., Araújo, V.V., Silva, A.V., Silva, R.F., Santos, N.A., Santana, M.D., Oliveira, V.P., 2013. Evolução da produção de codornas para abate e postura no Brasil. In: Anais da XIII Jornada de ensino, pesquisa e extensão. UFRPE: Recife, Brasil, pp. 1-3.
- Amaral, M.T.R., 2008. Abordagem bayesiana para curva de crescimento com restrições nos parâmetros. PhD Diss. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.
- Araújo, C.S.S., Artoni, S.M.B., Araújo, L.F., Junqueira, O.M., Barbosa, L.C.G.S., Lima, C.G., 2007. Morfometria do oviduto de poedeiras comerciais semipesadas submetidas a diferentes métodos de muda forçada. Cienc. Rural. 37, 241-246.
- Araújo, W.A.G., Albino, L.F.T., Tavernari, F.C., Godoy, M.J.S., 2011. Programa de luz na avicultura de postura. Revista CFMV. 52, 58-65.
- Artoni, S.M.B., Nakaghi, L.S., Borges, L.L., Macari, M., 2014. Sistema digestório das aves. In: Sakomura, N.K., Silva, J.H.V., Costa, F.G.P., Fernandes, J.B.K., Hauschild, L. (Eds.), Nutrição de não ruminantes. 1ª ed. FUNEP, Jaboticabal, pp. 1-17.
- Bahr, J.M., Johnson, P.A., 1991. Reproduction in poultry. in: Cupps, P.T. (Ed.), Reproduction in domestic animals. 3ª ed., New York, pp. 555-575.
- Baptista, R. F., 2002. Avaliação da qualidade interna de ovos de codorna (*Coturnix coturnix japonica*) em função da temperatura de armazenamento. PhD Diss. Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, Brasil.
- Barbosa, A.A., Muller, E.S., Moraes, G.H.K., Umigi, R.T., Barreto, S.L.T., Ferreira, R.M., 2010. Perfil da aspartato aminotransferase e alanina aminotransferase e biometria do fígado de codornas japonesas. R. Bras. Zootec. 39, 308-312.

- Bertalanffy, L.V., 1957. Wachstum in: Helmcke, J.G., H.V. Len-gerken und G.Starck (ed.): Handbuch der Zoologie. Berlin: W. de Gruyter. 8,10, 1-68.
- Bertechini, A.G., 2010. Situação atual e perspectivas para a coturnicultura no Brasil. In Anais do IV Simpósio Internacional e III Congresso Brasileiro de Coturnicultura. Lavras, MG, Brasil, pp. 09-14.
- Boaro, M., 2009. Morfofisiologia do trato intestinal. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas. FACTA, Porto Alegre, RS, Brasil, pp. 262-274.
- Boleli, I.C., Maiorka, A., Macari, M., 2002. Estrutura funcional do trato digestivo. In: Macari, M., Furlan, R.L., Gonzales, E. (Ed.), Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte. 2ª ed. FUNEP/UNESP, Jaboticabal, pp. 75-92.
- Borges, A.I.C., 2008. Interface “comparação de curvas de crescimento”: aplicação matemática para o auxílio na comparação de curvas de crescimento de populações de peixes. PhD Diss. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal.
- Brody, S., 1945. Bioenergetics and growth. Reinhold Publishing Corp. 4, 116-117.
- Campos, A.M., 2011. Uma abordagem bayesiana para alguns modelos de crescimento na presença de assimetria e heteroscedasticidade. PhD Diss. Universidade Estadual Paulista, São Carlos, Brasil.
- Carneiro, T.C., 2011. Influência da idade na integração espermatozóide – ovo e na morfologia dos órgãos genitais em reprodutores de codornas japonesas. PhD Diss. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil.
- Drumond, E.S.C., Gonçalves, F.M., Veloso, R.C., Amaral, J.M., Balotin, L.V., Pires, A.V., Moreira, J., 2013. Curvas de crescimento para codornas de corte. Cienc. Rural. 43, 1872-1877.
- Falcão, A.J.S., Martins, E.N., Costa, C.N., Sakaguti, E.S., Mazucheli, J., 2004. Aplicação de métodos reml e bayesiano via amostrador de gibbs na estimação de componentes de variância para produção de leite no estado do Paraná. In: V Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal. Pirassununga, SP, Brasil, pp. 1-4.

- Fialho, F. B., 1999. Interpretação da curva de crescimento de Gompertz. Embrapa-CNPSA, Concórdia Santa Catarina, Brasil. 237, 1-4.
- Fitzhugh JR., H.A., Taylor, S.C.S., 1976. Analysis of growth curves and strategies for altering their shape. *J. Anim. Sci.* 42, 1036-1051.
- Flauzina, L.P., 2007. Desempenho produtivo e biometria de vísceras de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta. PhD Diss. Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil.
- Forni, S., 2007. Análise da curva de crescimento de bovinos da raça nelore utilizando funções não lineares em análises bayesianas. PhD Tesis. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- Freitas, A.R., Albino, L.F.T., Rosso, L.A., 1983. Estimativas do peso de frangos machos e fêmeas através de modelos matemáticos. Embrapa/CNPSA, Concórdia, Santa Catarina, Brasil. 68, 1- 4.
- Freitas, A. R., 2005. Curvas de Crescimento na Produção Animal. *R. Bras. Zootec.* 34, 786-795.
- Freitas, E.B., Murakami, V.Y., Raineri Neto, R., Filadelpho, A.L., Montanha, F.P., Pereira, R.E.P., 2011. Estudo anatomo-fisiológico do sistema reprodutivo feminino das aves na formação dos ovos – Revisão de literatura. *Rev. Cient. Elet. Med. Vet.* 17, 1-12.
- Hruby, M., Hamre, M.L., Coon, C.N., 1996. Non-linear and linear functions in body protein growth. *J. Appl. Poultry Res.* 5, 109-115.
- Gompertz, B., 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new method of determining the value of life contingencies. *Trans. Research Phil. Science.* 115, 513-585.
- Goodson, J.L., Saldanha, C.J., Hahn, T.P., Soma, K.K., 2005. Recent advances in behavioral neuroendocrinology: Insights from studies on birds. *Horm Behav.* 48, 461-473.

- Gous, R.M., Moran JR., E.T., Stilborn, H.R., Bradford, G.D., Emmans, G.C., 1999. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. *Poult. Sci.* 78, 812-821.
- Gous, R.M., 2013. Modelling reproduction in broiler breeder and laying hens. In: *International Symposium: Modelling in Pig and Poultry Production*. Jaboticabal, SP, Brasil.
- Grieser, D.O., 2012. Estudo do crescimento e composição corporal de linhagens de codornas de corte e postura. PhD Diss. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil.
- Griffin, H.D., Perry, M.M., Gilbert, A.B., 1984. Yolk formation. In: Freeman, B.M., (Ed), *Physiology and Biochemistry of the Domestic Fowl*. Academic Press, London, pp. 345-378.
- Guedes , M.H.P., Muniz , J.A., Silva , F.F., Aquino, L.H., 2005. Análise Bayesiana da curva de crescimento de cordeiros da raça Santa Inês. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 57, 415-417.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [2010]. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10/10/2014.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [2011]. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Pecuaria/Producao\\_da\\_Pecuaria\\_Municipal/2011/ppm2011.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2011/ppm2011.pdf)>. Acesso em: 11/10/2014.
- Ito, N.M.K., Miyaji, C.I., Miyaji, S.O., 2013. Sistema reprodutor e formação do ovo. In: Macari, M., Gonzales, E., Patrício, I.S., Nääs, I.A., Martins, P.C. (Eds.), *Manejo da incubação*. 3<sup>a</sup> ed. FACTA, Jabotical, pp. 1-30.
- Jácome, I.M.D.T., Borille, R., Rossi, L.A., Rizzotto, D.W., Becker, J.A., Sampaio, C.F.R., 2012. Desempenho produtivo de codornas alojadas em diferentes sistemas de iluminação artificial. *Arch. Zootec.* 61, 449-456.
- Jeffreys, H., 1939. *Theory of probability*. 3<sup>a</sup> ed. Oxford: Clarington Press.

- Johnson, A.L., 1993. Regulation of follicle differentiation by gonadotropins and growth factors. *Poult Sci.* 72, 867- 873.
- Knížetová, H., Hyáner, J., Knize, B., Roubíček, J., 1991. Analysis of growth curves of fowl. I. Chickens. *Br. Poult Sci.* 32, 1027-1038.
- Leeson, S., Summers, J.D., 1980. Production and carcass characteristics of the broiler chicken. *Poult. Sci.* 59, 786-798.
- Lilja, C., Sperber, I., Marks, H.L., 1985. Postnatal growth and organ development in japanese quail selected for high growth rate. *Growht.* 49, 51-62.
- Lima, C.B., 2011. Exigências nutricionais de cálcio e fósforo para manutenção e ganho de codornas em crescimento. PhD Tesis. Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil.
- Makiyama, L., Fassani, E.J., González, N.F. G., Clemente, A.H.S., Ribeiro, J.S., Mayer, A.N., Saldanha, M.M., Retes, P.L., 2013. Desempenho produtivo de codornas japonesas submetidas a diferentes fotoperíodos na fase de crescimento. In: *Anais do V Simpósio Internacional e IV Congresso Brasileiro de Coturnicultura*. Lavras, MG, Brasil, pp. 1-2.
- Marcato, S.M., 2007. Características do crescimento corporal, dos órgãos e tecidos de duas linhagens comerciais de frangos de corte. PhD Tesis. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- Marcato, S.M., Sakomura, N.K., Munari, D.P., Fernandes, J.B.K, Kawauchi, Í.M., Bonato, M.A., 2008. Growth and body nutrient deposition of two broiler commercial genetic lines. *Rev Bras Cienc Avic.* 10, 117-123.
- Mateos, G.G., González-Alvarado, J.M., Lázaro, R., 2004. Facing the realities of poultry health and performance without antibiotics in Europe. *Proceedings of International Feed Industry Symposium*, Lexington, USA, pp. 69-79.
- Mendes, P.N., 2011. Ajuste dos modelos Gompertz e Logístico na descrição das curvas de crescimento de tomates: Uma abordagem Bayesiana. PhD Tesis. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil.

- Mendoza, M., 1990. A Bayesian analysis of the slope ratio bioassay. *Biometrics*. 46, 1059-1069.
- Moraes, I.A. Fisiologia da reprodução das aves domésticas. Disponível em: [http://www.uff.br/fisiovet1/Reprod\\_aves.pdf](http://www.uff.br/fisiovet1/Reprod_aves.pdf). Acesso em: 05/10/2014.
- Morais, M.R.P.T., Velho, A.L.M.C.S., Dantas, S.E.S., Fontenele-Neto, J.D., 2012. Morfofisiologia da reprodução das aves: desenvolvimento embrionário, anatomia e histologia do sistema reprodutor. *Acta Veterinaria Brasílica*. 6, 165-176.
- Muller, E.S., 2006. Perfil enzimático da  $\alpha$ -amilase e da lipase e biometria de órgãos de codornas (*Coturnix coturnix japonica*) de um a 25 dias de idade. PhD Diss. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- Narinc, D., Karaman, E., Firat, M. Z., Aksoy, T., 2010. Comparison of non-linear growth models to describe the growth in Japanese quail. *J. Anim. Vet. Adv.* 9, 1961-1966.
- Neme, R., Sakomura, N.K., Fukayama, E.H., Freitas, E.R., Fialho, F.B., Resende, K.T., Fernandes, J.B.K., 2006. Curvas de crescimento e de deposição dos componentes corporais em aves de postura de diferentes linhagens. *R. Bras. Zootec.* 35, 1091-1100.
- Noy, Y., Sklan, D., 1999. Different types of early feeding and performance in chicks and poults. *J. Appl. Poultry Res.* 8, 16-24.
- Oguchi, H., Yamamoto, R., Kawamura, T., 1998. Effect of amino acid supplemented low-protein diet on laying performance and nitrogen excretion in Japanese quail. In: Asian Pacif Poultry Congress, Nagoya, Japão, pp. 406-407.
- Oliveira, B.L., 2002. Manejo racional e produtividade das codornas. In: Simpósio Internacional e Congresso Brasileiro de Coturnicultura, Lavras, MG, Brasil, pp. 133-145.
- Oliveira, N.T.E., Corrêa, G.S.S., Corrêa, A.B., Santos, G.C., Silva, M.A., Felipe, V.P.S., 2008. Ajuste do modelo Gompertz a dados de peso-idade de machos e

- fêmeas de codornas de corte de diferentes linhagens. In: XVIII Congresso Brasileiro de Zootecnia. João Pessoa, Paraíba, Brasil. pp. 1-3.
- Pastore, S.M., Oliveira, W.P., Muniz, J.C.L., 2012. Panorama da coturnicultura no Brasil. Revista eletrônica Nutritime. 9, 2041-2049.
- Pinto, R., Ferreira, A.S., Albino, L.F.T., Gomes, P.C., Vargas Júnior, J. G., 2002. Níveis de proteína e energia para codornas japonesas em postura. R. Bras. Zootec. 31, 1761-1770.
- R Development core team, 2009. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.rproject.org>.2009>. Acesso em: 20/12/2014.
- Reece, W.O., 2006. Dukes - Fisiologia dos Animais Domésticos. 12ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Rezende, M.J.M., Flauzina, L.P., McMANUS, C., Oliveira, L.Q.M., 2004. Desempenho produtivo e biometria das vísceras de codornas francesas alimentadas com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta. Acta Sci. Anim. Sci. 26, 353-358.
- Ribeiro A.M.L., Magro, N., Penz Jr., A.M., 2002. Granulometria do Milho em Rações de Crescimento de Frangos de Corte e seu Efeito no Desempenho e Metabolismo. Rev Bras Cienc Avic. 4, 1-7.
- Rossi, R.M., 2011. Introdução aos métodos Bayesianos na análise de dados Zootécnicos com uso do Winbugs e R. 1ª ed. Maringá: Eduem.
- Rutz, F., Anciuti, M.A., Xavier, E.G., Roll, V.F.B., Rossi, P., 2007. Avanços na fisiologia e desempenho reprodutivo de aves domésticas. Rev Bras Reprod Anim. 31, 307-317.
- Sakomura, N.K., Longo, F.A., Oviedo-Rondon, E.O., Boa-Viagem, C., Ferraudo, A., 2005. Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. Poult. Sci. 84, 1363 -1369.
- Sakomura, N.K., Rostagno, H.S., 2007. Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos. FACV/UNESP, Jaboticabal, Brasil.

- Santos, A.L., 2008. Desempenho, crescimento, qualidade do ovo, composição corporal e características produtivas e ósseas de poedeiras submetidas a diferentes programas nutricionais. PhD Tesis. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga, São Paulo, Brasil.
- Silva, J.H.V., Ribeiro, L.G.R., 2001. Tabela nacional de exigência nutricional de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). 1ª ed. Bananeiras, Paraíba: Univrsidade Federal da Paraíba, Brasil.
- Silva, H.S., Bergamin, L.D., Bergamin, M.B., Rodrigues, S.P., Carmo, F.M.S., 2011. Anatomia Funcional das aves. Disponível em: <http://www.webartigos.com/sociedade-e-cultura/>. Acesso em: 21/09/2014.
- Silva, J.H.V., FILHO, J.J., Costa, F.G.P., Lacerda, P.B., Vargas, D.G.V., Lima, M.R., 2012. Exigências nutricionais de codornas. Rev. Bras. Saúde Prod. Anim. 13, 775-790.
- Souza-Soares, L.A., Siewerdt, F., 2005. Aves e Ovos. UFPEL, Pelotas, Brasil.
- Tedeschi, L.O., Boin, C., Nardon, R.F., Leme, P.R., 2000. Estudo da Curva de Crescimento de Animais da Raça Guzerá e seus Cruzamentos Alimentados a Pasto, com e sem Suplementação. 1. Análise e Seleção das Funções Não-Lineares. Rev. bras. zootec. 29, 630-637.
- Thimotheo, M., Alves, M.F.R., Abe, F.R., Boleli, I.C., 2013. Efeitos do espaço de alojamento e da idade sobre desenvolvimento, integridade e proteção da mucosa intestinal de frangos de corte. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 65, 112-118.
- Tholon, P., Queiroz, S.A., 2007. Models for the analysis of growth curves forrearing tinamous (*Rhynchotus rufescens*) in captivity. Rev. Bras. Cienc. Avic. 9, 23-31.
- Uni, Z., Noy, Y., SKLAN, D., 1999. Posthatch Development of Small Intestinal Function in the Poult. Poult. Sci. 78, 215-222.
- Verhulst, P.F., 1938. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. Corr. Math. Phys. 10, 113-121.
- Williams, H.H., Curtin, L.V., Abraham, J., Loosli, J. K., Maynard, L. A., 1954. J. Biol. Chem. 208, 277-286.

Winter, E.M.W., Almeida, M.I.M., Oliveira, E.G., Martins, E.N., Natel, A.S., Surek, D., 2006. Aplicação do método Bayesiano na estimação de correlações genéticas e fenotípicas de peso em codornas de corte em várias idades. R. Bras. Zootec. 35, 1684-1690.

## II – OBJETIVOS GERAIS

Determinar a equação de crescimento mais adequada por meio de inferência Bayesiana, para expressar o crescimento corporal, crescimento de órgãos como fígado, moela, coração, ovário, oviduto e suas cinco partes constituintes, o desenvolvimento intestinal e a deposição de nutrientes corporais em fêmeas de codornas de postura (*Coturnix coturnix japonica*) Vicami 2014, avaliadas no período de 1 a 119 dias de idade.

### 2.1 Objetivos específicos

1. Verificar semanalmente o crescimento corporal, no período de 1 a 119 dias de idade;
2. Verificar semanalmente a composição química corporal, para estimar a deposição de nutrientes corporais, no período de 1 a 119 dias de idade, utilizando metodologia Bayesiana;
3. Estimar os parâmetros de crescimento do peso vivo e dos órgãos viscerais e reprodutivos de codornas Vicami 2014, utilizando inferência Bayesiana;
4. Determinar, entre as quatro equações não lineares ajustadas por inferência Bayesiana (Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy), a que melhor se ajusta e representa o banco de dados para descrever o crescimento corporal, de órgãos e a deposição de nutrientes corporais em codornas de postura Vicami 2014.

### **III – Ajuste de quatro modelos de crescimento por meio de inferência Bayesiana, no peso e deposição de nutrientes corporais em codornas de postura Vicami 2014**

**RESUMO** – Foi realizado um experimento com objetivo de estimar os parâmetros das equações de Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy por meio de inferência Bayesiana e avaliar o potencial de crescimento em termos de peso e composição química corporal de fêmeas de codornas de postura (*Coturnix coturnix japonica*) Vicami 2014. Posteriormente determinou-se a equação que melhor se ajustou aos dados e que representou adequadamente o crescimento e a deposição de nutrientes em codornas. Foram utilizadas 1200 codornas, de 1 a 119 dias de idade, criadas na fase de cria e recria (1 a 42 dias) em galpão e alojados em boxes. Na fase de produção (após 42 dias) as codornas foram transferidas para o galpão de postura e alojadas em gaiolas de postura individuais, sendo submetidas a um programa de luz. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com cinco repetições e 240 codornas por repetição na fase de cria e recria e cinco repetições com 100 codornas por repetição na fase de postura. As aves foram alimentadas à vontade com dieta basal formulada para atender as exigências nutricionais. Os valores de peso e composição corporal das aves foram obtidos semanalmente (1 a 119 dias), possibilitando o ajustamento das quatro equações (Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy) por meio de inferência Bayesiana, para obtenção dos parâmetros. Os parâmetros peso à maturidade, constante de integração, taxa de maturidade e seus respectivos intervalos de credibilidade nos quatro modelos, para peso vivo e componentes corporais foram estimados adequadamente por inferência Bayesiana, possibilitando descrever o crescimento corporal em codornas de postura. O ponto de inflexão foi determinado por meio da 1ª e 2ª derivada da equação de Gompertz para peso corporal e gordura, proteína, cinzas e água corporal. Com base no Critério Desvio Informação (DIC) todos os modelos apresentaram bom ajustamento aos dados, observando que para as variáveis estudadas e analisadas existe um modelo que melhor se ajusta. O modelo Von Bertalanffy se mostrou muito versátil, não obtendo boa qualidade de ajuste de dados somente para gordura, caracterizando-se como uma alternativa em algumas situações ao modelo Gompertz, visto que, devido sua adequada interpretação biológica e por possuir características desejáveis em uma curva de crescimento geralmente é o mais utilizado. O estudo mostra que os outros modelos também podem ser utilizados como uma alternativa ao modelo

de Gompertz em diversos conjuntos de dados.

**Palavras-chave:** desenvolvimento, modelos não-lineares, peso à maturidade, qualidade de ajuste, taxa de maturidade

### **III – Adjustment of four growth models through Bayesian inference on weight and body nutrients depositions in laying quails Vicami 2014**

**Abstract** –An experiment was conducted in order to estimate the parameters of the Gompertz, Brody, Logistic and Von Bertalanffy equations through Bayesian inference and evaluate the potential for growth in terms of weight and body composition of laying female quails (*Coturnix coturnix japonica*) Vicami 2014. Later the equation with best fit the data and adequately represented the growth and nutrient deposition in quails was determined. 1200 quails from 1 to 119 days old, were created in the growing and recreating phases (1 to 42 days) in the shed and housed in pens. In the laying phase (after 42 days) quails were transferred to the laying house, housed in individual laying cages and subjected to a lighting program. The experimental design was completely randomized with five replicates and 240 quails per repetition during the growing and recreating phases and five replicates with 100 quails per repetition in the laying phase. The birds were full fed with basal diet formulated to meet the nutritional requirements. The amounts of weight and body composition of the birds were obtained weekly (1-119 days), enabling the adjustment of the four equations (Gompertz, Brody, Logistic and Von Bertalanffy) through Bayesian inference to obtain the parameters. The parameters mature weight, integration constant, maturity rate and their credibility intervals in four models, on body weight and body components, were properly estimated by Bayesian inference, allowing to describe the body growth in laying quails. The inflection point was determined by the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> derivative of the Gompertz equation for body weight and fat, protein, ash and water body. Based on Deviation Information Criterion (DIC) all models showed good fit to the data, noting that for variables studied and analyzed there is a model that best fits. The Von Bertalanffy model proved to be very versatile, not getting good quality only for fat data set, characterized as an alternative in some situations to substitute Gompertz model, since, due to its adequate biological interpretation and possess desirable characteristics in a curve growth is generally the most used. The study shows that other designs can also be used as an alternative to Gompertz model in different data sets

**Keywords:** development, nonlinear models, weight at maturity, adjust quality, maturity rate

## 1. Introdução

As codornas japonesas criadas no Brasil são pequenas (120 - 170g) e possuem rápido crescimento, atingem o dobro de seu peso inicial em apenas quatro dias. Com oito dias triplicam seu peso e aos 28 dias apresentam mais de 10 vezes o seu peso inicial, passando de sete para 90g (Flauzina, 2007).

O desenvolvimento ponderal dos animais é um processo contínuo, cuja a taxa de crescimento relativo em função da idade aumenta do nascimento até o ponto em que o crescimento é máximo e, a partir desse ponto, a taxa diminui até atingir valores próximos a zero (Paz et al., 2004).

O estudo do crescimento dos animais é muito importante, pois melhora o conhecimento sobre as práticas de manejo e alimentação que devem ser empregadas, além de contribuir no melhoramento genético da espécie. Para codornas de postura é muito importante a obtenção de curvas que representem adequadamente o crescimento dessas aves, pois fornecem informações aumentando o conhecimento e permitindo a adoção de práticas adequadas, visando aumento no desempenho produtivo das aves.

Alguns modelos matemáticos não lineares, como os de Gompertz, Brody, Von Bertalanffy, Logístico, Richards entre outros, são muito empregados em estudos de desenvolvimento animal, eles relacionam peso e idade, e mostram-se adequados para descrever a curva de crescimento. Esses modelos colaboram na interpretação e entendimento do fenômeno, pois permitem que conjuntos de informações sejam concentrados em um pequeno número de parâmetros (Oliveira et al., 2000).

A principal vantagem quanto ao uso é a simplicidade e facilidade em interpretar os parâmetros dos modelos pois, em muitos casos, são necessários menos parâmetros nos modelos não lineares. Além disso, no modelo não linear os parâmetros fornecem maior conhecimento do fenômeno que está sendo estudado, gerando um bom ajuste com menos parâmetros (Campos, 2011).

A ave passa por diversas fases (cria, recria e produção) ao longo do seu desenvolvimento e de acordo com a fase seu corpo possui uma constituição em nutrientes que indicam que a ave está se desenvolvendo. É de suma importância o estudo de curvas de crescimento, composição química e das taxas de deposição dos tecidos, pois eles ajudam a entender como ocorre o crescimento no animal, contribuindo para os nutricionistas elaborarem programas nutricionais adequados (Neme et al., 2006).

Em codornas, necessita-se de maior incentivo em pesquisas relacionadas ao melhoramento genético de linhagens. Para frangos de corte, a seleção genética causou mudanças no desempenho e composição química da carcaça. Essas mudanças nos padrões de crescimento causam modificações nos requisitos de nutrientes para expressar o máximo potencial genético (Sakomura et al., 2005).

Atualmente têm-se buscado métodos mais elaborados para análise dos dados de crescimento, sendo que a metodologia Bayesiana é uma forma requintada e permite maior precisão na estimativa dos parâmetros dos modelos, possibilitando resultados satisfatórios.

Tendo em vista a importância do conhecimento sobre o assunto, o objetivo deste trabalho foi estimar os parâmetros das quatro equações (Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy) por meio de inferência Bayesiana, avaliar o perfil do crescimento corporal e o do crescimento dos constituintes corporais (água, proteína, gordura corporal e matéria mineral) além de determinar qual equação possui melhor ajuste e representação dos dados.

## **2. Material e Métodos**

### *2.1. Instalações, delineamento e dieta experimental*

O experimento foi realizado no setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Foram utilizadas 1200 fêmeas de codornas de postura de um dia de idade. As aves, no período de cria e recria (1 a 42 dias), foram alojadas em um galpão convencional, com cobertura de telha de barro, piso de terra batida e paredes laterais de alvenaria com 0,50m de altura, completadas com tela de arame até o telhado. Foram usados 20 boxes de 5,0m<sup>2</sup> para alojamento das codornas, em que quatro boxes foram considerados como sendo uma repetição, totalizando cinco repetições.

Os comedouros utilizados foram do tipo bandeja e os bebedouros infantis até os 10 dias de idade, sendo substituídos por comedouros e bebedouros pendulares utilizados até os 42 dias de idade. Após os 42 dias os comedouros utilizados foram do tipo calha e os bebedouros do tipo niple. O fornecimento de água e ração para as codornas foi à vontade durante todo o período experimental.

Aos 42 dias foram transferidas 500 codornas para gaiolas de postura individuais, em um galpão de postura com cobertura de telha de barro, piso e paredes laterais de alvenaria com 0,50m de altura, completadas com tela de arame até o telhado.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com cinco repetições e 240 codornas por repetição, nas fases de cria e recria. Na fase de postura, foram utilizadas cinco repetições com 100 codornas por repetição, arranjadas em um delineamento inteiramente casualizado (DIC). O período experimental foi de 1 a 119 dias de idade, dividido em fase de cria, recria (1 a 42 dias de idade) e postura (43 a 119 dias de idade).

O programa de iluminação utilizado foi o natural, durante o período experimental de cria e recria. Na fase de postura (após 42 dias), os grupos de aves foram submetidos a um programa de luz iniciado com 15 horas de luz, com aumento de 30 minutos por semana até completar 17 horas de luz total (natural + artificial) e 7 horas de escuro. Foi utilizado 2100 lux/ m<sup>2</sup> no galpão de postura.

Foram usados círculos de proteção nos boxes para evitar oscilações de temperatura e a incidência de vento sobre os animais, na fase inicial de criação, e como fonte de aquecimento foram utilizadas campânulas elétricas com lâmpadas incandescentes por 24 horas, até o 7º dia de idade. Durante todo período experimental, os dados de temperatura e umidade relativa do ar (Tabela 1 e 2) foram registrados no início da manhã e no final da tarde, por intermédio de termohigrômetros de máxima e mínima.

Tabela 1. Média semanal da temperatura e umidade durante a fase de cria e recria dentro e fora dos boxes

Idade (dias)	Dentro do box		Fora do box			
	Temperatura (°C)		Temperatura (°C)		Umidade (%)	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
<b>1 a 7</b>	33,99	25,12	29,50	20,52	84,55	48,65
<b>8 a 14</b>	30,07	24,77	28,42	20,67	80,27	56,22
<b>15 a 21</b>	28,60	22,27	27,72	21,35	84,50	57,47
<b>22 a 28</b>	34,37	22,47	32,22	20,95	87,30	36,80
<b>29 a 35</b>	32,10	24,16	30,03	20,92	61,74	50,72
<b>36 a 42</b>	29,82	18,90	27,57	17,37	82,42	42,25

Tabela 2. Média semanal da temperatura e umidade durante a fase de produção dentro e fora dos boxes

<b>Idade (dias)</b>	<b>Dentro do box</b>		<b>Fora do box</b>			
	Temperatura (°C)		Temperatura (°C)		Umidade (%)	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
<b>43 a 49</b>	29,20	20,65	28,30	19,75	84,92	55,87
<b>50 a 56</b>	28,60	21,57	27,72	20,75	85,50	57,47
<b>58 a 63</b>	36,33	19,50	31,28	19,16	90,95	26,64
<b>64 a 70</b>	32,56	19,82	27,72	18,06	89,12	41,22
<b>71 a 77</b>	24,48	15,92	22,26	11,38	90,25	57,50
<b>78 a 84</b>	29,82	18,88	25,77	16,68	72,50	62,00
<b>85 a 91</b>	35,59	17,05	29,61	16,50	84,17	47,50
<b>92 a 98</b>	34,85	18,93	29,96	17,06	82,95	56,90
<b>99 a 105</b>	20,60	15,50	16,82	12,00	93,00	70,85
<b>106 a 112</b>	20,15	13,02	18,80	12,51	93,34	67,00
<b>113 a 119</b>	29,81	12,20	19,78	11,60	81,78	39,24

Foi formulada uma ração basal para fase de cria e recria (1 a 42 dias) e outra ração para a fase de postura, atendendo adequadamente às exigências nutricionais das codornas de acordo com a fase, conforme recomendações de Rostagno et al. (2011) para codornas de postura. As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja, levando em consideração os valores de composição química e energética dos alimentos também propostos por Rostagno et al. (2011).

Tabela 3. Composição centesimal, química e energética da ração para codornas de postura na fase de cria e recria (1 a 42 dias de idade) e para a fase de postura (43 a 119 dias de idade)

	<b>Fase de cria e recria</b>	<b>Fase de postura</b>
<b>Ingredientes</b>	<b>Quantidade (kg)</b>	
Milho grão	57,16	59,80
Farelo de soja (45%)	38,05	30,00
Óleo de soja	1,10	0,77
Fosfato bicálcico	1,41	1,09
Sal comum	0,39	0,32
Calcário	1,16	6,80
DL-Metionina	0,19	0,39
L-Lisina HCL	0,05	0,27
L-Treonina	0,09	0,03
L- Triptofano	-	0,03
Mistura vitamínica e mineral <sup>1</sup>	0,40	0,40
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Valores Calculados</b>		
Energia metabolizável (Kcal/kg)	2,9013	2,8003
Proteína bruta (%)	22,01	18,79
Cálcio (%)	0,90	2,92
Fósforo disponível (%)	0,37	0,30
Sódio (%)	0,18	0,15
Potássio (%)	-	0,72
Cloro (%)	-	0,24
Metionina + cistina digestível (%)	0,76	0,90
Lisina digestível (%)	1,12	1,10
Treonina digestível (%)	0,79	0,66
Triptofano digestível (%)	-	0,23

<sup>1</sup>Mistura vitamínica/mineral (níveis de garantia por kg do produto); Vit,A – 4,500,000 UI; Vit, D3 – 1,250,000 UI; Vit, E – 4,000 mg; Vit, B1 – 278 mg; Vit, B2 – 2,000 mg; Vit, B6 – 525 mg; Vit, B12 – 5,000 mcg; Vit, K3 – 1,007 mg; Pantotenato de Cálcio – 4,000 mg; Niacina – 10,000 mg; Colina – 140,000 mg; Antioxidante – 5,000 mg; Zinco – 31,500 mg; Ferro – 24,500 mg; Manganês – 38,750 mg; Cobre – 7,656 mg; Cobalto – 100 mg; Iodo – 484 mg; Selênio – 127 mg,

## 2.2. *Crescimento corporal*

Para determinação do crescimento corporal foi utilizada a metodologia descrita por Sakomura & Rostagno (2007). As codornas foram pesadas em função do tempo, sendo possível determinar a curva de crescimento do primeiro dia até o final do experimento, aos 119 dias de idade.

O peso das codornas foi acompanhado semanalmente através das pesagens das respectivas repetições. Esses valores foram usados para determinar os parâmetros de crescimento do peso vivo das codornas de postura.

## 2.3. *Composição química corporal*

Para a determinação da deposição química dos nutrientes na carcaça das codornas foi utilizada a metodologia descrita por Sakomura & Rostagno (2007). Para o estudo da composição química corporal foi realizado o abate semanal das codornas no período de 1 a 119 dias de idade, abatendo 30, 14, 5, 4 e então 2 codornas respectivamente, por repetição, sendo este volume de material necessário para a análise. Os abates foram realizados com a finalidade de determinar a deposição de água, gordura, proteína e cinzas na carcaça das codornas.

Após o abate as codornas, com as penas, foram guardadas em sacos plásticos identificados e congeladas em freezer, sendo posteriormente moídas em moinho de carne industrial, com penas, vísceras pés e cabeça, homogeneizadas, pesadas e levadas à estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas, para a realização da pré-secagem. Posteriormente foram moídas em moinho tipo faca e conduzidas ao laboratório de alimentação e nutrição animal (LANA/UEM), do Departamento de Zootecnia, para a realização das análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) das carcaças.

A proteína bruta foi obtida usando o método de determinação do nitrogênio Kjeldahl (proteína bruta = nitrogênio x 6,25). Para a análise do extrato etéreo da amostra foi realizada a extração com éter de petróleo em aparelho Soxhlet. Para a determinação da matéria seca, após a pré-secagem das amostras, foi utilizada a estufa a 105°C, posteriormente essas amostras foram levadas à mufla a 550°C, e por incineração

foi obtido o valor de cinzas. Essas metodologias utilizadas para análises são descritas detalhadamente por Silva & Queiroz (2006).

#### 2.4. Análise estatística

A partir dos dados de peso vivo e composição corporal observados a campo, foram ajustadas quatro curvas de crescimento (Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy) para determinar o crescimento e a deposição de nutrientes corporais. Utilizou-se a inferência Bayesiana para obtenção das estimativas dos parâmetros dos modelos. Dentro deste procedimento, foi considerado que a resposta ( $Y_i$ ) segue distribuição de Normal, isto é,  $Y_i \sim \text{Normal}(f(t_i), \tau)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Para o vetor de parâmetros da função não linear da curva,  $f(t_i)$ , e para  $\tau$ , foram consideradas *a priori* distribuições não-informativas, respectivamente,  $\beta \sim \text{Normal}(0, 10^{-6})$  e  $\tau \sim \text{Gama}(10^{-3}, 10^{-3})$  (parametrização OpenBUGS). A obtenção das distribuições marginais *a posteriori* para todos os parâmetros foi feita por meio do pacote BRugs do programa R (R Development core team, 2014). Foram gerados 11.000 valores em um processo MCMC (*Monte Carlo Markov Chain*), considerando um período de descarte amostral de 1.000 valores iniciais, assim, a amostra final contém 10.000 valores gerados. A convergência das cadeias foi verificada por meio do pacote CODA do programa R, pelo critério de Heidelberger e Welch (1983) e de Geweke (1992).

Foram empregadas as seguintes equações para o ajuste dos dados e obtenção dos parâmetros de crescimento e composição química corporal dos animais:

$$\text{I) } y_i = \beta_1 \exp(-\beta_2 \exp(-\beta_3 t_i)) \quad (\text{Gompertz})$$

$$\text{II) } y_i = \beta_1 (1 - \beta_2 \exp(-\beta_3 t_i)) \quad (\text{Brody})$$

$$\text{III) } y_i = \beta_1 / (1 + \exp(\beta_2 - \beta_3 t_i)) \quad (\text{Logístico})$$

$$\text{IV) } y_i = \beta_1 * \text{pow}(1 - \beta_2 \exp(-\beta_3 t_i), 3) \quad (\text{Von Bertalanffy})$$

No qual  $y_i$  representa o peso corporal da ave ou a deposição de nutrientes corporais ao tempo ( $t_i$ ). O parâmetro  $\beta_1$  é o peso (g) à maturidade do animal,  $\beta_2$  é uma constante que está relacionada ao peso de nascimento do animal,  $\beta_3$  é em razão do máximo da taxa

de crescimento em relação ao peso adulto do animal, determina a eficiência do crescimento (taxa de maturidade por dia) e  $t_i$  é o tempo em dias.

Considerou-se o *Deviance Information Criterion* – DIC para escolha do modelo que melhor se ajusta aos dados observados a uma significância de cinco pontos em favor do menor DIC. Ou seja, quando se compara dois modelos o seguinte critério pode ser adotado se a diferença for menor que cinco não é significativa, se a diferença está entre cinco e 10 é significativa e se for maior que 10 é altamente significativa (Rossi, 2011).

Por meio da primeira e segunda derivadas de  $y_i = \alpha * \exp \left[ -\beta * \exp(-\gamma x_i) \right]$  (equação de Gompertz) (1), determina-se o ponto  $x_0$  ou  $t^*$  do domínio em que  $y_i$  muda de concavidade, ou seja, o ponto de inflexão da curva de Gompertz é dado por (Borges, 2008):

$$t^* = \frac{\ln c}{r}.$$

Em que,  $t^*$ (dia) é o tempo ou a idade em que a taxa de crescimento é máxima (ponto de inflexão),  $\ln$  é o logaritmo natural,  $\beta^2 = c$  é a constante de integração e o  $\beta^3 = r$  é a taxa de maturidade por dia.

### 3. Resultados

#### 3.1. Crescimento corporal

As estimativas dos parâmetros das equações de Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy para peso vivo de fêmeas de postura Vicami 2014 estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Estimativas dos parâmetros das curvas de crescimento para o peso vivo de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana

Gompertz			
	Média (dp)	P <sub>2.5%</sub>	P <sub>97.5%</sub>
$\beta_1$	158,80 (1,465)	156,00	161,80
$\beta_2$	2,788 (0,170)	2,483	3,146
$\beta_3$	0,063 (0,003)	0,057	0,070
DIC	630,9		
Brody			
	Média (dp)	P <sub>2.5%</sub>	P <sub>97.5%</sub>
$\beta_1$	167,10 (1,851)	163,60	170,90
$\beta_2$	1,042 (0,017)	1,008	1,076
$\beta_3$	0,034 (0,001)	0,031	0,037
DIC	619,2		
Logístico			
	Média (dp)	P <sub>2.5%</sub>	P <sub>97.5%</sub>
$\beta_1$	156,20 (1,648)	153,00	159,50
$\beta_2$	2,069 (0,130)	1,827	2,338
$\beta_3$	0,092 (0,092)	0,080	0,105
DIC	668,2		
Von Bertalanffy			
	Média (dp)	P <sub>2.5%</sub>	P <sub>97.5%</sub>
$\beta_1$	160,40 (1,427)	157,60	163,20
$\beta_2$	0,670 (0,029)	0,615	0,733
$\beta_3$	0,054 (0,002)	0,049	0,059
DIC	617,1		

$\beta_1$  (g) = peso à maturidade;  $\beta_2$  = constante relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade por dia; DIC = Critério Desvio-Informação; dp = desvio-padrão da média; P<sub>2.5%</sub> - P<sub>97.5%</sub> = intervalo com 95% de credibilidade

Os valores encontrados de peso assintótico ou peso à maturidade ( $\beta_1$ ) para as equações de Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy indicam que o modelo de Brody possui maior valor e o de Logístico a menor estimativa para  $\beta_1$ .

Os valores de taxa de maturidade por dia ( $\beta_3$ ) obtidos para a equação de Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy, indicam que o modelo de Brody possui o menor valor e o de Logístico a maior estimativa para  $\beta_3$ .

Na Tabela 5 são apresentadas as diferenças obtidas nas comparações das quatro equações através do DIC para peso vivo.

Tabela 5 – Comparações entre diferentes modelos de crescimento para peso vivo através do DIC para codornas de postura Vicami 2014

Modelos	DIC	Comparação	Diferença
Gompertz	630,9	Gompertz – Von	13,8
Brody	619,2	Brody – Von	<b>2,1</b>
Logístico	668,2	Logístico – Von	51,1**
Von Bertalanffy	617,1*	-	-

\* modelo de menor DIC; DIC (Critério Desvio-Infomação); \*\*maior diferença observada; valores em negrito indicam diferença não significativa.

Os valores de *Deviance Information Criterion* (DIC) obtidos mostram que o modelo Von Bertalanffy possui o menor valor de DIC, indicando melhor ajuste ao conjunto de dados.

Somente para a equação de Gompertz foi possível a aplicação de derivadas na equação, obtendo-se o ponto de inflexão ( $t^*$ ) em que, foi observado que são necessários 16,27 dias para que a taxa de crescimento seja máxima, ou seja, a curva de crescimento mude de crescente para decrescente ou de côncava para convexa.

### 3.2. Composição química corporal

Na Tabela 6, são apresentadas as estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz obtidos por inferência Bayesiana, para a deposição de gordura corporal, proteína corporal, cinzas e água de fêmeas de codornas de postura Vicami 2014.

Tabela 6 - Estimativas dos parâmetros da equação de Gompertz por inferência Bayesiana para a composição corporal (gordura, proteína bruta, cinzas e água) de codornas de postura (Vicami 2014)

Composição				
Corporal		Média (dp)	P <sub>2.5%</sub>	P <sub>97.5%</sub>
Gordura	$\beta_1$	12,82 (0,306)	12,25	13,46
	$\beta_2$	4,782 (0,844)	3,501	6,74
	$\beta_3$	0,053 (0,005)	0,044	0,064
	DIC	317,5		
Proteína Bruta	$\beta_1$	32,13 (0,28)	31,49	32,79
	$\beta_2$	3,104 (0,220)	2,717	3,582
	$\beta_3$	0,063 (0,003)	0,056	0,07
	DIC	361,6		
Cinzas	$\beta_1$	5,46 (0,080)	5,31	5,62
	$\beta_2$	4,035 (0,633)	3,048	5,495
	$\beta_3$	0,078 (0,007)	0,065	0,094
	DIC	129,0		
Água	$\beta_1$	106,50 (1,070)	104,40	108,60
	$\beta_2$	2,826 (0,222)	2,436	3,308
	$\beta_3$	0,072 (0,004)	0,063	0,081
	DIC	589,2		

$\beta_1$  (g) = peso à maturidade;  $\beta_2$  = constante relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade por dia; DIC = Critério Desvio-Informação; dp = desvio-padrão da média; P<sub>2.5%</sub> - P<sub>97.5%</sub> = intervalo com 95% de credibilidade

Na Tabela 7, são apresentadas as estimativas dos parâmetros da equação de Brody obtidos por inferência Bayesiana, para a deposição de gordura corporal, proteína corporal, cinzas e água de fêmeas de codornas de postura Vicami 2014.

Tabela 7 – Estimativas dos parâmetros da equação de Brody por inferência Bayesiana para a composição corporal (gordura, proteína bruta, cinzas e água) de codornas de postura (Vicami 2014)

Composição				
Corporal		Média (dp)	P <sub>2.5%</sub>	P <sub>97.5%</sub>
Gordura	$\beta_1$	14,90 (0,834)	13,50	16,74
	$\beta_2$	1,089 (0,038)	1,016	1,169
	$\beta_3$	0,020 (0,002)	0,015	0,025
	DIC	345,3		
Proteína Bruta	$\beta_1$	34,12 (0,98)	33,19	35,16
	$\beta_2$	1,063 (0,21)	1,022	1,105
	$\beta_3$	0,032 (0,01)	0,029	0,035
	DIC	370,5		
Cinzas	$\beta_1$	5,80 (0,121)	5,57	6,05
	$\beta_2$	1,097 (0,035)	1,029	1,168
	$\beta_3$	0,035 (0,002)	0,030	0,041
	DIC	141,3		
Água	$\beta_1$	111,40 (1,319)	108,90	114,00
	$\beta_2$	1,038 (0,021)	0,996	1,082
	$\beta_3$	0,038 (0,001)	0,035	0,042
	DIC	578,9		

$\beta_1$  (g) = peso à maturidade;  $\beta_2$  = constante relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade por dia; DIC = Critério Desvio-Infomação; p = desvio-padrão da média; P<sub>2.5%</sub> - P<sub>97.5%</sub> = intervalo com 95% de credibilidade

Na Tabela 8, são apresentadas as estimativas dos parâmetros da equação de Logístico obtidos por inferência Bayesiana, para a deposição de gordura corporal, proteína corporal, cinzas e água de fêmeas de codornas de postura Vicami 2014.

Tabela 8 – Estimativas dos parâmetros da equação de Logístico por inferência Bayesiana para a composição corporal (gordura, proteína bruta, cinzas e água) de codornas de postura (Vicami 2014)

Composição				
Corporal		Média (dp)	P <sub>2.5%</sub>	P <sub>97.5%</sub>
Gordura	$\beta_1$	12,55 (0,244)	12,08	13,04
	$\beta_2$	2,997 (0,254)	2,540	3,539
	$\beta_3$	0,080(0,006)	0,068	0,095
	DIC	309,7		
Proteína Bruta	$\beta_1$	31,58 (0,343)	30,91	32,27
	$\beta_2$	2,250 (0,138)	1,994	2,537
	$\beta_3$	0,092 (0,006)	0,081	0,105
	DIC	388,8		
Cinzas	$\beta_1$	5,38 (0,078)	5,23	5,54
	$\beta_2$	2,685 (0,264)	2,216	3,247
	$\beta_3$	0,117 (0,012)	0,095	0,143
	DIC	139,0		
Água	$\beta_1$	104,80 (1,152)	102,50	107,10
	$\beta_2$	2,133 (0,167)	1,825	2,482
	$\beta_3$	0,107 (0,009)	0,091	0,127
	DIC	616,6		

$\beta_1$  (g) = peso à maturidade;  $\beta_2$  = constante relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade por dia; DIC = Critério Desvio-Infomação; p = desvio-padrão da média; P<sub>2.5%</sub> - P<sub>97.5%</sub> = intervalo com 95% de credibilidade

Na Tabela 9, são apresentadas as estimativas dos parâmetros da equação de Von Bertalanffy obtidos por inferência Bayesiana, para a deposição de gordura corporal, proteína corporal, cinzas e água de fêmeas de codornas de postura Vicami 2014.

Tabela 9 – Estimativas dos parâmetros da equação de Von Bertalanffy por inferência Bayesiana para a composição corporal (gordura, proteína bruta, cinzas e água) de codornas de postura (Vicami 2014)

Composição				
Corporal		Média (dp)	P <sub>2.5%</sub>	P <sub>97.5%</sub>
Gordura	$\beta_1$	13,01 (0,351)	12,36	13,74
	$\beta_2$	1,012 (0,141)	0,776	1,324
	$\beta_3$	0,044 (0,004)	0,036	0,053
	DIC	322,3		
Proteína Bruta	$\beta_1$	32,45 (0,338)	31,79	33,13
	$\beta_2$	0,729 (0,040)	0,658	0,814
	$\beta_3$	0,053 (0,002)	0,048	0,059
	DIC	354,2		
Cinzas	$\beta_1$	5,50 (0,086)	5,34	5,68
	$\beta_2$	0,903 (0,115)	0,719	1,171
	$\beta_3$	0,066 (0,006)	0,055	0,080
	DIC	127,2		
Água	$\beta_1$	107,50 (1,070)	105,40	109,60
	$\beta_2$	0,672 (0,039)	0,602	0,757
	$\beta_3$	0,061 (0,003)	0,054	0,068
	DIC	579,6		

$\beta_1$  (g) = peso à maturidade;  $\beta_2$  = constante relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade por dia; DIC = Critério Desvio-Infomção; p = desvio-padrão da média; P<sub>2.5%</sub> - P<sub>97.5%</sub> = intervalo com 95% de credibilidade

Com relação às estimativas de  $\beta_1$  obtidas para os componentes químicos corporais, em todos os modelos a água apresenta maior  $\beta_1$ , seguida pela proteína, gordura e cinzas, em uma sequência decrescente. Foi observado, nas estimativas de  $\beta_3$  para os componentes químicos corporais, que nos modelos Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy, as cinzas apresentaram a maior taxa de maturidade e somente no modelo Brody a água apresentou maior  $\beta_3$ .

Os valores obtidos para  $t^*$ , por meio da 1ª e 2ª derivada da equação de Gompertz foram de 29,52 dias para gordura e 17,98 dias de idade para a proteína bruta. As cinzas atingem seu ponto de inflexão aos 17,88 dias e a água aos 14,43 dias de idade.

Na Tabela 10 são apresentadas as diferenças obtidas nas comparações das quatro equações através do DIC para a gordura, proteína, cinzas e água corporal.

Tabela 10 – Comparações entre diferentes modelos de crescimento através do DIC para componentes corporais em codornas de postura Vicami 2014

Modelos	DIC	Comparação	Diferença
<b>Gordura</b>			
Gompertz	317,5	Gompertz- Logístico	7,8
Brody	345,3	Brody- Logístico	35,6**
Logístico	309,7*	-	-
Von Bertalanffy	322,3	Von - Logístico	12,6
<b>Proteína</b>			
Gompertz	361,6	Gompertz - Von	7,4
Brody	370,5	Brody - Von	16,3
Logístico	388,8	Logístico - Von	34,6**
Von Bertalanffy	354,2*	-	-
<b>Cinzas</b>			
Gompertz	129,0	Gompertz - Von	<b>1,8</b>
Brody	141,3	Brody - Von	14,1**
Logístico	139,0	Logístico - Von	11,8
Von Bertalanffy	127,2*	-	-
<b>Água</b>			
Gompertz	589,2	Gompertz - Brody	10,3
Brody	578,9*	-	-
Logístico	616,6	Logístico - Brody	37,7**
Von Bertalanffy	579,6	Von - Brody	<b>0,7</b>

\* modelo de menor DIC; DIC = Critério Desvio-Informação; \*\*maior diferença observada; valores em negrito indicam diferença não significativa

Nos valores de DIC encontrados para a gordura corporal, a equação de Logístico possui o menor valor (309,7) e a de Brody o maior valor (345,3). Para a proteína bruta, a equação de Von Bertalanffy apresenta o menor valor (354,2) e a de Logístico o maior valor (388,8). Para cinzas, Von Bertalanffy também apresenta o menor valor de DIC (127,2), porém a equação de Brody o maior valor de DIC (141,3). E para a água corporal, o menor valor de DIC é obtido com a equação de Brody (578,9) e o maior com a de Logístico (616,6).

Nota-se que os valores de DIC para equação de Gompertz sempre se encontram entre o maior e o menor valor. Ressaltando que a diferença significativa é encontrada quando a diferença entre os DIC's dos modelos é maior que cinco.

Na Tabela 11, pode-se verificar os valores de pesos observados nas pesagens semanais e dos pesos estimados pelas equações obtidas por inferência Bayesiana, no período de um a 119 dias de idade, para codornas de postura Vicami 2014.

Tabela 11 – Pesos observados e pesos estimados para os quatro modelos de crescimento de um a 119 dias de idade

Idade	Peso observado(g)	Peso estimado (g)			
		Gompertz	Brody	Logístico	Von Bertalanffy
1	6,65	11,60	-1,22	19,00	7,83
7	22,00	26,51	29,73	30,29	25,43
14	46,86	50,31	58,71	49,09	51,72
21	87,51	75,91	81,59	72,80	77,51
28	104,21	98,87	99,63	97,54	99,39
35	118,53	117,14	113,87	118,71	116,54
42	128,81	130,62	125,10	133,99	129,36
49	129,90	140,08	133,96	143,69	138,66
56	144,41	146,51	140,96	149,37	145,28
63	139,10	150,80	<b>167,10</b>	152,54	149,94
70	148,81	153,61	150,83	154,26	153,18
77	160,31	155,45	154,26	155,17	155,43
84	153,25	156,64	156,97	155,66	156,99
91	155,41	157,41	159,11	155,92	158,06
98	166,73	157,91	160,79	156,05	158,79
105	157,55	158,23	162,12	156,12	159,30
112	164,50	158,43	163,17	156,16	159,64
119	165,42	<b>158,56</b>	164,00	<b>156,18</b>	<b>159,88</b>

(g) gramas; valores em negrito estão próximos aos  $\beta 1$  estimados

Durante o período experimental (119 dias) alguns valores de peso estimados pelas equações diferiram dos valores observados, superestimando ou subestimando os mesmos (Tabela 11). Nota-se que aos 35, 42, 56, 70, 77, 84, 91, 105 e 119 dias de idade, os quatro modelos propostos foram adequados para estimar o peso vivo da ave.

## 4. Discussão

### 4.1. Crescimento corporal

#### 4.1.1. Parâmetro $\beta 1$

O parâmetro  $\beta 1$  nas quatro equações é caracterizado por uma estimativa de peso assintótico, ou seja, o peso (g) à maturidade do animal (Freitas, 2005). Este parâmetro está relacionado ao peso adulto, peso final ou peso teórico do animal (Braccini Neto et al., 1996).

Os valores estimados de peso à maturidade ( $\beta_1$ ) em codornas de postura Vicami 2014, para as equações de Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy são respectivamente 158,80g, 167,10g, 156,20g e 160,40g. Estes valores diferem do observado por Grieser (2012), que avaliando duas linhagens de codornas de postura obteve pesos à maturidade superiores (203,66g linhagem amarela e 215,48g linhagem vermelha) e taxas de maturidade inferiores (0,054 amarela e 0,057 vermelha) mostrando serem aves mais tardias.

A análise estatística pode ter contribuído na variação dos valores obtidos, pois Grieser (2012) realizou sua análise estatística de forma clássica e neste trabalho foi aplicada inferência Bayesina no conjunto de dados, porém, a diferença não poderia ser tão discrepante, visto que foi utilizada uma *priori* não informativa, em que os resultados tendem a serem semelhantes.

Ao avaliar o parâmetro  $\beta_1$  para as quatro equações, observou-se que a maior estimativa de peso à maturidade foi obtida pelo modelo de Brody (167,10g) e a menor pelo modelo Logístico (156,20g) e que a diferença entre o maior e o menor peso à maturidade é de aproximadamente 11,0g. As três equações restantes (Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy) proporcionaram valores próximos quando comparadas, indicando que não ocorreu muita variação.

O mesmo resultado foi observado por Braccini Neto et al. (1996) que verificaram que a equação de Brody possui a maior estimativa de  $\beta_1$ , seguida pela de Von Bertalanffy, Gompertz e de Logístico, exatamente como nesse estudo.

Pereira et al. (2014) ajustaram quatro curvas de crescimento (Von Bertalanffy, Richards, Logístico e Gompertz) para avaliar o crescimento de codornas de corte (machos e fêmeas) de 1 a 42 dias de idade, e verificaram que o modelo de Von Bertalanffy obteve maior valor de  $\beta_1$  e o modelo Logístico menor valor para as fêmeas.

Em um estudo de caso, Mazucheli, Souza e Philippsen (2011) mencionam que o modelo de Von Bertalanffy superestima significativamente o peso à maturidade das aves. Nos resultados obtidos, a equação de Von Bertalanffy foi a que obteve o segundo maior valor de  $\beta_1$  e a equação de Brody que superestimou o peso à maturidade.

Já Lopes et al. (2011) concluíram que os modelos de Brody e Von Bertalanffy são adequados para ajustar curvas de crescimento do nascimento até a idade adulta do animal.

Os maiores pesos vivos encontrados são próximos aos valores de peso à maturidade estimados pelas equações (Tabela 11).

Neme et al. (2006) afirmaram que o peso à maturidade, determinado pelo modelo Gompertz, aproxima-se do peso preconizado para o início do pico de postura. Essa informação é adequada, considerando que o experimento foi conduzido até os 119 dias de idade, ou seja, até o início do pico de postura das codornas, o peso à maturidade estimado por Gompertz foi de 158,80g que é próximo ao peso vivo estimado por Gompertz aos 119 dias de idade (158,56g), visto que as aves iniciam seu desenvolvimento reprodutivo antes da postura e que atingem seu máximo desenvolvimento no pico de postura. O mesmo é verificado para os modelos Logístico e de Von Bertalanffy, que apresentaram proximidade entre seus valores de peso à maturidade e peso vivo estimado aos 119 dias.

O peso estimado condiz com o observado, para alguns modelos utilizados, exceto para a função de Brody, que possui o maior valor de  $\beta_1$  (167,10g) e o de Logístico com o menor valor (156,18g), (Tabela 11). Costa et al. (2007), em um estudo com ovinos, verificaram que os modelos de Brody e de Von Bertalanffy superestimaram o peso à maturidade.

Nota-se que o modelo de Brody (Tabela 11) não foi adequado para estimar o peso das aves ao 1º dia (-1,22), isto pode ser justificado pelo fato deste modelo não ser muito indicado para prever o peso vivo nas fases iniciais, pois seu ponto de inflexão coincide com o nascimento, resultando em uma curva não sigmóide. Esse modelo é muitas vezes utilizado para bovinos de corte, que nascem com desenvolvimento fisiológico bastante avançado, como se já tivessem superado a fase de aceleração (Forni, 2007).

De acordo com Fialho (1999), o modelo de Gompertz possui vantagens, pois a massa corporal inicial é sempre superior a zero, indicando que o animal já nasce com alguma massa, além de que a aceleração inicial no crescimento é maior do que a desaceleração após o  $t^*$ , se tornado adequado para descrever o crescimento nesta situação.

As fêmeas possuem geralmente peso à maturidade superior aos machos, devido o intenso desenvolvimento do aparelho reprodutivo e à maior deposição de gordura próximo à maturidade sexual (Neme et al., 2006), sendo que as diferenças entre ambos se iniciam por volta da terceira à quarta semana de idade (Oguz et al., 1996). As codornas, mesmo precoces, possuem peso à maturidade elevado, o que permite deduzir que essas aves vêm sofrendo uma intensa seleção, atentando-se ao peso corporal (Drumond et al., 2013).

É importante observar que, em alguns casos, o  $\beta_1$  das fêmeas foi inferior em relação ao encontrado na literatura, o que é interessante quando se reflete sobre o consumo alimentar e o custo com a manutenção corporal. Porém, essa variação pode ser explicada devido às diferenças genéticas entre as linhagens de codornas japonesas e também por fatores não genéticos, como temperatura, umidade relativa, nutrição, estação do ano, fotoperíodo, entre outros.

#### 4.1.2. Parâmetro $\beta_2$

O parâmetro  $\beta_2$  é uma constante de integração relacionada ao peso inicial do animal, indica a proporção do crescimento assintótico a ser ganho após o nascimento (Amaral, 2008).

As estimativas obtidas para as quatro equações, por inferência Bayesiana, indicaram que os valores de  $\beta_2$  encontrados para Gompertz (2,788) e Logístico (2,069) se assemelham e possuem menor diferença (0,72) mostrando uma maior relação entre ambas ao determinar a constante, os valores obtidos para Brody (1,042) e Von (0,670) são muito diferentes dos valores obtidos para essas equações anteriores, com esses valores diferindo entre si e mostrando uma menor relação.

Em um estudo com bovinos de corte e utilizando inferência Bayesiana, Forni (2007) verificou que o peso à maturidade e o parâmetro  $\beta_2$  estão negativamente correlacionados. Os maiores valores do parâmetro  $\beta_2$  estavam associados a menores pesos ao nascimento nos modelos de Brody, Von Bertalanffy, Richards e Gompertz. Verificou-se que os maiores valores de  $\beta_2$  foram observados nos modelos de Gompertz (2,788) e de Logístico (2,069), e esses modelos apresentaram menores pesos à maturidade, respectivamente (158,80g e 156,20g).

O fato é que o parâmetro  $\beta_2$  não possui interpretação biológica, o qual não cabe ser discutido demasiadamente, sendo utilizado apenas para adequar o valor inicial do peso vivo, fazendo com que a curva passe pela origem quando  $y \neq 0$  e, ou  $t \neq 0$ , ou seja, quando se tem os valores de ambos (Drumond et al., 2013; Veloso et al., 2013).

#### 4.1.3. Parâmetro $\beta_3$

O parâmetro  $\beta_3$  é referido como um índice de maturidade que estima a taxa relativa em que o peso à maturidade é alcançado, ou seja, é a taxa na qual uma função logarítmica de peso muda de forma linear por unidade de tempo (Braccini Neto et al., 1996).

Os parâmetros  $\beta_1$ ,  $\beta_3$  e  $t^*$  possuem interpretação biológica e são considerados os parâmetros de maior importância a serem avaliados nas curvas de crescimento. Em sua interpretação biológica  $\beta_3$  é tido como uma medida de crescimento, pois influencia a taxa de crescimento ou velocidade de ganho (Braccini Neto et al., 1996). Quanto maior seu valor, menor é o tempo para atingir seu máximo crescimento, sendo o animal mais precoce. Valores baixos de  $\beta_3$  indicam maturidade tardia (Silva et al., 2004).

A maior estimativa de taxa de maturidade foi observada no modelo Logístico (0,092), seguido pelo de Gompertz (0,063) e o de Von Bertalanffy (0,054), sendo o menor valor obtido para o modelo de Brody (0,034), confirmando o fato de que existe uma alta e negativa correlação entre a taxa de maturidade e o peso à maturidade, assim os modelos que apresentam altos valores para peso à maturidade apresentam baixos valores para taxa de maturação (Silva et al., 2004; Veloso et al., 2013).

De acordo, o modelo Brody apresentou o maior valor de peso à maturidade (167,10g), sendo o contrário verificado para o modelo Logístico, que obteve o menor peso à maturidade (156,20g). Esse maior  $\beta_3$  observado em Logístico indica que o animal demorou menos para atingir sua maturidade. É interessante notar que a ordem do maior para o menor valor da taxa de maturidade segue uma ordem inversa, ao maior e menor valor obtido para peso à maturidade.

Conforme esse estudo, Manrique (2012) avaliando curvas de crescimento para peixes, também observou que o modelo Logístico apresentou o menor peso à maturidade e a maior velocidade de crescimento, seguido pelas equações de Richards, Gompertz e Von Bertalanffy.

Discordando, Drumond et al. (2013) avaliaram codornas de corte (fêmeas e machos) do nascimento aos 42 dias de idade. Ao compararem modelos não lineares para descrever o crescimento, observaram que a equação de Von obteve as menores estimativas para a taxa de maturidade.

#### *4.1.4. Parâmetro $t^*$*

O parâmetro  $t^*$  é interpretado como a idade em que uma espécie atinge o crescimento máximo, ou seja, o ponto de inflexão (Borges, 2008). Refere-se ao momento em que o animal passa de uma fase de crescimento acelerado para uma fase de crescimento inibitório, no qual seus ganhos em peso são reduzidos. O ponto de inflexão nas funções de Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy é fixo, definindo o

formato da curva (Drummond et al., 2013). O modelo de Brody não possui ponto de inflexão e o de Richards possui ponto não fixo (M).

De acordo com Neme et al. (2006) aves mais leves atingem o ponto de inflexão da curva de crescimento primeiro que as aves mais pesadas. Nos resultados encontrados, observou-se que as codornas Vicami 2014 apresentaram, durante todo seu desenvolvimento, pesos corporais inferiores ao encontrado na literatura, e ao determinar o ponto de inflexão, verificou-se que aos 16,27 dias essas codornas atingiram seu máximo crescimento corporal. O fato desta linhagem ter se mostrado precoce pode ser atribuído aos trabalhos de melhoramento genético que vêm sendo realizados. Outro fator que pode ter contribuído para a precocidade é a criação somente de fêmeas, e o plantel ter se apresentado bastante homogêneo durante todas as pesagens.

Du Preez & Sales (1997) utilizando a equação de Gompertz por métodos frequentistas, e avaliando o crescimento de codornas europeias até os 194 dias de idade, determinaram que as fêmeas atingem máximo crescimento aos  $16,4 \pm 0,46$  dias de idade e os machos aos  $13,4 \pm 0,33$  dias, e as taxas de crescimento obtidas foram 0,097 para machos e 0,077 para fêmeas, sendo esta maior do que a obtida para as fêmeas aqui estudadas (0,063).

Drummond et al. (2013) afirmaram que o rápido crescimento das codornas é muito importante, pois quanto mais rápido é o crescimento menor é o tempo necessário para se atingir a idade adulta, consecutivamente alterando gastos com a alimentação, diminuindo os intervalos de geração e possibilitando um aumento de ganho genético a cada geração.

Grieser (2012) determinou que as fêmeas de codornas de postura da linhagem amarela possuem máximo crescimento aos 22,31 dias e as aves da linhagem vermelha aos 21,83 dias de idade, valores superiores ao obtido nesse estudo. Porém observa-se que apresentam menor taxa de maturidade (0,054 amarela e 0,057 vermelha) do que o estimado para as codornas Vicami 2014 pela equação de Gompertz (0,063), o que pode justificar o menor tempo em atingir o ponto de inflexão para as codornas Vicami 2014.

Para as codornas Vicami 2014 o ponto de inflexão foi obtido antes da metade do período experimental (119 dias), indicando que sejam animais precoces. Segundo Grossman et al. (1982) a distribuição da taxa de crescimento em relação ao ponto de inflexão é assimétrica, portanto, o ponto de inflexão não se situa no centro da curva.

Santos (2008) avaliando duas variedades da linhagem Hy-line também observou que os pontos de inflexão para cada curva foram obtidos antes dos 50% do período

avaliado (72 semanas de idade). Essas observações podem ser atribuídas ao fato de que modelos de crescimento possuem  $t^*$  fixos, o que geralmente é observado na fase inicial da curva. Para Gompertz, seu  $t^*$  está fixo em 35 – 40% (parte inicial) do crescimento até a maturidade física, para Von fixo em 30% do peso à maturidade, para Logístico entre 41 e 44% de  $\beta_1$ .

O  $t^*$  encontrado para as aves Vicami 2014 se assemelha ao encontrado por Grieser (2012) para machos de postura (amarela = 14,88 dias e vermelha = 15,76 dias), sendo levemente superior (16,27 dias), pois as fêmeas demoram um pouco mais para atingirem seu máximo crescimento, devido ao desenvolvimento reprodutivo e à deposição de gordura corporal e nos órgãos.

#### *4.1.5. Avaliação da qualidade de ajuste*

Para a avaliação da qualidade de ajuste dos modelos aos dados, foram obtidos os valores de DIC (Critério Desvio-Informação) para as quatro equações utilizadas. O menor valor de DIC encontrado foi para a função de Von Bertalanffy (617,1) e, ao comparar as equações com o menor valor, o único modelo que obteve uma diferença menor que cinco pontos foi o modelo de Brody (619,2). Os modelos de Gompertz (630,9) e Logístico (668,2) proporcionaram diferenças superiores a 10 pontos, mostrando ser altamente significativa.

Segundo Braccini Neto et al. (1996) a curva de Von Bertalanffy descreve adequadamente o crescimento de aves de postura, pois seu ponto de inflexão está situado na fase inicial de crescimento, quando o animal atinge 30% de seu completo crescimento.

Para esta situação, observou-se que tanto o modelo de Von quanto o de Brody obtidos por inferência Bayesiana foram os que melhor se ajustaram para os dados de peso vivo em codornas de postura Vicami 2014. Concordando com Braccini Neto et al, (1996) a equação de Brody seguida pela equação de Von Bertalanffy, obtidas por metodologia frequentista, ajustaram-se melhor aos dados e foram capazes de descrever com acurácia semelhante o crescimento em aves de postura.

No entanto, Narinc et al. (2010), avaliando 11 modelos e suas qualidades de ajuste aos dados, para codornas de postura, obtiveram resultados que indicam que o modelo de Gompertz foi o mais apropriado em termo de ajuste de dados e os modelos de Brody e exponencial negativo foram os que apresentaram a pior qualidade de ajustamento de dados, não sendo muito indicados para descrever o crescimento em codornas.

Em um estudo de crescimento de eucaliptos, abordando a metodologia Bayesina e assumindo alguns critérios de seleção para o melhor modelo, Campos (2011) observou que o modelo de Brody, com a suposição de distribuição skew normal, foi o modelo mais versátil entre os quatro modelos avaliados (Brody, Gompertz, Logístico e Von), além de que, entre um dos critérios de seleção apresentou menor DIC.

Para avaliar o ajuste de dados de ovinos Santa Inês para cinco equações (Richards, Brody, Gompertz, Von Bertalanffy e Logística), utilizando alguns critérios de ajuste frequentistas, como o coeficiente de determinação, o quadrado médio do resíduo e o erro de predição médio, Lobo et al. (2006) verificaram que todos os modelos, exceto o de Richards, subestimaram a maior parte dos valores preditos para ovinos Santa Inês.

Existem diferentes equações de crescimento que podem ser utilizadas por diferentes espécies e cada curva possui uma forma de comportamento e de ajuste aos dados, de acordo com a situação imposta e os dados obtidos.

Existe outra forma de verificar a qualidade de ajustamento (Braccini Neto et al., 1996). Determina-se o maior peso observado durante o período experimental, que no caso foi 166,73g aos 98 dias de idade, e então se faz a diferença deste valor com os pesos à maturidade das equações, sendo que a menor diferença encontrada indica a melhor qualidade de ajuste. As menores diferenças encontradas foram para a equação de Brody (-0,37) e a de Von Bertalanffy (6,33), confirmando que possuem melhor ajustamento de dados.

## *4.2. Composição química corporal*

### *4.2.1. Parâmetro $\beta_1$*

O crescimento corporal é determinado pela deposição de proteína, gordura e cinzas e a composição química corporal sofre mudanças durante o crescimento da ave, tanto em termos químicos como físicos, pois a taxa de ganho de diferentes componentes não é diretamente proporcional à taxa de crescimento em diferentes pesos (Marcato, 2007).

O  $\beta_1$  para a composição química corporal determina o peso que o componente corporal deve atingir próximo à maturidade (Murakami & Franco, 2004).

Os valores obtidos de peso à maturidade para deposição de gordura mostram que existe uma pequena variação quando se compara as quatro equações (Tabelas 6, 7, 8 e 9). A maior diferença encontrada é entre a equação de Brody e a de Logístico (2,35g), que possui maior e menor valor estimado. O mesmo ocorre para a proteína, cuja a diferença entre ambas as equações é de 2,54g de proteína. Assim como para a deposição

de cinzas (0,41g) e água (6,60g). Essas equações seguem o mesmo padrão já observado de  $\beta_1$  para o crescimento corporal, confirmando a relação entre crescimento corporal e deposição de constituintes corporais. As equações avaliadas descrevem adequadamente a deposição dos componentes corporais, porém, em alguns casos o modelo de Brody superestima os valores de  $\beta_1$ .

Segundo Manrique (2012), o modelo de Brody pode ser usado para analisar a taxa de deposição de nutrientes, porque não possui um ponto de inflexão. Em equações que possuem o ponto de inflexão fixo (Gompertz, Logístico, Von Bertalanffy), ele pode ser um limitante, pois esse ponto incide em pesos menores à metade do peso final e pode variar dependendo da idade, sexo, manejo e espécie.

Frangos de corte machos possuem maior peso à maturidade ( $P < 0,05$ ) de água e proteína e menor peso de lipídio na carcaça em relação às fêmeas (Gous et al., 1999). Essas diferenças entre os componentes corporais são atribuídas às diferenças em composições corporais entre sexos e às diversas correlações positivas e negativas existentes no organismo entre os nutrientes e tecidos (Brito, 2007).

São observados que os valores de  $\beta_1$  para a proteína são maiores que os encontrados para a gordura, nas quatro equações (Tabelas 6, 7, 8 e 9). Quando se avalia o conteúdo de proteína e gordura na carcaça com base na matéria natural, a proteína é superior em relação à gordura, pois para cada grama de proteína há quatro gramas de água associada, somando cinco gramas, e obtendo-se a relação de 5:1 com a gordura (Leeson, 1995 citado por Brito, 2007).

#### 4.2.2. Parâmetro $\beta_3$

Para a deposição de gordura, as codornas Vicami 2014 apresentaram valores de taxa de maturidade variando de 0,020 a 0,080. Para a deposição de proteína corporal, os valores de  $\beta_3$  variam de 0,032 a 0,092. Os valores obtidos pelas equações de Gompertz (0,063) e Logístico (0,092) estão próximos aos observados por Grieser (2012), obtidos por Gompertz (método frequentista), para duas linhagens de codornas de postura (0,076 amarela e 0,084 vermelha). Para a deposição de cinzas, os valores variaram de 0,035 a 0,117, enquanto, os valores obtidos por Grieser (2012) para as duas linhagens (0,054 amarela e 0,075 vermelha), ficaram próximos aos aqui estimados por Gompertz (0,078) e Von Bertalanffy (0,066). Para a deposição corporal de água, o  $\beta_3$  variou de 0,038 a 0,107, sendo que, os valores estimados por Grieser (2012) estão entre estes obtidos.

A partir das estimativas dos parâmetros, observa-se que a equação de Brody apresenta o menor valor de taxa de maturidade para gordura, proteína, cinzas e água e a equação de Logístico apresenta o maior valor para todos os constituintes corporais. Observa-se que, contrariamente, o modelo de Brody possui maior peso à maturidade para todos os constituintes corporais e o Logístico menor  $\beta_1$ , confirmando a alta e negativa correlação entre o peso à maturidade e a taxa de maturidade (Silva et al., 2004; Veloso et al., 2013).

Ao utilizar a equação de Brody, obtida por inferência Bayesiana para a deposição de nutrientes, pode-se ter o valor de taxa de maturidade subestimado, ao contrário para a equação de Logístico, que pode proporcionar valor superestimado da taxa de maturidade para a deposição de componentes corporais.

Freitas et al. (1984) verificaram que independentemente do sexo, os modelos Gompertz e Logístico apresentaram comportamento semelhante e adequado para as estimativas de pesos e taxas de ganho diário (g) para frangos e frangas até 68 dias de idade.

De acordo com Kessler & Snizek (2001) existe um limite para a deposição diária de proteína (carne magra), independentemente da quantidade de proteína ingerida. Isso se deve ao fato dessa deposição ser controlada geneticamente. Para a gordura, essa deposição depende da quantidade de nutrientes e energia disponíveis para sua síntese e deposição.

O ajuste das quatro curvas de crescimento e a obtenção de parâmetros adequados para todos os componentes corporais é atribuído à suficiente quantidade de dados coletados, a obtenção de dados completos e ao satisfatório tempo de avaliação, visto que as codornas foram avaliadas de 1 a 119 dias de idade. De acordo com Koncagul & Cardici (2009) para se obter estimativas confiáveis dos parâmetros das curvas de crescimento, os dados devem ser coletados até o ponto em que o crescimento da curva começa a se tornar plano ou quando ocorre o ponto de inflexão, onde a taxa de crescimento desacelera.

#### *4.2.3. Parâmetro $t^*$*

Aos 18 dias, ocorreu a máxima deposição de proteína para as codornas de postura (Vicami 2014) e a partir deste ponto ocorre uma mudança na deposição de proteína que passa de crescente para decrescente, em que as aves passam a direcionar sua energia ingerida para deposição de gordura corporal e visceral, incluindo ovário e oviduto,

compondo a reserva energética para seu desenvolvimento reprodutivo e início de reprodução. Essa mudança de direcionamento na deposição está relacionada aos sinais fisiológicos iniciais do desenvolvimento do sistema reprodutivo da ave (Neme et al., 2006).

De acordo com Silva et al. (2012) as codornas de corte possuem o pico máximo da taxa de crescimento aos 27 dias de idade. Provavelmente é o período em que ocorre maior deposição de proteína e de água na carcaça. Neste estudo, as codornas Vicami 2014 mostraram-se mais precoces para a máxima deposição de proteína e água.

Para a água aos 14 dias ocorre seu  $t^*$ , indicando que a ave passa a depositar menos água corporal. Nota-se que os pontos de inflexão da proteína e água são próximos, e que os maiores valores de peso à maturidade são obtidos para a água e proteína nas quatro equações, pois existe uma relação entre estes constituintes da carcaça. Quanto maior a composição de água na carcaça, mais proteína é depositada e menos gordura.

Corroborando Silva et al. (2003), os resultados do presente estudo sugerem que o aumento do conteúdo da proteína acompanha o aumento da água na carcaça, e que entre a água e a gordura existe uma alta correlação negativa, em que para cada aumento de 1% na água da carcaça ocorre queda de 1% no lipídeo da mesma.

A deposição de gordura neste estudo foi mais tardia (30 dias) que a de proteína, confirmando que o animal envelhece e continua sua deposição de gordura na carcaça, após reduzir a deposição de proteína e água. O mesmo efeito foi verificado por Santos (2008) para diferentes linhagens de poedeiras e programas nutricionais, comprovando que isto ocorre naturalmente na maioria dos animais.

Pesti & Bakalli (1997) também comprovaram uma estreita relação entre a porcentagem de água e de lipídios na carcaça, afirmando que o aumento percentual de lipídios na carcaça resulta na diminuição do percentual da água.

Os parâmetros  $\beta_1$ ,  $\beta_3$  e  $t^*$  da equação de Gompertz, estimados para a gordura em codornas de postura Vicami 2014, foram respectivamente: 12,82g, 0,053 e 30 dias. Para a proteína bruta, cinzas e água foram: 32,13g, 0,063 e 18 dias; 5,46g, 0,078 e 18 dias; 106,50g, 0,072 e 14 dias. A equação de Gompertz possibilitou a determinação do  $t^*$ , e deve ser avaliada adequadamente, pois possui propriedades desejáveis de uma equação de crescimento.

Grieser (2012), através da equação de Gompertz, obteve esses mesmos parâmetros para duas linhagens de postura, utilizando métodos frequentistas. Comparando seus valores aos valores obtidos nesse estudo, percebe-se que os valores de  $\beta_1$  para a

deposição da proteína foram semelhantes entre as diferentes linhagens (30,29g amarela, 30,91g vermelha e 32,13g linhagem Vicami 2014). Para cinzas o  $\beta 1$  para as codornas Vicami 2014 foi inferior (5,46g) ao encontrado para as duas linhagens (12,21g amarela e 8,12g vermelha). O peso à maturidade para deposição de água nas codornas Vicami foi superior (106,50) às demais linhagens (95,62 amarela e 96,78 vermelha).

Observou-se ainda que os valores de  $\beta 3$  para proteína bruta e água obtidos por Grieser (2012) são maiores que os encontrados nesse estudo, e para as cinzas as estimativas para as codornas Vicami 2014 (0,078) se assemelham aos obtidos para a linhagem vermelha (0,075). O tempo em que a taxa de crescimento é máxima para a proteína se assemelha para as três linhagens (18,41 dias amarela, 17,80 dias vermelha e 17,98 dias Vicami 2014). O mesmo é verificado para a água (15,09 dias para a amarela, 14,40 dias para vermelha e 14,43 dias para Vicami 2014). Para as cinzas, a estimativa de tempo para as codornas Vicami 2014 é inferior (17,88 dias), com diferença de dois dias para a estimativa da linhagem vermelha (21,78 dias).

As codornas de postura (amarela, vermelha e Vicami 2014) obtiveram semelhantes pesos à maturidade para a proteína e levaram quase o mesmo tempo para atingirem seu ponto de inflexão para a deposição de proteína. Além de que as codornas das duas linhagens apresentaram maiores  $\beta 1$  para as cinzas. Diante disso explica-se a deposição corporal de cinzas para essas aves ser mais tardia.

#### *4.2.4. Avaliação da qualidade de ajuste*

Na verificação da qualidade de ajuste dos modelos aos dados para a gordura corporal, o menor valor de DIC estimado foi para o modelo de Logístico (309,7). As diferenças entre os modelos são apresentadas na Tabela 10.

A maior diferença foi observada entre os modelos Brody e Logístico, sendo esta diferença altamente significativa, em que o modelo de Brody mostrou entre as quatro equações o pior ajuste de dados para a deposição de gordura. A diferença entre o modelo Logístico e de Von Bertalanffy foi altamente significativa e entre Gompertz é significativa, porém não altamente. Pode-se considerar que o modelo Logístico foi o que melhor se ajustou para os dados de gordura e descreve adequadamente seu crescimento corporal.

Para proteína bruta o menor valor de DIC estimado foi para o modelo de Von Bertalanffy (354,2). Os demais valores de DIC e as diferenças entre modelos se encontram na Tabela 10.

A maior diferença obtida foi entre os modelos de Von Bertalanffy e Logístico, sendo uma diferença altamente significativa, em que o modelo Logístico possui o melhor ajuste de dados para a gordura, porém o pior ajuste de dados para a proteína. Isso se deve, talvez, ao fato de existir uma correlação negativa entre proteína e gordura. Entre Von Bertalanffy e Brody existe uma diferença altamente significativa e entre Von Bertalanffy e Gompertz, uma diferença significativa. O modelo de Von Bertalanffy pode ser usado para descrever o crescimento da proteína corporal.

Avaliando a qualidade de ajuste dos modelos aos dados de cinza, observa-se que o modelo de Von Bertalanffy possui o menor valor (127,2). Os demais valores de DIC e as diferenças entre os modelos estão apresentados na Tabela 10.

A maior diferença foi obtida entre os modelos Von Bertalanffy e Brody, sendo altamente significativa. A diferença entre Von Bertalanffy e Logístico também é altamente significativa, e não existe diferença significativa entre os modelos de Von Bertalanffy e Gompertz. As duas funções se ajustaram adequadamente aos dados de cinzas e ambas descrevem, de forma precisa, a deposição de cinzas corporal. O modelo de Von Bertalanffy mostrou um ajuste de dados adequado para a proteína e cinzas, que apresentam maior deposição nas fases iniciais de crescimento e, talvez, possuam alguma relação.

Realizando a mesma avaliação para a água, verificou-se que o menor valor de DIC foi obtido pelo modelo de Brody (578,9). Na Tabela 10 estão os valores dos DIC's e das comparações entre as quatro equações.

A maior diferença observada foi para os modelos de Brody e Logístico, sendo altamente significativa, mostrando mais uma vez uma correlação negativa entre gordura e água, visto que o modelo de Brody foi o que obteve pior qualidade de ajuste para os dados de gordura. A diferença entre Brody e Gompertz é altamente significativa e entre Von Bertalanffy não é significativa. Então, pode-se utilizar, além da equação de Brody que possui o menor DIC, a equação de Von Bertalanffy, pois não possuem diferença significativa para ajustamento dos dados. O modelo de Brody pode ter sido adequado para essa situação por não possuir ponto de inflexão.

## 5. Conclusão

Foi possível estimar os parâmetros de peso vivo e composição corporal nas codornas de postura Vicami 2014 para os quatro modelos, avaliados por meio de inferência Bayesiana. De maneira geral, todos os modelos apresentaram boa qualidade

de ajuste na abordagem Bayesiana utilizando *priori* não informativa. A obtenção de parâmetros e ajustes adequados pela metodologia Bayesiana tornou possível a seleção, entre modelos do que melhor se ajustou a determinados conjuntos de dados, sendo muito importante para uma adequada avaliação do crescimento corporal no animal. O modelo de Von Bertalanffy se mostrou muito versátil para descrever o crescimento de alguns constituintes corporais e o de Gompertz, mesmo não apresentando adequado ajuste de dados em algumas situações, é muito indicado quando se trabalha com composição química corporal, peso de órgãos e a relação entre peso vivo e idade.

## 6. Referências

- Amaral, M.T.R., 2008. Abordagem bayesiana para curva de crescimento com restrições nos parâmetros. PhD Diss. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.
- Borges, A.I.C., 2008. Interface “comparação de curvas de crescimento”: aplicação matemática para o auxílio na comparação de curvas de crescimento de populações de peixes. PhD Diss. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Portugal.
- Braccini Neto, J., Dionello, N.J.L., Silveira JR., P., Bongalhardo, D.C., Xavier, E.G., 1996. Análise de curvas de crescimento de aves de postura. R. Soc. Bras. Zootec. 25, 1062- 1073.
- Brito, C.O., 2007. Avaliação de dietas formuladas com aminoácidos totais e digestíveis e estimativas do crescimento e da deposição de nutrientes em frangos de corte. PhD Tesis. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- Campos, A.M., 2011. Uma abordagem bayesiana para alguns modelos de crescimento na presença de assimetria e heteroscedasticidade. PhD Diss. Universidade Estadual Paulista, São Carlos, Brasil.
- Costa, R.L.D., Afonso, V.A.C., Quirino, C.R. 2007. Utilização de funções não-lineares para descrição de curvas de crescimento em ovinos. Pesquisa & Tecnologia. 4, 1-10.

- Drumond, E.S.C., Gonçalves, F.M., Veloso, R.C., Amaral, J.M., Balotin, L.V., Pires, A.V., Moreira, J., 2013. Curvas de crescimento para codornas de corte. *Cienc. Rural*. 43, 1872-1877.
- Du Preez, J.J., Sales, J., 1997. Growth rate of different sexes of the European quail (*Coturnix coturnix*). *Br. Poult. Sci.* 38, 314-315.
- Fialho, F. B., 1999. Interpretação da curva de crescimento de Gompertz. Embrapa-CNPSA, Concórdia Santa Catarina, Brasil. 237, 1-4.
- Flauzina, L.P., 2007. Desempenho produtivo e biometria de vísceras de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta. PhD Diss. Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil.
- Forni, S., 2007. Análise da curva de crescimento de bovinos da raça nelore utilizando funções não lineares em análises bayesianas. PhD Tesis. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- Freitas, A.R., Albino, L.F.T., Filho, T.M., Rosso, L.A., 1984. Modelos de curvas de crescimento em frangos de corte. *Pesq. agropec. bras.* 19, 1057-1064.
- Freitas, A. R., 2005. Curvas de Crescimento na Produção Animal. *R. Bras. Zootec.* 34, 786-795.
- Geweke, J., 1992. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments (with discussion). In: Bernardo, J.M., Berger, J. O., Dawid, A. P., Smith, A. F. M. (Eds.), *Bayesian statistics*. 4<sup>a</sup> ed. University Press, Oxford, pp. 169-93.
- Gous, R.M., Moran JR., E.T., Stilborn, H.R., Bradford, G.D., Emmans, G.C., 1999. Evaluation of the parameters needed to describe the overall growth, the chemical growth, and the growth of feathers and breast muscles of broilers. *Poult. Sci.* 78, 812-821.
- Grieser, D.O., 2012. Estudo do crescimento e composição corporal de linhagens de codornas de corte e postura. PhD Diss. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil.

- Grossman, M., Bohren, B.B., Anderson, B.L., 1982. Logistic growth curves of chicken: a comparison of the techniques to estimate parameters. *J. Hered.* 76, 397-399.
- Heidelberg, P., Welch, P., 1983. Simulation run length control in the presence of an initial transient. *Oper. Res.* 31, 1109-1144.
- Kessler, A.M., Snizek, P.N., 2001. Considerações sobre a quantidade de gordura na carcaça do frango. In: *Anais da Reunião Anual da sociedade Brasileira de Zootecnia*. Piracicaba, SP, Brasil, pp. 111-159.
- Koncagul, S., Cadirci, S., 2009. Comparison of three non-linear models when data truncated at different lengths of growth period in Japanese quails. *Arch. Geflügelk.* 73, 7-12.
- Lobo, R.N.B., Villela, L.C.V., Lobo, A.M.B.O., Passos, J.R.S., Oliveira, A.A., 2006. Parâmetros genéticos de características estimadas da curva de crescimento de ovinos da raça Santa Inês. *R. Bras. Zootec.* 35, 1012-1019.
- Lopes, F.B., Silva, M.C., Marques, E.G., Ferreira, J.L., 2011. Ajustes de curvas de crescimento em bovinos nelore da região norte do Brasil. *Rev. Bras. Saúde Prod. An.* 12, 607-617.
- Manrique, C.H.E., 2012. Modelos não lineares, alometria e dinâmica de macromoléculas para analisar o crescimento do Acará Bandeira. PhD Diss. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- Marcato, S.M., 2007. Características do crescimento corporal, dos órgãos e tecidos de duas linhagens comerciais de frangos de corte. PhD Tesis. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- Mazucheli, J., Souza, R.M., Philippsen, A.S., 2011. Modelo de crescimento de gompertz na presença de erros normais heterocedásticos: Um estudo de caso. *Rev. Bras. Biom.* 29, 91-101.
- Murakami, A.E., Franco, J.R.G., 2004. Nutrição de codornas japonesas em postura. In: *Zootec. Brasília*, Distrito Federal, Brasil. pp. 1-21.

- Narinc, D., Karaman, E., Firat, M. Z., Aksoy, T., 2010. Comparison of non-linear growth models to describe the growth in Japanese quail. *J. Anim. Vet. Adv.* 9, 1961-1966.
- Neme, R., Sakomura, N.K., Fukayama, E.H., Freitas, E.R., Fialho, F.B., Resende, K.T., Fernandes, J.B.K., 2006. Curvas de crescimento e de deposição dos componentes corporais em aves de postura de diferentes linhagens. *R. Bras. Zootec.* 35, 1091-1100.
- Oguz, I., Altan, O., Kirkpinar, F., Settar, P., 1996. Body weights, carcass characteristics, organ weights, abdominal fat and lipid content of liver and carcass on two lines of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*), unselected and selected for four week body weight. *Br. Poult. Sci.* 37, 579-588.
- Oliveira, H.N., Lobo, R.B., Pereira, C.S., 2000. Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça guzerá. *Pesq. Agropec. Bras.* 35, 1843-1851.
- Paz, C.C.P., Packer, I.U., Freitas, A.R., Tambasco-Talhari, D., Regitano, L.C.A., Alencar, M.M., Cruz, G.M., 2004. *R. Bras. Zootec.* 33, 1416-1425.
- Pereira, W.G., Siqueira, J.C., Bonfim, D.S., Ribeiro F.B., Bomfim, M.A.D., Oliveira, F.L., Sousa, L.F., Gonçalves Júnior, J.R.A., 2014. Modelos não lineares para descrever o crescimento da carcaça de codornas de corte. In: *Anais do XXIV Congresso Brasileiro de Zootecnia*. Vitória, ES, Brasil, pp. 1-3.
- Pesti, G. M., Bakalli, R. I., 1997. Estimation of the Composition of Broiler Carcasses from their Specific Gravity. *Poult. Sci.* 76, 948-951.
- R Development core team, 2014. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.rproject.org.2014>>. Acesso em: 20/12/2014.
- Rossi, R.M., 2011. Introdução aos métodos Bayesianos na análise de dados Zootécnicos com uso do Winbugs e R. 1ª ed. Maringá: Eduem.
- Rostagno, H.S., Albino, L.F.L., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Barreto, S.L.T., Euclides, R.F., 2011. Tabelas brasileiras para

- aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Brasil.
- Sakomura, N.K., Longo, F.A., Oviedo-Rondon, E.O., Boa-Viagem, C., Ferraudo, A., 2005. Modeling energy utilization and growth parameter description for broiler chickens. *Poult. Sci.* 84, 1363 -1369.
- Sakomura, N.K., Rostagno, H.S., 2007. Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos. FACV/UNESP, Jaboticabal, Brasil.
- Santos, A.L., 2008. Desempenho, crescimento, qualidade do ovo, composição corporal e características produtivas e ósseas de poedeiras submetidas a diferentes programas nutricionais. PhD Tesis. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga, São Paulo, Brasil.
- Silva, J.H.V., Albino, L.F.T., Nascimento, A.H., 2003. Estimativas da Composição Anatômica da Carcaça de Frangos de Corte com Base no Nível de Proteína da Ração e Peso da Carcaça. *R. Bras. Zootec.* 32, 344-352.
- Silva, N.A.M., Aquino, L.H., Silva, F.F., Oliveira, A.I.G., 2004. Curvas de crescimento e influência de fatores não-genéticos sobre as taxas de crescimento de bovinos da raça nelore. *Ciênc. agrotec.* 28, 647-654.
- Silva, D.J., Queiroz, A.C., 2006. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3ª ed. UFV, Viçosa, p. 235.
- Silva, J.H.V., Filho, J.J., Costa, F.G.P., Lacerda, P.B., Vargas, D.G.V., Lima, M.R., 2012. Exigências nutricionais de codornas. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 13, 775-790.
- Veloso, R.C., Costa, L.S., Drumond, E.S.C., Pires, A.V., Filho, R.A.T., Carneiro, A.P.S., 2013. Modelos não-lineares para descrever o crescimento de frangos tipo caipira. In: X Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal. Uberaba, MG, Brasil.

#### **IV – Inferência Bayesiana na avaliação do crescimento de órgãos utilizando quatro modelos não-lineares para codornas de postura**

**Resumo** – Este trabalho objetivou estimar os parâmetros das equações de Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy por meio de inferência Bayesiana, estudar o perfil de crescimento dos órgãos viscerais (fígado, moela, coração e intestino) e reprodutivos (ovário, oviduto e suas cinco partes constituintes) e ajustar as curvas de crescimento aos dados de peso dos órgãos selecionando a equação que represente adequadamente o crescimento para cada órgão em fêmeas de codornas de postura (*Coturnix coturnix japonica*) Vicami 2014. Foram utilizadas 1200 codornas, de 1 a 119 dias de idade, durante as fases de cria e recria (1 a 42 dias). Na fase de produção (após 42 dias) as codornas foram transferidas para o galpão de postura e alojadas em gaiolas de postura individuais, sendo submetidas a um programa de luz. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com cinco repetições e 240 codornas por repetição, nas fases de cria e recria, e cinco repetições com 100 codornas por repetição, na fase de postura. As aves foram alimentadas à vontade com uma dieta formulada para atender às exigências nutricionais. Os pesos de órgãos viscerais foram obtidos de 1 a 119 dias. Os órgãos reprodutivos foram avaliados no período de 28 a 119 dias de idade (ovário e oviduto) e os componentes do oviduto dos 49 aos 119 dias de idade. Os pesos dos órgãos e comprimento de intestino delgado foram avaliados, possibilitando a elaboração das quatro equações (Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy) por meio de inferência Bayesiana. Os parâmetros peso à maturidade, constante de integração, taxa de maturidade e seus respectivos intervalos de credibilidade nos quatro modelos, para órgãos viscerais e reprodutivos, foram estimados por inferência Bayesiana. O ponto de inflexão foi determinado por meio da 1ª e 2ª derivada da equação de Gompertz para todos os órgãos. Com base no Critério Desvio Informação (DIC) todos os modelos apresentaram bom ajustamento aos dados, observando que para as variáveis estudadas e analisadas existe um modelo que melhor se ajusta. Quanto à interpretação biológica, de forma geral, o modelo Gompertz mostrou-se adequado, pois além de possuir características desejáveis não se ajustou somente para algumas situações. O modelo Von Bertalanffy mais uma vez mostrou-se versátil para representar o crescimento de órgãos viscerais e reprodutivos, o modelo Brody obteve a maior quantidade de conjunto de dados ajustados, mostrando-se uma alternativa

adequada para algumas situações e o modelo Logístico foi o modelo que obteve pior qualidade de ajuste aos dados.

**Palavras-chave:** curvas de crescimento, desenvolvimento, qualidade de ajuste

#### **IV – Bayesian inference in assessing the organs growth using four non-linear models for laying quails**

**Abstract** – This study aimed to estimate the parameters of the Gompertz, Brody, Logistic and Von Bertalanffy equations through Bayesian inference, study the growth profile of the visceral organs (liver, gizzard, heart and intestine) and reproductive (ovary, oviduct and its five shares constituents) and fit the growth curves to organ weight data by selecting the equation that adequately represents growth for each organ in females laying quails (*Coturnix coturnix japonica*) of Vicami 2014. 1200 quails from 1 to 119 days old were created in the growing and recreating phases (1 to 42 days) in the shed and housed in pens. In the laying phase (after 42 days) quails were transferred to the laying house, housed in individual laying cages and subjected to a lighting program. The experimental design was completely randomized with five replicates and 240 quails per repetition during the growing and recreating phases, and five replicates with 100 quails per repetition in the laying phase. The birds were full fed with diet formulated to meet the nutritional requirements. The visceral organ weights were obtained from 1 to 119 days old. The reproductive organs were evaluated in the period from 28 to 119 days old (ovary and oviduct) and oviduct components from 49 to 119 days old. The weight of organs and length of small intestine were evaluated, enabling the development of the four equations (Gompertz, Brody, Logistic and Von Bertalanffy) using Bayesian inference. The parameters mature weight, integration constant, maturity rate and their credibility intervals in four models for visceral and reproductive organs, were estimated by Bayesian inference. The inflection point was determined by the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> derivative of the Gompertz equation for all organs. Based on Deviation Information Criterion (DIC) all models showed good fit to the data, noting that for the variables studied and analyzed there is a model that best fits. As for the biological interpretation, in general, the Gompertz model was adequate, as well as having desirable characteristics did not fit only for some situations. The Von Bertalanffy model again proved to be very versatile to represent the growth of gut and reproductive organs, Brody model achieved the highest amount of the adjusted data set, revealing a suitable alternative for some situations and Logist model was the model that got worse quality of fit to the data.

**Keywords:** adjustment, growth curves, development

## 1. Introdução

O desenvolvimento da ave pode ser interpretado como a soma dos pesos dos órgãos e das partes, porém, existem fatores que podem interferir nesse desenvolvimento, como a genética, o sexo, a nutrição, o manejo e o ambiente. De acordo com esses fatores, cada parte do corpo do animal possui um desenvolvimento diferenciado (Marcato, 2007).

Em aves, alguns órgãos iniciam seu desenvolvimento na fase embrionária, antes mesmo da eclosão, e o continuam de modo acelerado após o nascimento, visando atender às necessidades do animal e se adequar em suas funções no organismo. Segundo Rezende et al. (2004), nas primeiras semanas de vida, ocorre um desenvolvimento da superfície absorptiva do trato digestivo das aves, muito importante para que a ave tenha pleno aproveitamento dos nutrientes e conseqüentemente um adequado desempenho.

Para que a codorna apresente o máximo desenvolvimento é essencial que a ave apresente um bom desenvolvimento dos órgãos, visto que um crescimento adequado permite ao animal pleno funcionamento de todo o organismo e a expressão de suas máximas características produtivas. De acordo com Lilja et al. (1985) o tamanho do intestino e da moela está relacionado à capacidade de ingestão e digestão dos mesmos pelo animal, ou seja, quanto maior seu tamanho maior é sua capacidade.

O adequado desenvolvimento de órgãos viscerais é muito importante, assim como o desenvolvimento de órgãos como ovário e oviduto, pois estes órgãos estão relacionados à reprodução e a produção de ovos pelas aves. Assim, dar todas as condições para este adequado desenvolvimento implica na codorna de postura ter uma eficiente produção de ovos. A ave possui ovário e oviduto esquerdo funcionais. No ovário é produzido o óvulo, que posteriormente será um ovo, constituído de gema, albúmen, membranas da casca e casca, o oviduto se divide em cinco regiões (infundíbulo, magno, ístmo, útero e vagina) que desempenham papel importante na formação do ovo (Carneiro et al., 2014).

A avaliação do crescimento corporal ou de órgãos nos animais é feita pela utilização de modelos matemáticos de crescimento. De modo geral, esses modelos (Gompertz, Brody, Logístico, Von Bertalanffy, etc) predizem o crescimento corporal e de órgãos em qualquer idade do animal, possibilitando a obtenção de parâmetros que fornecem informações a respeito de como esse crescimento se comporta (Marcato et al., 2010).

As curvas de crescimento são obtidas através da estimativa desses parâmetros por modelos não-lineares e geralmente encontram-se três parâmetros. O peso à maturidade

corresponde à assíntota e os outros parâmetros determinam a configuração da curva de crescimento. Quando se estima esses parâmetros, obtêm-se informações importantes sobre as fases de crescimento dos animais e, ao conhecer o padrão de crescimento da espécie, é possível uma melhor avaliação da população, adequando um manejo nutricional mais eficiente e econômico que priorize as necessidades nutricionais das aves, de acordo com as diferentes fases de crescimento, objetivando uma melhora na eficiência alimentar e produtiva dos animais (Silva et al., 2006; Gous, 2008).

Com o objetivo de determinar o modelo matemático mais adequado para a simulação do crescimento de órgãos viscerais e reprodutivos em codornas de postura, foram comparadas quatro equações não lineares (Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy), cujos parâmetros foram obtidos por inferência Bayesiana.

## **2. Material e Métodos**

### *2.1. Instalações, delineamento e dieta experimental*

O experimento foi realizado no setor de Coturnicultura da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Foram utilizadas 1200 fêmeas de codornas de postura de um dia de idade. As aves, no período de cria e recria (1 a 42 dias), foram alojadas em um galpão convencional, com cobertura de telha de barro, piso de terra batida e paredes laterais de alvenaria com 0,50m de altura, completadas com tela de arame até o telhado. Foram usados 20 boxes de 5,0m<sup>2</sup> para alojamento das codornas, em que quatro boxes foram considerados como sendo uma repetição, totalizando cinco repetições.

Os comedouros utilizados foram do tipo bandeja e os bebedouros infantis até os 10 dias de idade, sendo substituídos por comedouros e bebedouros pendulares utilizados até os 42 dias de idade. A cama utilizada foi de palha de arroz, revestida na primeira semana de experimento com papelão corrugado. Após os 42 dias os comedouros utilizados foram do tipo calha e os bebedouros do tipo niple. O fornecimento de água e ração para as codornas foi à vontade por todo o período experimental.

Aos 42 dias foram transferidas 500 codornas para gaiolas de postura individuais, em um galpão de postura com cobertura de telha de barro, piso e paredes laterais de alvenaria com 0,50m de altura, completadas com tela de arame até o telhado.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com cinco repetições e 240 codornas por repetição na fase de cria e recria. Na fase de postura foram utilizadas cinco repetições com 100 codornas por repetição, arranjadas em um

delineamento inteiramente casualizado (DIC). O período experimental foi de 1 a 119 dias de idade, dividido em fase de cria, recria (1 a 42 dias de idade) e postura (43 a 119 dias de idade).

O programa de iluminação utilizado foi o natural, durante o período experimental de cria e recria. Na fase de postura (após 42 dias), os grupos de aves foram submetidos a um programa de luz iniciado com 15 horas de luz, com aumento de 30 minutos por semana até completar 17 horas de luz total (natural + artificial) e 7 horas de escuro. Foi utilizado 2100 lux/ m<sup>2</sup> no galpão de postura.

Foram usados círculos de proteção nos boxes para evitar oscilações de temperatura e a incidência de vento sobre os animais, na fase inicial de criação, e como fonte de aquecimento, utilizaram-se campânulas elétricas com lâmpadas incandescentes por 24 horas, até o 7º dia de idade. Durante todo período experimental, os dados de temperatura e umidade relativa do ar (Tabela 1 e 2) foram registrados no início da manhã e no final da tarde, por intermédio de termo higrômetros de máxima e mínima.

Tabela 1. Média semanal da temperatura e umidade durante a fase de cria e recria dentro e fora dos boxes

Idade (dias)	Dentro do box		Fora do box			
	Temperatura (°C)		Temperatura (°C)		Umidade (%)	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
<b>1 a 7</b>	33,99	25,12	29,50	20,52	84,55	48,65
<b>8 a 14</b>	30,07	24,77	28,42	20,67	80,27	56,22
<b>15 a 21</b>	28,60	22,27	27,72	21,35	84,50	57,47
<b>22 a 28</b>	34,37	22,47	32,22	20,95	87,30	36,80
<b>29 a 35</b>	32,10	24,16	30,03	20,92	61,74	50,72
<b>36 a 42</b>	29,82	18,90	27,57	17,37	82,42	42,25

Tabela 2. Média semanal da temperatura e umidade durante a fase de produção dentro e fora dos boxes

Idade (dias)	Dentro do box		Fora do box			
	Temperatura (°C)		Temperatura (°C)		Umidade (%)	
	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima	Mínima
<b>43 a 49</b>	29,20	20,65	28,30	19,75	84,92	55,87
<b>50 a 56</b>	28,60	21,57	27,72	20,75	85,50	57,47
<b>58 a 63</b>	36,33	19,50	31,28	19,16	90,95	26,64
<b>64 a 70</b>	32,56	19,82	27,72	18,06	89,12	41,22
<b>71 a 77</b>	24,48	15,92	22,26	11,38	90,25	57,50
<b>78 a 84</b>	29,82	18,88	25,77	16,68	72,50	62,00
<b>85 a 91</b>	35,59	17,05	29,61	16,50	84,17	47,50
<b>92 a 98</b>	34,85	18,93	29,96	17,06	82,95	56,90
<b>99 a 105</b>	20,60	15,50	16,82	12,00	93,00	70,85
<b>106 a 112</b>	20,15	13,02	18,80	12,51	93,34	67,00
<b>113 a 119</b>	29,81	12,20	19,78	11,60	81,78	39,24

Foi formulada uma ração basal para fase de cria e recria (1 a 42 dias) e outra ração para a fase de postura, atendendo adequadamente às exigências nutricionais das codornas de acordo com a fase, conforme recomendações de Rostagno et al. (2011) para codornas de postura. As rações foram formuladas à base de milho e farelo de soja, levando em consideração os valores de composição química e energética dos alimentos também propostos por Rostagno et al. (2011).

Tabela 3. Composição centesimal, química e energética da ração para codornas de postura na fase de cria e recria (1 a 42 dias de idade) e para a fase de postura (43 a 119 dias de idade)

	<b>Fase de cria e recria</b>	<b>Fase de postura</b>
Ingredientes	Quantidade (kg)	
Milho grão	57,16	59,80
Farelo de soja (45%)	38,05	30,00
Óleo de soja	1,10	0,77
Fosfato bicálcico	1,41	1,09
Sal comum	0,39	0,32
Calcário	1,16	6,80
DL-Metionina	0,19	0,39
L-Lisina HCL	0,05	0,27
L-Treonina	0,09	0,03
L- Triptofano	-	0,03
Mistura vitamínica e mineral <sup>1</sup>	0,40	0,40
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>Valores Calculados</b>		
Energia metabolizável (Kcal/kg)	2,9013	2,8003
Proteína bruta (%)	22,01	18,79
Cálcio (%)	0,90	2,92
Fósforo disponível (%)	0,37	0,30
Sódio (%)	0,18	0,15
Potássio (%)	-	0,72
Cloro (%)	-	0,24
Metionina + cistina digestível (%)	0,76	0,90
Lisina digestível (%)	1,12	1,10
Treonina digestível (%)	0,79	0,66
Triptofano digestível (%)	-	0,23

<sup>1</sup>Mistura vitamínica/mineral (níveis de garantia por kg do produto); Vit,A – 4,500,000 UI; Vit, D3 – 1,250,000 UI; Vit, E – 4,000 mg; Vit, B1 – 278 mg; Vit, B2 – 2,000 mg; Vit, B6 – 525 mg; Vit, B12 – 5,000 mcg; Vit, K3 – 1,007 mg; Pantotenato de Cálcio – 4,000 mg; Niacina – 10,000 mg; Colina – 140,000 mg; Antioxidante – 5,000 mg; Zinco – 31,500 mg; Ferro – 24,500 mg; Manganês – 38,750 mg; Cobre – 7,656 mg; Cobalto – 100 mg; Iodo – 484 mg; Selênio – 127 mg,

## 2.2. Órgãos viscerais e reprodutivos

Para a avaliação do crescimento dos órgãos (fígado, moela, coração e intestino delgado e grosso) e comprimento do intestino delgado das codornas foi realizado um abate a cada três dias, até o período de 15 dias. Após esse período, o abate foi realizado semanalmente até os 42 dias de idade. O fígado foi o único órgão visceral que continuou sendo avaliado após os 42 dias, até o final do período experimental. Foram abatidas quatro codornas por repetição, totalizando 20 codornas para avaliação do crescimento dos órgãos viscerais, órgãos reprodutivos e desenvolvimento intestinal. Semanalmente, no período de 28 a 119 dias foi avaliado o crescimento dos órgãos reprodutivos ovário e oviduto. As cinco partes que constituem o oviduto (infundíbulo, magno, ístmo, útero e vagina) foram avaliadas no período de 49 a 119 dias de idade.

As codornas foram selecionadas pelo peso médio ( $\pm 5\%$ ) de cada unidade experimental e submetidas a seis horas de jejum alimentar para completo esvaziamento do conteúdo do trato gastrointestinal, recebendo água à vontade. Posteriormente foram pesadas, insensibilizadas e sacrificadas, de acordo com as normas propostas pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Estadual de Maringá.

Após o abate, foi feito o sangramento, sendo posteriormente retirada a pele juntamente com as penas das codornas, sem contato com água. Em seguida foram evisceradas por meio de corte abdominal, realizado com tesoura, e os órgãos foram pesados em balança de precisão.

## 2.4. Análise estatística

A partir dos valores de peso de órgãos viscerais e reprodutivos, e o comprimento de intestino delgado observados a campo, foram ajustadas quatro curvas de crescimento (Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy) para determinar o crescimento desses órgãos. Utilizou-se a inferência Bayesiana para obtenção das estimativas dos parâmetros dos modelos. Dentro deste procedimento, foi considerado que a resposta ( $Y_i$ ) segue distribuição Normal, isto é,  $Y_i \sim \text{Normal}(f(t_i), \tau)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Para o vetor de parâmetros da função não linear da curva,  $f(t_i)$ , e para  $\tau$ , foram consideradas *a priori* distribuições não-informativas, respectivamente,  $\beta \sim \text{Normal}(0, 10^{-6})$  e  $\tau \sim \text{Gama}(10^{-6})$ .

<sup>3</sup>,10<sup>-3</sup>) (parametrização OpenBUGS). A obtenção das distribuições marginais *a posteriori* para todos os parâmetros foi por meio do pacote BRugs do programa R (R Development core team, 2014). Foram gerados 11.000 valores em um processo MCMC (*Monte Carlo Markov Chain*), considerando um período de descarte amostral de 1.000 valores iniciais, assim, a amostra final contém 10.000 valores gerados. A convergência das cadeias foi verificada por meio do pacote CODA do programa R, pelo critério de Heidelberger e Welch (1983) e de Geweke (1992).

Foram empregadas as seguintes equações para ajuste dos dados e obtenção dos parâmetros de órgãos viscerais e reprodutivos dos animais:

$$\text{V) } y_i = \beta_1 \exp(-\beta_2 \exp(-\beta_3 t_i)) \quad (\text{Gompertz})$$

$$\text{VI) } y_i = \beta_1 (1 - \beta_2 \exp(-\beta_3 t_i)) \quad (\text{Brody})$$

$$\text{VII) } y_i = \beta_1 / (1 + \exp(\beta_2 - \beta_3 t_i)) \quad (\text{Logístico})$$

$$\text{VIII) } y_i = \beta_1 * \text{pow}(1 - \beta_2 \exp(-\beta_3 t_i)) ^3 \quad (\text{Von Bertalanffy})$$

No qual  $y_i$  representa o peso (g) ou comprimento (cm) do órgão da ave ao tempo ( $t_i$ ). O parâmetro  $\beta_1$  é o peso (g) à maturidade do animal;  $\beta_2$  é uma constante que está relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  é em razão do máximo da taxa de crescimento em relação ao peso adulto do animal, determina a eficiência do crescimento (taxa de maturidade por dia) e  $t_i$  é o tempo em dias.

Considerou-se o *Deviance Information Criterion* – DIC para escolha do modelo que melhor se ajusta aos dados observados a uma significância de cinco pontos em favor do menor DIC. Ou seja, quando se compara dois modelos o seguinte critério pode ser adotado, se a diferença for menor que cinco não é significativa, se a diferença está entre cinco e 10 é significativa e se for maior que 10 é altamente significativa (Rossi, 2011).

Por meio da primeira e segunda derivadas de  $y_i = \alpha * \exp \left[ -\beta * \exp(-\gamma x_i) \right]$  (equação de Gompertz) (1), determina-se o ponto  $x_0$  ou  $t^*$  do domínio em que  $y_i$  muda de concavidade, ou seja, o ponto de inflexão da curva de Gompertz é dado por (Borges, 2008):

$$t^* = \frac{\ln c}{r}.$$

Em que,  $t^*(\text{dia})$  é o tempo ou a idade em que a taxa de crescimento é máxima (ponto de inflexão),  $\ln$  é o logaritmo natural,  $\beta_2 = c$  é a constante de integração e o  $\beta_3 = r$  é a taxa de maturidade por dia.

### 3. Resultados

#### 3.1. Órgãos viscerais

Tabela 4 - Estimativas dos parâmetros do modelo Gompertz para peso de órgãos viscerais de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana

Órgãos		Média (dp)	P <sub>2.5%</sub>	P <sub>97.5%</sub>
Fígado	B1	6,58 (0,209)	6,21	7,01
	B2	2,375 (0,110)	2,177	2,602
	B3	0,029 (0,002)	0,025	0,033
	DIC	1150		
Moela	B1	3,72 (0,111)	3,52	3,96
	B2	2,208 (0,074)	2,069	2,364
	B3	0,076 (0,005)	0,066	0,086
	DIC	62,0		
Coração	B1	2,23 (0,148)	1,98	2,56
	B2	3,007 (0,060)	2,891	3,128
	B3	0,047 (0,003)	0,041	0,054
	DIC	-383,8		
Peso do intestino delgado	B1	3,52 (0,196)	3,20	3,97
	B2	2,019 (0,131)	1,793	2,311
	$\beta_3$	0,086 (0,012)	0,063	0,111
	DIC	282,4		
Comprimento do intestino delgado	$\beta_1$	53,35 (1,581)	50,69	56,85
	$\beta_2$	0,975 (0,051)	0,882	1,081
	$\beta_3$	0,078 (0,010)	0,059	0,099
	DIC	1072		
Peso do intestino grosso	$\beta_1$	1,42 (0,259)	1,11	2,11
	$\beta_2$	1,989 (0,129)	1,757	2,265
	$\beta_3$	0,055 (0,013)	0,031	0,082
	DIC	-72,1		

$\beta_1$  (g) = peso à maturidade;  $\beta_2$  = constante relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade por dia; DIC = Critério Desvio-Infomação; dp = desvio-padrão da média; P<sub>2.5%</sub> - P<sub>97.5%</sub> = intervalo com 95% de credibilidade

Tabela 5 - Estimativas dos parâmetros do modelo Brody para peso de órgãos viscerais de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana

Órgãos		Média (dp)	P <sub>2,5%</sub>	P <sub>97,5%</sub>
Fígado	$\beta_1$	8,08 (0,546)	7,20	9,34
	$\beta_2$	0,967 (0,013)	0,942	0,994
	$\beta_3$	0,012 (0,001)	0,009	0,016
	DIC	1153		
Moela	$\beta_1$	4,89 (0,344)	4,32	5,68
	$\beta_2$	0,949 (0,009)	0,932	0,967
	$\beta_3$	0,029 (0,003)	0,022	0,036
	DIC	60,0		
Coração	$\beta_1$	-5,66 (2,224)	-10,91	-2,41
	$\beta_2$	1,012 (0,007)	1,003	1,033
	$\beta_3$	-0,006 (0,002)	-0,011	-0,003
	DIC	-667,1		
Peso do intestino delgado	$\beta_1$	4,10 (0,364)	3,56	4,99
	$\beta_2$	0,944 (0,021)	0,906	0,990
	$\beta_3$	0,042 (0,008)	0,027	0,057
	DIC	260,9		
Comprimento do intestino delgado	$\beta_1$	55,12(2,174)	51,64	60,03
	$\beta_2$	0,663 (0,023)	0,621	0,710
	$\beta_3$	0,057 (0,009)	0,040	0,075
	DIC	1069		
Peso do intestino grosso	$\beta_1$	1,95 (0,678)	1,26	3,88
	$\beta_2$	0,931 (0,018)	0,894	0,966
	$\beta_3$	0,023 (0,009)	0,007	0,042
	DIC	-109,6		

$\beta_1$  (g) = peso à maturidade;  $\beta_2$  = constante relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade por dia; DIC = Critério Desvio-Infôrmação; dp = desvio-padrão da média; P<sub>2,5%</sub> - P<sub>97,5%</sub> = intervalo com 95% de credibilidade

Tabela 6 - Estimativas dos parâmetros do modelo Logístico para peso de órgãos viscerais de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana

Órgãos		Média (dp)	P <sub>2.5%</sub>	P <sub>97.5%</sub>
Fígado	B1	6,22 (0,146)	5,94	6,52
	B2	1,920 (0,087)	1,756	2,097
	B3	0,047 (0,003)	0,042	0,053
	DIC	1151		
Moela	B1	3,46 (0,076)	3,31	3,61
	B2	1,758 (0,066)	1,632	1,892
	B3	0,124 (0,007)	0,110	0,138
	DIC	75,0		
Coração	B1	1,71 (0,058)	1,61	1,84
	B2	2,413 (0,049)	2,317	2,511
	B3	0,099 (0,004)	0,091	0,107
	DIC	-374,5		
Peso do intestino delgado	B1	3,36 (0,175)	3,07	3,76
	B2	1,528 (0,119)	1,317	1,785
	B3	0,127 (0,019)	0,093	0,168
	DIC	299,6		
Comprimento do intestino delgado	B1	52,39 (1,348)	50,08	55,36
	B2	0,377 (0,072)	0,240	0,521
	B3	0,099 (0,012)	0,077	0,123
	DIC	1075		
Peso do intestino grosso	$\beta_1$	1,33 (0,203)	1,08	1,84
	$\beta_2$	1,538 (0,128)	1,308	1,809
	$\beta_3$	0,083 (0,015)	0,056	0,115
	DIC	-63,4		

$\beta_1$  (g) = peso à maturidade;  $\beta_2$  = constante relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade por dia; DIC = Critério Desvio-Informação; dp = desvio-padrão da média; P<sub>2.5%</sub> - P<sub>97.5%</sub> = intervalo com 95% de credibilidade

Tabela 7 - Estimativas dos parâmetros do modelo Von Bertalanffy para peso de órgãos viscerais de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana

Órgãos		Média (dp)	P <sub>2.5%</sub>	P <sub>97.5%</sub>
Fígado	B1	6,85(0,269)	6,39	7,44
	B2	0,574 (0,019)	0,538	0,616
	B3	0,023 (0,002)	0,020	0,028
	DIC	1150		
Moela	B1	3,91 (0,138)	3,67	4,21
	B2	0,546 (0,013)	0,521	0,573
	B3	0,060 (0,004)	0,052	0,069
	DIC	60,0		
Coração	B1	2,83 (0,286)	2,358	3,486
	B2	0,677 (0,008)	0,660	0,693
	B3	0,030 (0,003)	0,024	0,036
	DIC	-387,1		
Peso do intestino delgado	B1	3,64 (0,222)	3,28	4,15
	B2	0,517 (0,025)	0,473	0,573
	B3	0,071 (0,010)	0,052	0,093
	DIC	275,7		
Comprimento do intestino delgado	B1	53,86 (1,783)	50,95	57,83
	B2	0,285 (0,013)	0,261	0,312
	B3	0,071 (0,010)	0,052	0,091
	DIC	1071		
Peso do intestino grosso	B1	1,48 (0,279)	1,14	2,23
	B2	0,509 (0,023)	0,464	0,557
	B3	0,045 (0,012)	0,024	0,070
	DIC	-75,9		

$\beta_1$  (g) = peso à maturidade;  $\beta_2$  = constante relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade por dia; DIC = Critério Desvio-Informação; dp = desvio-padrão da média; P<sub>2.5%</sub> - P<sub>97.5%</sub> = intervalo com 95% de credibilidade

O valor obtido para  $t^*$  por meio da 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> derivada da equação de Gompertz foi de 30 dias para o fígado. Esse maior período para máximo desenvolvimento do fígado está relacionado à suas menores taxas de maturidade e maiores  $\beta_1$ .

O  $t^*$  obtido para a moela foi de 10 dias, mostrando que a moela também possui máximo crescimento logo após a eclosão da ave.

O ponto de inflexão para o coração foi obtido aos 23 dias. Esses resultados indicam que o fígado, assim como o coração, são os órgãos mais tardios a atingirem o máximo crescimento.

Para o intestino delgado o  $t^*$  foi aos 8 dias de idade, e observou-se nas estimativas que o peso de intestino delgado apresentou as maiores taxas de maturidade, confirmando que maiores  $\beta_3$  proporcionam animais mais precoces.

O  $t^*$  para comprimento de intestino delgado foi aos -0,32 dias, e pode estar relacionado ao desenvolvimento embrionário que ocorre no intestino delgado.

Para o intestino grosso a taxa de máximo crescimento foi obtida aos 13 dias de idade. Esses resultados obtidos para intestino delgado e grosso indicam a precocidade intestinal, devido seu intenso desenvolvimento na fase inicial, atingindo brevemente seu ponto de inflexão.

Os resultados demonstram que o maior valor de  $\beta_1$  é sempre obtido para o modelo de Brody e o menor para o modelo Logístico e que os modelos de Gompertz e Von Bertalanffy geralmente possuem estimativas semelhantes. Contrariamente para  $\beta_3$  a maior estimativa é obtida pelo modelo Logístico e a menor estimativa pelo modelo de Brody, da mesma forma as estimativas de Gompertz e Von Bertalanffy para  $\beta_3$  se assemelham.

Tabela 8 – Comparações entre diferentes modelos de crescimento através do DIC para órgãos viscerais em codornas de postura Vicami 2014

Modelos	DIC	Comparação	Diferença
<b>Fígado</b>			
Gompertz	1150*	–	
Brody	1153	Brody – Gompertz	<b>3**</b>
Logístico	1151	Logístico – Gompertz	<b>1</b>
Von Bertalanffy	1150*	Von – Gompertz	<b>0</b>
<b>Moela</b>			
Gompertz	62,0	Gompertz – Brody	<b>2</b>
Brody	60,0*	–	-
Logístico	75,0	Logístico – Brody	15**
Von Bertalanffy	60,0*	Von – Brody	<b>0</b>
<b>Coração</b>			
Gompertz	-383,8	Gompertz Brody	283,3
Brody	-667,1*	–	-
Logístico	-374,5	Logístico – Brody	292,6**
Von Bertalanffy	-387,1	Von – Brody	280,0
<b>Intestino delgado</b>			
Gompertz	282,4	Gompertz – Brody	21,5
Brody	260,9*	–	-
Logístico	299,6	Logístico – Brody	38,7**
Von Bertalanffy	275,7	Von – Brody	14,8
<b>Comprimento de Intestino delgado</b>			
Gompertz	1072	Gompertz – Brody	<b>3</b>
Brody	1069*	–	-
Logístico	1075	Logístico – Brody	6**
Von Bertalanffy	1071	Von – Brody	<b>2</b>
<b>Intestino grosso</b>			
Gompertz	-72,1	Gompertz – Brody	37,5
Brody	-109,6*	–	-
Logístico	-63,4	Logístico – Brody	46,2**
Von Bertalanffy	-75,9	Von – Brody	33,7

\* modelo de menor DIC; DIC (Critério Desvio-Infomação); \*\*maior diferença observada; valores em negrito indicam diferença não significativa

Nos valores de DIC encontrados para fígado, as equações de Gompertz e Von Bertalanffy possuem o menor valor e a de Brody o maior valor. Para a moela, as equações de Brody e Von Bertalanffy apresentam menores valores e a de Logístico maior valor. Para coração, o modelo Logístico apresenta o maior valor de DIC e o de Brody o menor valor de DIC.

O menor valor de DIC para o peso do intestino delgado é obtido com o modelo Brody e o maior valor pelo Logístico. Para comprimento de intestino delgado o modelo de Brody possui menor valor de DIC e o de Logístico maior valor e, para peso de intestino grosso, o maior DIC foi obtido pelo modelo Logístico e o menor por Brody.

Observa-se que cada modelo possui uma melhor qualidade de ajuste relacionado ao DIC para determinado conjunto de dados. Ressalta-se que, somente as diferenças acima de cinco são significativas e acima de 10 altamente significativas.

Tabela 9 – Valores médios de peso vivo e de órgãos viscerais em codornas de postura Vicami 2014

Idade	Peso Ave (g)	Fígado (g)	Moela (g)	Coração (g)	Peso I.D. (g)	Peso I.G. (g)	Comprimento I.D. (cm)
1	6,73	0,18	0,38	0,08	0,18	0,11	0,00
3	12,31	0,61	0,70	0,15	0,83	0,27	23,15
6	20,63	0,93	0,97	0,27	1,05	0,27	30,60
9	29,80	1,32	1,17	0,33	1,39	0,40	33,76
12	41,30	1,44	1,62	0,41	2,20	0,75	34,80
15	54,20	1,74	1,86	0,54	2,01	0,57	41,35
21	76,25	1,82	2,34	0,72	2,24	0,67	40,38
28	103,20	2,40	2,85	0,93	2,56	0,71	48,01
35	120,33	2,84	3,01	1,24	2,70	1,00	45,44
42	131,50	3,51	3,45	1,45	3,80	11,75	53,29

I.D. = intestino delgado; I.G. = intestino grosso; (g) = gramas; cm = centímetros

Ao relacionar o peso do órgão com o peso da ave, observa-se que no 1º dia de vida da ave a moela apresenta a maior percentagem, representando 5,64% do peso total da ave, o fígado e o intestino delgado representam 2,67%, o intestino grosso 1,69% e o coração é o órgão que tem menor representatividade corporal ao nascimento, com 1,19%.

Com o avanço da idade, observa-se que ao 3º dia o intestino delgado demonstra seu intenso desenvolvimento, sendo o órgão de maior representatividade corporal (6,74%), seguido pela moela (5,68%). A maior representatividade desses órgãos deve-se ao fornecimento inicial de ração, que favorece o desenvolvimento do trato gastrointestinal.

Ao 9º dia, o intestino delgado segue como o órgão mais representativo no corpo, porém, o fígado representa 4,43% do peso corporal e ultrapassa o crescimento da moela, mostrando intenso desenvolvimento nessa fase, o que pode estar associado às suas atividades metabólicas. O intestino apresenta intenso crescimento até os 15 dias de vida da ave, pois até esse período é o órgão mais representativo.

Aos 21 dias, a moela possui maior percentagem em relação ao corpo, demonstrando que a moela está crescendo e desenvolvendo sua musculatura mesmo a ração sendo fornecida farelada ou peletizada.

Aos 42 dias de idade, o intestino delgado representa 2,89%, a moela 2,62% e o fígado 2,67% no corpo da ave, sugerindo que o intestino delgado, o fígado e a moela são órgãos bem desenvolvidos e de maior representação neste período nas codornas de postura Vicami 2014, ultrapassando o coração com 1,10% em relação ao peso corporal.

### 3.2. Órgãos reprodutivos

Tabela 10 - Estimativas dos parâmetros do modelo Gompertz para peso de órgãos reprodutivos de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana

Órgãos		Média (dp)	P <sub>2.5%</sub>	P <sub>97.5%</sub>
Ovário	B1	6,60 (0,138)	6,34	6,88
	B2	50,020 (21,360)	23,460	105,100
	B3	0,084 (0,008)	0,069	0,101
	DIC	949,3		
Oviduto	B1	6,51 (0,179)	6,18	6,88
	B2	13,500 (3,939)	7,866	22,760
	B3	0,060 (0,006)	0,048	0,073
	DIC	956,9		
Infundíbulo	B1	0,25 (0,017)	0,22	0,29
	B2	20,420 (33,860)	3,055	98,670
	B3	0,055 (0,017)	0,027	0,095
	DIC	-510,3		
Magno	B1	2,94 (0,061)	2,83	3,07
	B2	298,700 (307,90)	34,100	1183
	B3	0,110 (0,018)	0,076	0,145
	DIC	347		
Ístmo	B1	0,75 (0,019)	0,71	0,79
	B2	128,900 (0,021)	8,234	757,700
	B3	0,093 (0,023)	0,054	0,144
	DIC	-296,5		
Útero	B1	1,95 (0,059)	1,85	2,08
	B2	16,110 (12,340)	4,345	50,610
	B3	0,061 (0,012)	0,039	0,087
	DIC	130,4		

$\beta_1$  (g) = peso à maturidade;  $\beta_2$  = constante relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade por dia; DIC = Critério Desvio-Informação; dp = desvio-padrão da média; P<sub>2.5%</sub> - P<sub>97.5%</sub> = intervalo com 95% de credibilidade

Tabela 11 - Estimativas dos parâmetros do modelo Brody para peso de órgãos reprodutivos de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana

Órgãos		Média (dp)	P <sub>2.5%</sub>	P <sub>97.5%</sub>
Ovário	B1	7,22 (0,237)	6,78	7,72
	B2	2,918 (0,333)	2,336	3,610
	B3	0,035 (0,003)	0,029	0,041
	DIC	970,8		
Oviduto	B1	6,97 (0,279)	6,49	7,60
	B2	2,468 (0,321)	1,905	3,181
	B3	0,032 (0,004)	0,025	0,040
	DIC	954,9		
Infundíbulo	B1	0,26 (0,023)	0,22	0,32
	B2	5,923 (7,295)	1,344	25,250
	B3	0,041 (0,015)	0,017	0,077
	DIC	-512,4		
Magno	B1	2,96 (0,067)	2,84	3,10
	B2	61,510 (76,360)	10,080	266,400
	B3	0,086 (0,016)	0,058	0,124
	DIC	307,8		
Istmo	B1	0,75 (0,021)	0,71	0,79
	B2	54,190 (147,300)	3,913	343,700
	B3	0,079 (0,022)	0,044	0,134
	DIC	-566,6		
Útero	B1	1,98 (0,075)	1,86	2,15
	B2	5,967 (3,819)	1,978	16,190
	B3	0,048 (0,011)	0,028	0,071
	DIC	130,9		

$\beta_1$  (g) = peso à maturidade;  $\beta_2$  = constante relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade por dia; DIC = Critério Desvio-Informação; dp = desvio-padrão da média; P<sub>2.5%</sub> - P<sub>97.5%</sub> = intervalo com 95% de credibilidade

Tabela 12 - Estimativas dos parâmetros do modelo Logístico para peso de órgãos reprodutivos de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana

Órgãos		Média (dp)	P <sub>2.5%</sub>	P <sub>97.5%</sub>
Ovário	B1	6,54 (0,125)	6,30	6,79
	B2	6,020 (0,557)	5,020	7,211
	B3	0,117 (0,011)	0,097	0,142
	DIC	954,1		
Oviduto	B1	6,40 (0,153)	6,12	6,71
	B2	4,185 (0,394)	3,451	4,990
	B3	0,084 (0,008)	0,068	0,101
	DIC	961,2		
Infundíbulo	B1	0,26 (0,052)	0,23	0,37
	B2	2,864 (0,821)	1,493	4,654
	B3	0,053 (0,016)	0,021	0,087
	DIC	-494,7		
Magno	B1	2,96 (0,062)	2,84	3,09
	B2	5,878 (1,182)	3,911	8,545
	B3	0,115 (0,022)	0,078	0,166
	DIC	374,8		
Istmo	B1	0,76 (0,022)	0,72	0,81
	B2	3,777 (1,063)	2,039	6,218
	B3	0,082 (0,020)	0,049	0,129
	DIC	-218,3		
Útero	B1	1,96 (0,059)	1,86	2,09
	B2	3,088 (0,650)	1,924	4,477
	B3	0,065 (0,012)	0,043	0,092
	DIC	138,4		

$\beta_1$  (g) = peso à maturidade;  $\beta_2$  = constante relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade por dia; DIC = Critério Desvio-Informação; dp = desvio-padrão da média; P<sub>2.5%</sub> - P<sub>97.5%</sub> = intervalo com 95% de credibilidade

Tabela 13 - Estimativas dos parâmetros do modelo Von Bertalanffy para peso de órgãos reprodutivos de codornas de postura por meio de inferência Bayesiana

Órgãos		Média (dp)	P <sub>2.5%</sub>	P <sub>97.5%</sub>
Ovário	$\beta_1$	6,65 (0,147)	6,38	6,95
	$\beta_2$	7,712 (2,469)	4,082	13,570
	$\beta_3$	0,072 (0,007)	0,059	0,086
	DIC	949,5		
Oviduto	$\beta_1$	6,59 (0,200)	6,24	7,02
	$\beta_2$	2,572 (0,608)	1,654	3,989
	$\beta_3$	0,051 (0,006)	0,041	0,063
	DIC	955,8		
Infundíbulo	$\beta_1$	0,25 (0,019)	0,22	0,30
	$\beta_2$	4,212 (5,032)	0,752	19,490
	$\beta_3$	0,050 (0,016)	0,023	0,088
	DIC	-506,5		
Magno	$\beta_1$	2,94 (0,062)	2,82	3,07
	$\beta_2$	87,040 (143,700)	7,994	486,200
	$\beta_3$	0,105 (0,021)	0,072	0,152
	DIC	293,4		
Ístmo	$\beta_1$	0,75 (0,021)	0,71	0,79
	$\beta_2$	47,500 (128,000)	1,925	368,800
	$\beta_3$	0,089 (0,026)	0,049	0,154
	DIC	-469,1		
Útero	$\beta_1$	1,96 (0,062)	1,85	2,10
	$\beta_2$	3,947 (3,281)	1,128	11,900
	$\beta_3$	0,057 (0,011)	0,036	0,082
	DIC	129,1		

$\beta_1$  (g) = peso à maturidade;  $\beta_2$  = constante relacionada ao peso de nascimento do animal;  $\beta_3$  = taxa de maturidade por dia; DIC = Critério Desvio-Informação; dp = desvio-padrão da média; P<sub>2.5%</sub> - P<sub>97.5%</sub> = intervalo com 95% de credibilidade

O valor obtido para  $t^*$  por meio da 1ª e 2ª derivada da equação de Gompertz foi de 47 dias para o ovário, indicando ser mais tardio que o oviduto. A idade em que o crescimento é máximo foi aos 43 dias para o oviduto, indicando ser o órgão reprodutivo mais precoce, inclusive com relação a seus constituintes.

Observou-se o mesmo comportamento para ovário e oviduto em relação ao já obtido anteriormente, nos quais o modelo Brody apresenta maior  $\beta_1$  e menor  $\beta_3$ , e o modelo Logístico o menor  $\beta_1$  e o maior  $\beta_3$ .

O  $t^*$  para infundíbulo foi aos 55 dias de idade da ave, mostrando-se o segmento do oviduto mais tardio. O  $t^*$  para magno foi aos 52 dias de idade, assim como o ístmo que obteve seu máximo crescimento aos 52 dias de idade, em que, os segmentos magno e ístmo apresentaram máximo crescimento na mesma idade. Aos 46 dias, o útero

apresentou máximo crescimento, ocorrendo um decréscimo na sequência. O útero se mostrou o segmento do oviduto mais precoce, inclusive sendo mais precoce que o ovário.

Para os segmentos avaliados que constituem o oviduto não foi observado comportamento semelhante com relação aos modelos Brody e Logístico.

Tabela 14 – Comparações entre diferentes modelos de crescimento através do DIC para órgãos reprodutivos em codornas de postura Vicami 2014

Modelos	DIC	Comparação	Diferença
<b>Ovário</b>			
Gompertz	949,3*	–	-
Brody	970,8	Brody – Gompertz	21,1**
Logístico	954,1	Logístico – Gompertz	<b>4,8</b>
Von Bertalanffy	949,5	Von – Gompertz	<b>0,2</b>
<b>Oviduto</b>			
Gompertz	956,9	Gompertz – Brody	<b>2</b>
Brody	954,9*	–	-
Logístico	961,2	Logístico – Brody	6,3**
Von Bertalanffy	955,8	Von – Brody	<b>0,9</b>
<b>Infundíbulo</b>			
Gompertz	-510,3	Gompertz – Brody	2,1
Brody	-512,4*	–	-
Logístico	-494,7	Logístico – Brody	17,7**
Von Bertalanffy	-506,5	Von – Brody	5,9
<b>Magno</b>			
Gompertz	347,0	Gompertz – Von	53,6
Brody	307,8	Brody – Von	14,4
Logístico	374,8	Logístico – Von	81,4**
Von Bertalanffy	293,4*	–	-
<b>Istmo</b>			
Gompertz	-296,5	Gompertz – Brody	270,1
Brody	-566,6*	–	-
Logístico	-218,3	Logístico – Brody	348,3**
Von Bertalanffy	-469,1	Von – Brody	95,5
<b>Útero</b>			
Gompertz	130,4	Gompertz – Von	<b>1,3</b>
Brody	130,9	Brody – Von	<b>1,8</b>
Logístico	138,4	Logístico – Von	9,3**
Von Bertalanffy	129,1*	–	-

\* modelo de menor DIC; DIC (Critério Desvio-Infirmação); \*\*maior diferença observada; valores em negrito indicam diferença não significativa

Os menores DIC obtidos para o ovário foram observados ao se utilizar os modelos Gompertz, Logístico e Von Bertalanffy. Para oviduto, a equação de Gompertz, Brody e Von Bertalanffy apresentaram o menor valor e a de Logístico o maior valor. Para infundíbulo, Logístico apresenta o maior valor de DIC, os demais modelos apresentam diferenças significativas, exceto Gompertz que não possui diferença significativa e o modelo Brody possui o menor valor de DIC. Para magno, o menor valor de DIC é obtido com o modelo de Von Bertalanffy e o maior com o de Logístico. Para ístmo o modelo Logístico possui maior valor de DIC e o de Brody menor valor. E para útero, o menor DIC foi obtido pelo modelo Von Bertalanffy e o maior por Logístico.

Ressalta-se que somente as diferenças acima de cinco são significativas e acima de 10 altamente significativas e que as diferenças inferiores a cinco não são significativas, permitindo ao modelo adequada representação do conjunto de dados, juntamente com o modelo de menor DIC.

Na Tabela 15, podem-se verificar os valores de pesos observados nas pesagens semanais e dos pesos estimados pela equação de Gompertz obtida por inferência Bayesiana, no período de 28 a 119 dias de idade para ovário e oviduto, e de 49 a 119 dias de idade para os segmentos do oviduto em codornas de postura Vicami 2014.

Tabela 15 – Pesos observados e pesos estimados pelo modelo de crescimento Gompertz de 28 a 119 dias de idade em codornas de postura Vicami 2014

Idade	Peso observado (g)					
	Ovário	Oviduto	Infundíbulo	Magno	Ístmo	Útero
28	0,08	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00
35	0,22	1,29	0,00	0,00	0,00	0,00
42	2,35	3,27	0,00	0,00	0,00	0,00
49	2,89	2,87	0,12	1,17	0,39	1,01
56	4,19	3,52	0,16	2,00	0,56	1,28
63	4,87	5,26	0,17	2,56	0,65	1,50
70	5,67	4,71	0,12	2,18	0,55	1,40
77	6,15	6,06	0,20	2,87	0,72	1,77
84	6,87	6,09	0,24	2,90	0,73	1,91
91	7,03	6,07	0,26	2,81	0,71	1,75
98	6,23	6,43	0,25	3,16	0,77	1,84
105	6,48	6,52	0,23	3,01	0,79	1,98
112	6,27	6,24	0,23	2,97	0,74	1,92
119	6,53	6,35	0,25	2,90	0,74	1,92
Idade	Peso estimado (g)					
	Ovário	Oviduto	Infundíbulo	Magno	Ístmo	Útero
28	0,06	0,53**	0,00	0,00	0,00	0,11
35	0,47**	1,25	0,01	0,01	0,01	0,29
42	1,52	2,20*	0,03	0,15	0,06	0,56
49	2,92	3,19	0,06	0,75	0,19	0,87
56	4,20	4,07	0,10	1,56	0,37	1,15
63	5,13	4,78	0,13	2,20	0,52	1,38
70	5,74	5,32	0,16	2,57	0,62	1,56
77	6,11	5,70	0,19	2,76	0,68	1,68
84	6,32	5,97	0,20	2,86	0,71	1,77
91	6,44	6,15	0,22	2,90	0,73	1,83
98	6,51	6,27	0,23	2,92	0,74	1,87
105	6,55	6,18	0,23	2,93	0,74	1,90
112	6,57	6,40	0,24	2,94	0,75	1,92
119	6,58	6,44	0,24	2,94	0,75	1,93

(g) gramas; \*valores abaixo dos observados; \*\*valores acima dos observados

De modo geral, verifica-se em algumas situações que os pesos estimados pela equação de Gompertz para os órgãos reprodutivos, e suas partes, aproximam-se dos pesos reais observados, demonstrando que os dados apresentaram um ajuste próximo ao ideal. Porém, em algumas situações, não estão próximos aos pesos reais observados, demonstrando que os pesos estimados pela equação de Gompertz variaram um pouco para cima ou para baixo dos valores observados nas pesagens.

## 4. Discussão

### 4.1. Órgãos viscerais

O peso à maturidade representa o potencial de crescimento genético e o efeito dos genes que determinam o crescimento, tornando a medida assintótica em um parâmetro resultante de estágios anteriores do crescimento (Duarte, 1975). De acordo com Fialho (1999) mudanças no parâmetro  $\beta_1$  causam mudanças na massa corporal e na taxa de crescimento. O parâmetro  $\beta_2$  é uma constante de integração sem interpretação biológica e o parâmetro  $\beta_3$  estima a taxa relativa em que o peso à maturidade do órgão é alcançado (Braccini Neto et al., 1996).

As codornas de postura Vicami 2014 apresentaram maiores pesos à maturidade para fígado (6,58g Gompertz) e semelhantes para a moela (3,72g Gompertz) por análise Bayesiana, em relação aos estimados por Grieser (2012) por análise frequentista para duas linhagens de codornas (fígado 5,20g linhagem amarela e 4,57g linhagem vermelha; moela 3,97g e 3,96g, respectivamente). Essas diferenças podem ser atribuídas a diferenças genéticas nas linhagens, em que cada linhagem possui uma curva de crescimento.

O maior peso à maturidade foi obtido para o fígado, pois segundo Flauzina (2007), próximo à maturidade sexual o crescimento em codornas de postura é fortemente influenciado pela formação de reservas de gordura, especialmente no fígado, vísceras e em órgãos reprodutivos como ovário e, oviduto e de acordo com Braz et al. (2011), o fígado de poedeiras aumenta de peso nos períodos que antecedem a postura, pois o início da atividade reprodutiva implica maior atividade desse órgão para a síntese das matérias-primas da gema, a serem depositadas no ovário.

O fígado é um importante órgão metabólico, responsável por diversas e importantes funções, e por centralizar a maior parte do processo homeostático do organismo. O órgão está envolvido em diversos metabolismos (glicogênio, proteínas plasmáticas, séricas e hemoglobina), atua no armazenamento de carboidratos, gorduras, vitaminas e ferro e na secreção da bile, participando no processo de digestão e absorção intestinal. Nas aves, em especial, é responsável por todo o metabolismo da gordura, sendo o único órgão que sintetiza gordura de reserva nesses animais. Possui ainda um papel muito importante, sendo responsável pela síntese de matérias-primas como lipídeos e proteínas, que são direcionadas para o ovário para síntese da gema no interior do ovócito (Boleli et al., 2002; Muller, 2006; Barbosa et al., 2010; Freitas et al., 2011).

O fígado é um órgão muito importante na vida do animal e já na fase inicial de desenvolvimento da ave, esse órgão aumenta muito seu tamanho, cresce a uma taxa de 13,51 vezes o peso inicial do embrião, porém, atinge um crescimento apenas duas vezes maior que o crescimento corporal no 11º dia de vida (Finco et al., 2013).

Aves que apresentam um fígado bem desenvolvido possuem um órgão em bom funcionamento e perfeita realização de suas atividades metabólicas. É importante notar que o tamanho do fígado é influenciado tanto pelo aumento quanto pela redução da atividade metabólica (Flauzina, 2007) e que a restrição alimentar em aves pode reduzir o tamanho do órgão (Marcato et al., 2010).

O segundo maior  $\beta 1$  foi obtido para a moela, que se constitui em um estômago muscular, sendo responsável por parte do processo de digestão. O trabalho mecânico da moela devido às partículas médias ou grossas promove um maior desenvolvimento de sua musculatura lisa longitudinal, e está relacionado ao aumento de sua massa muscular (tamanho), devido a uma hipertrofia muscular. Atualmente, ocorre o fornecimento de rações peletizadas e/ou fareladas, ou seja, a moela não atinge seu pleno desenvolvimento e consecutivamente apresenta menores tamanhos.

Em trabalho realizado por Ribeiro et al. (2002), ao avaliar a granulometria do milho (expressa pelo diâmetro geométrico médio: 0,337; 0,574; 0,680; 0,778; 0,868 e 0,936mm) nas rações, nas dietas que possuíam granulometrias maiores os autores constataram que o peso da moela respondeu positivamente, relacionado com o aumento da granulometria. Assim, Flauzina (2007) destaca que devido às condições que as rações se apresentam, só seria esperada uma diferença no tamanho da moela quando ocorresse uma diferença no tamanho ou peso da ave. O tamanho da moela é muito importante, pois está relacionado à capacidade de ingestão e digestão do alimento pelo animal (Lilja et al., 1985).

Os pesos à maturidade obtidos para fígado e moela indicam que são órgãos maduros e proporcionam adequada capacidade digestiva, metabólica e de síntese de componentes do ovo, favorecendo a eficiência produtiva em codornas de postura.

Aos 42 dias, as codornas apresentaram 3,51g para fígado, 3,45g para moela e 131,50g de peso vivo. Flauzina (2007), em seu estudo com codornas de postura, obteve maiores pesos para fígado (5,75g) e moela (3,99g), e relatou que estas aves apresentam maior peso corporal (156,25g) aos 42 dias de idade e com 22% de proteína bruta na dieta. Essas variações também podem estar relacionadas à maior atividade metabólica hepática e às diferenças genéticas das linhagens (Grieser, 2012).

De acordo com Cherry & Siegel (1978), os pesos de moela, duodeno e do trato gastrointestinal total, quando expressos em percentagem de peso corporal, foram significativamente maiores para machos mais leves do que os de linhagens mais pesadas.

Ao relacionar o peso do órgão com o peso corporal da ave (Tabela 9), observou-se que aos 42 dias o fígado representou 2,67% do peso corporal e a moela 2,62%, comparando com Flauzina (2007), que aos 42 dias obteve o fígado representando 3,68% e a moela 2,55% do peso corporal da codorna. Foi verificado que as codornas de postura da linhagem mais pesada (156,25g) tiveram menor representação da moela quando expressa como percentagem de peso corporal, corroborando com os resultados de Cherry & Siegel (1978) obtidos para a moela em machos. O mesmo não foi observado para fígado, pois as aves Vicami 2014 são mais leves e possuem menor representatividade corporal de fígado.

A mesma relação para a moela foi verificada em codornas de postura utilizadas por Oliveira et al. (2004), as quais apresentavam 144,20g de peso corporal e 2,29g de moela. Quando comparadas às codornas Vicami 2014 a moela se mostrou menos representativa (1,59%), confirmando que o peso de alguns órgãos como a moela se torna mais representativo em aves mais leves.

De acordo com Marcato (2007), o estudo do crescimento dos órgãos é muito importante, pois melhora a compreensão dos problemas fisiológicos e doenças metabólicas como as síndromes ascites e a morte súbita, as quais estão relacionadas às altas taxas de crescimento no frango de corte. Alterações no tamanho dos órgãos podem afetar a integridade fisiológica da ave e o funcionamento desses órgãos (Marcato et al., 2010).

Codornas de postura possuem crescimento e desenvolvimento corporal muito rápido, aproximadamente aos 42 dias já atingem sua maturidade sexual e iniciam sua postura (Murakami et al., 2004) e em algumas situações, o crescimento alométrico dos órgãos pode não acompanhar o crescimento corporal. Muller (2006), avaliando a biometria de órgãos de codornas de postura de um a 25 dias de idade, observou que o coração teve uma taxa de crescimento bem menor que o crescimento corporal, com 0,0292g ao dia.

Havenstein et al. (1994), ao avaliarem duas linhagens de frango de corte, uma de 1957 e a outra de 1991, constataram que todo esse processo de seleção genética resultou em uma diminuição no tamanho do coração. Esta redução no órgão não é adequada,

visto que pode não suprir a demanda de oxigênio e ocasionar deficiência de oxigenação nos tecidos.

As estimativas de  $\beta_1$  obtidas para coração nas quatro equações (Tabelas 4, 5, 6 e 7) mostram que a equação de Brody não foi eficaz para esta estimativa (-5,66), subestimando o  $\beta_1$ . Esse fato pode ser atribuído à falta de um ponto de inflexão fixo, ajudando na obtenção de um valor de  $\beta_1$ . Em algumas situações a análise estatística fornece valores que não possuem adequada interpretação biológica.

Grieser (2012) estimou, através de Gompertz, o  $\beta_1$  para peso de intestino nas duas linhagens (8,79g amarela e 10,77g vermelha), com relação ao observado neste estudo, mesmo quando os  $\beta_1$  de peso de intestino delgado e grosso foram somados seus valores permaneceram menores. Isso pode ser atribuído ao fato das codornas Vicami 2014 possuírem menores valores de peso vivo.

Na vida da ave, o crescimento e desenvolvimento do trato gastrointestinal é muito importante pois mesmo que no período final do desenvolvimento embrionário o sistema está anatomicamente completo, ocorrem importantes alterações pós-eclosão, no qual os diferentes segmentos aumentam em peso e tamanho mais rapidamente que outros tecidos, por sofrerem influência direta dos nutrientes que estão entrando no lúmen intestinal (Maiorka et al., 2000).

Segundo Noy e Sklan (1999), as aves chegam a ficar até 48 horas, ou mais, sem alimentação após o nascimento, sendo que frangos podem reduzir o peso corporal em até 7,8%. Animais que permanecem muito tempo em jejum, após a eclosão, têm seu desenvolvimento intestinal atrasado e podem ter seu desempenho futuro prejudicado (Noy e Sklan, 1999; Maiorka et al., 2000; Flauzina, 2007). Bhanja et al. (2010) avaliando o crescimento de duodeno, jejuno e íleo, também confirmaram que as aves que receberam alimentação logo após a eclosão tiveram o peso de seus segmentos aumentado significativamente ( $p < 0,05$ ) em comparação a aves não alimentadas no período inicial de 24 horas após a eclosão.

As codornas podem ser transportadas do interior de São Paulo até o Nordeste por até três dias, o que prejudica seu desenvolvimento intestinal. Nas condições deste experimento, as aves permaneceram poucas horas sem alimentação, desde o nascimento até o alojamento, sendo fornecida água e alimentação horas após o nascimento, objetivando que este fornecimento imediato da dieta e a presença do alimento no trato digestivo pudessem aumentar a eficiência dos processos de digestão e absorção dos alimentos (Maiorka, 2006).

Devido à hereditariedade genética do intestino ser muito pequena (17%) (Kawahara e Saito, 1976), deve-se oferecer condições adequadas às aves no período que compreende o final do desenvolvimento embrionário e os primeiros dias após a eclosão, para que se obtenha melhores índices produtivos, o que influenciará no valor de peso à maturidade do órgão e no tempo em que ele é alcançado.

De acordo com Lilja (1985), o aumento do tamanho do intestino está associado à capacidade de ingestão e digestão do alimento pelo animal. Isso corrobora o estudo de Cherry & Siegel (1978), que compararam taxas de passagem de alimentos em frangos, e observaram que em geral intestinos que apresentavam maiores pesos possuíam menor velocidade de esvaziamento, e que os nutrientes permaneciam mais tempo expostos às células absorptivas, alterando a digestão e a absorção dos nutrientes, tornando-as mais eficiente.

A diminuição do peso do intestino parece estar relacionada a restrições alimentares. Verificando esse fato em um estudo, Sugeta et al. (2002) observaram para frangos que o peso do intestino é afetado significativamente ( $P = 0,02$ ) pela restrição alimentar de 70%, ocorrendo uma redução em seu peso. No entanto, não foram observadas diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre frangos com 30% de restrição e os alimentados à vontade, indicando que a subnutrição induzida (restrição alimentar) provoca, preferencialmente, a redução do crescimento no intestino com relação às outras partes do corpo, no entanto restrições leves não afetam o peso do mesmo.

Avaliando cada órgão, as equações não diferem muito entre si nas estimativas de  $\beta_1$ , exceto a equação de Brody, que indicou superestimar os valores para peso de órgãos e comprimento de intestino delgado, exceto para o coração, que não obteve uma estimativa adequada. Esse mesmo resultado foi obtido neste estudo ao estimar o  $\beta_1$  para o peso vivo e para os componentes corporais, em que o modelo de Brody superestimou e o de Logístico subestimou as estimativas de  $\beta_1$ .

Oliveira et al (2000), estudando cinco modelos de crescimento através da metodologia frequentista (Gompertz, Brody, Logístico, Von Bertalanffy e Richards) para fêmeas da raça Guzerá e comparando as estimativas de  $\beta_1$  entre ambos, verificaram que o modelo Brody apresentou o maior valor, os modelos Von Bertalanffy, Richards e Gompertz com valores um pouco abaixo e o Logístico apresentou valor bem inferior, subestimando as estimativas.

Esse comportamento em que o modelo Brody superestima e o Logístico subestima, ou mesmo uma dessas afirmativas, é observado por diversos autores quando se compara

curvas de crescimento obtidas por métodos frequentistas (Goonewardene et al., 1981; Braccini Neto et al., 1996; Perotto et al., 1992). A inferência Bayesiana neste trabalho confirma semelhança aos resultados obtidos com metodologia clássica, porém de maneira mais acurada.

De acordo com Fialho (1999), maiores  $\beta_3$  concentram o crescimento em torno do ponto de inflexão, sendo observado o contrário, menores  $\beta_3$  fazem com que o crescimento seja mais distribuído ao longo do tempo, consecutivamente mudanças nos valores de  $\beta_3$  alteram a forma da curva de crescimento.

A taxa de maturidade do fígado é inferior para as codornas Vicami 2014 (0,029 para Gompertz), demorando mais tempo para atingir o máximo crescimento (30 dias), isto quando comparada às duas linhagens estudadas por Grieser (2012), demonstrando serem aves mais tardias para o crescimento do fígado. Para moela, observou-se menor  $\beta_3$  para as codornas aqui avaliadas, porém os tempos em que a taxa de crescimento é máxima são semelhantes, (10 dias para linhagem Vicami; 11 dias amarela e 11 dias vermelha). De acordo com Silva et al. (2000a), aves que obtêm valores mais baixos de taxa de maturidade são consideradas tardias.

O modelo que superestima  $\beta_1$  geralmente é o que subestima  $\beta_3$ , o contrário é verdadeiro. Ao comparar os modelos para cada órgão, eles não diferem muito entre suas estimativas de  $\beta_3$ , exceto o Logístico, que geralmente superestima a taxa de maturidade, comprovando mais uma vez a alta e negativa correlação entre os parâmetros  $\beta_1$  e  $\beta_3$  (Silva et al., 2004; Veloso et al., 2013).

Silva et al. (2000a) ressaltam a dificuldade em elevar a taxa de maturidade mantendo o mesmo peso adulto, pois aumentos na taxa de maturação normalmente são acompanhados de decréscimos no peso à maturidade.

O ponto de inflexão para o fígado foi de aproximadamente 30 dias, ocorrendo um decréscimo após esse período. Para a moela, o máximo crescimento ocorreu aos 10 dias e para o coração aos 23 dias de idade. Para comprimento de intestino delgado, foi obtido um valor negativo (-0,32 dias) e esse valor pode estar relacionado ao desenvolvimento embrionário. Segundo Stringhini et al. (2013), em aves o desenvolvimento do trato gastrintestinal se inicia nas primeiras 24 horas de vida do embrião e se estende durante os 21 dias de incubação e, de acordo com Uni et al. (2003), durante a incubação a taxa de crescimento do intestino é maior que a do peso corporal do embrião.

Os menores valores de  $t^*$  foram estimados para pesos de intestino delgado e grosso, sendo oito e 13 dias respectivamente. Essas estimativas precoces de  $t^*$  obtidas para os

dois segmentos do intestino confirmam que o crescimento do intestino é intenso na fase inicial, e mais precisamente o intestino grosso continua seu crescimento, mesmo após o intestino delgado atingir seu máximo crescimento.

Maiorka et al. (2000) reportaram um intenso desenvolvimento de intestino delgado quando comparado ao peso corporal, atingindo seu máximo desenvolvimento entre o 4º e o 8º dia após a eclosão. Uni et al. (1999) verificaram que o peso do intestino delgado aumentou mais rapidamente quando comparado a outros órgãos do corpo, atingindo seu pico no 6º dia e logo após ocorrendo um decréscimo.

#### *4.1.1. Avaliação da qualidade de ajuste*

Os modelos que melhor se ajustaram aos dados de peso de fígado, em função dos menores DIC's, foram o de Gompertz e o de Von Bertalanffy (Tabela 8). A diferença entre os dois modelos e o de Brody foi menor que cinco (3), assim como para Logístico (1), demonstrando que todos os modelos descrevem adequadamente o crescimento do fígado, pois não possuem diferença significativa.

Para a moela, o menor DIC foi obtido para os modelos de Brody e Von Bertalanffy (Tabela 8), sendo que a diferença entre esses modelos e o modelo de Gompertz é menor que cinco (2), ao comparar com Logístico a diferença é maior que 10, sendo altamente significativa. Neste sentido, todos os modelos, exceto o Logístico, ajustaram-se adequadamente ao peso de moela observado.

O menor DIC estimado foi pelo modelo Brody para o coração (Tabela 8), a diferença entre Brody e Gompertz é altamente significativa (283,3), assim como é observado entre Brody e Logístico (292,6) e entre Brody e Von Bertalanffy (280,0). O modelo de Brody é o que melhor se ajustou ao conjunto de dados de peso de coração.

No intestino delgado, o modelo Brody apresentou menor DIC (260,9), os demais modelos apresentaram diferença altamente significativa (Tabela 8), não sendo adequados para descrever o comportamento de crescimento em peso de intestino.

Para comprimento de intestino delgado, o modelo Brody apresentou o menor DIC (Tabela 8), as comparações com os modelos de Gompertz e Von Bertalanffy não foram significativas (3 e 2), porém comparando ao modelo Logístico ocorreu diferença significativa (6). Os modelos Brody, Gompertz e Von Bertalanffy descrevem bem o crescimento em tamanho do intestino delgado.

No intestino grosso, o menor DIC foi apresentado pelo modelo Brody (Tabela 8), nas comparações, os modelos de Logístico e Von Bertalanffy apresentam diferença

altamente significativa (46,2 e 33,7), assim como o de Gompertz (37,5). Somente o modelo de Brody se adequou bem aos dados.

Foi observado, para os órgãos, que um ou mais modelos possuem adequada qualidade de ajuste aos dados, alguns se mostram mais versáteis para os diferentes dados obtidos, porém deve-se levar em consideração a interpretação biológica dos parâmetros, para escolha perfeita do melhor modelo.

#### *4.2. Órgãos Reprodutivos*

É de suma importância o estudo do crescimento do sistema reprodutor em fêmeas de codornas de postura, visto que o ovário, o oviduto e seus constituintes estão relacionados em processos reprodutivos e de formação do ovo nas aves, principal objetivo nas criações comerciais, e consecutivamente irão influenciar seu desempenho reprodutivo. Por isso o entendimento de como o crescimento desses órgãos se comporta é interessante para adequado acompanhamento na vida produtiva do animal. Neste estudo foram obtidas as estimativas dos parâmetros nos modelos Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy que através da inferência Bayesiana descrevem o crescimento de ovário, oviduto e seus segmentos, em codornas de postura Vicami 2014.

##### *4.2.1. Parâmetros estimados para ovário e oviduto*

Ao comparar os pesos à maturidade entre ovário e oviduto nas quatro equações, percebe-se que os  $\beta_1$  para ovário possui sempre maior valor independente do modelo. Isto pode ser porque o ovário da ave neste período comparado ao oviduto está em intenso desenvolvimento folicular, possuindo folículos em vários estágios de desenvolvimento, com presença de folículos grandes e amarelos destinados à ovulação (Rutz et al., 2007; Ito et al., 2013).

Em estudo realizado com poedeiras comerciais, Bonato (2013) também observou que o ovário atinge maior peso que o oviduto à maturidade, devido ao intenso desenvolvimento folicular presente no ovário. De acordo com Moraes et al. (2012), o ovário, quando funcional, apresenta grandes folículos ovarianos salientes em sua superfície.

De acordo com Silva et al. (2000b), em aves de postura, próximo à maturidade ocorre um acréscimo nos pesos do fígado e em estruturas vitais, como o ovário e oviduto, para o adequado desempenho da produção nas aves. Devido a este fato, esses valores de  $\beta_1$  em ovário e oviduto são explicados pelo intenso desenvolvimento do

aparelho reprodutivo e a maior deposição de gordura próximo à maturidade sexual, visto que essa mudança na relação proteína: gordura corporal está relacionada aos sinais fisiológicos iniciais do desenvolvimento do sistema reprodutivo (Neme et al., 2006).

Foi observado neste estudo que aos 18 dias ocorre o ponto de inflexão para a deposição de proteína, em que a codorna passa a direcionar sua energia ingerida para maior deposição de gordura corporal e visceral, assim como no ovário e no oviduto. Para a gordura, foi observada a máxima deposição até 30 dias de idade da ave, ocorrendo uma diminuição em sua deposição na sequência. Então durante esse período ocorre a intensa deposição de gordura para que a ave desenvolva os órgãos reprodutivos e na sequência, possa iniciar suas atividades reprodutivas.

De acordo com Braz et al. (2011), em um estudo com poedeiras na fase de crescimento e postura, as aves leves apresentaram um maior peso relativo do ovário, sinalizando maior desenvolvimento desse órgão, possibilitando que essas aves iniciem a postura antes do que as aves de linhagens semipesadas.

O tamanho do ovário depende de seu estado funcional. Quanto maior a atividade reprodutiva, maior é esse órgão. Em casos de restrição alimentar em aves submetidas à muda forçada pode-se induzir a uma diminuição no órgão. Garcia et al. (2001) concluíram, em codornas de postura, que no final do período de jejum de três dias obteve-se uma perda de 25,64% no peso e uma diminuição na percentagem de aparelho reprodutivo de 31,67% .

Outro fator que influencia no tamanho do ovário é a intensidade luminosa. Araújo et al. (2011) verificaram que os efeitos do aumento da intensidade luminosa se fazem notar no ovário, cujas características são diretamente proporcionais ao aumento desta intensidade.

O modelo Brody apresentou maior valor de  $\beta_1$  para ovário (7,22g) e oviduto (6,97g), seguido pelo modelo Von Bertalanffy, Gompertz e o menor valor de  $\beta_1$  foi obtido para Logístico (6,54g para ovário e 6,40g para oviduto). Para ovário, as estimativas dos modelos estão aproximadas, exceto para Brody, o que sugere que este modelo possa estar superestimando o  $\beta_1$  para ovário. Para oviduto o mesmo é verificado, também sugerindo uma superestimativa no valor de  $\beta_1$ . Como já discutido esse comportamento vem se repetindo para avaliação de peso vivo, composição corporal e peso de órgãos.

Braccini Neto et al. (1996) avaliando curvas de crescimento em aves de postura, verificaram o mesmo comportamento dos modelos, e concluíram que é de se esperar que esta tendência seja encontrada no ajustamento de dados para diferentes espécies.

Contrariamente, as maiores estimativas de  $\beta_3$  para ovário e oviduto foram observadas no modelo Logístico (0,117 e 0,084), seguido por Gompertz, Von Bertalanffy e Brody, que obteve o menor valor, confirmando o fato de que existe uma alta e negativa correlação entre a taxa de maturidade e o peso à maturidade, assim os modelos que apresentam altos valores para peso à maturidade apresentam baixos valores para taxa de maturidade (Silva et al., 2004; Veloso et al., 2013). De acordo com Braccini Neto (1996), a maior estimativa no  $\beta_3$  está associada à redução no  $\beta_1$ .

As estimativas observadas nos modelos mostram que o oviduto possui menor taxa de maturidade com relação ao ovário, exceto para Brody, que determinou taxas semelhantes, e o ovário possui maiores taxas de maturidade (exceto Brody), o contrário foi observado por Bonato (2013) em galinhas de postura, cuja taxa de crescimento do oviduto foi consideravelmente mais rápida do que a do ovário (0,139 e 0,084 / d) em que esses animais eram precoces quanto ao crescimento do oviduto, como verificado neste estudo para a precocidade do oviduto.

O oviduto tem seu máximo crescimento aos 43 dias de idade e o ovário aos 47 dias de idade em codornas de postura Vicami 2014, corroborando Bonato (2013), que observou que o oviduto amadureceu antes do ovário em galinhas de postura (46 e 52 dias). Isso ocorre porque o oviduto precisa estar pronto antes do início da ovulação.

Esses valores de  $t^*$  para ovário e oviduto estão de acordo, indicando um máximo crescimento até esses dois períodos, visto que as codornas iniciam sua postura em torno de 45 a 50 dias de idade em regiões mais quentes (Vieira, 2013), como observado neste estudo. Vale observar que o ovário continua crescendo para atingir seu máximo crescimento até quatro dias depois do observado para o oviduto.

Araújo et al. (2011) descreveram a importância da luz para a reprodução nas aves, em que seu principal efeito está relacionado à idade em que as aves atingem a maturidade sexual, cujo desenvolvimento de órgãos reprodutivos e o início da maturidade sexual podem ser manipulados por programas de luz e alimentação (Lewis et al., 2003). Martins et al. (2011) concluíram que o fotoperíodo influencia muito na maturação sexual das codornas.

#### 4.2.2. *Parâmetros estimados para constituintes de oviduto (infundíbulo, magno, ístmo, útero e vagina)*

Os dados observados para peso de vagina não proporcionaram bom ajustamento aos modelos propostos (Gompertz, Brody, Logístico e Von Bertalanffy), sendo possível a justificativa pelo fato da vagina ser um órgão pequeno e pode ter ocorrido dificuldade em sua delimitação e coleta, ocasionando grande variação entre os dados coletados e, consecutivamente, dificuldade de convergência e ajuste dos mesmos.

Ao observar as estimativas de  $\beta_1$  para os constituintes do oviduto nas quatro equações, percebe-se que o magno possui maior valor, visto que o magno é a porção mais longa do oviduto e se difere de infundíbulo e ístmo pelo maior diâmetro externo, constituindo-se na região responsável pela secreção de albúmen (Santos, 2008; Rutz et al., 2012). Na sequência, o útero apresenta a segunda maior estimativa de  $\beta_1$  para os quatro modelos, também conhecido como glândula da casca é a porção dilatada, onde o ovo se completa e é responsável pela formação da casca (Freitas et al., 2011).

Em seguida foram obtidas as maiores estimativas de  $\beta_1$  para ístmo, pequena região próxima ao útero, responsável pela formação das membranas da casca (Santos, 2010). As menores estimativas de  $\beta_1$  foram obtidas para infundíbulo, local onde ocorre a captação do oócito ovulado e posteriormente sua fecundação, não possuindo um papel fisiológico na formação do ovo (Freitas et al., 2011; Moraes et al., 2012).

Observou-se para os segmentos do oviduto que o modelo Brody não apresentou o comportamento de superestimar os valores de  $\beta_1$ , porém ele obteve os menores valores para  $\beta_3$ . Com relação à taxa de maturidade as maiores estimativas para os quatro modelos foram obtidas para magno, seguido de ístmo, útero e infundíbulo.

Nesse estudo, observou-se um comportamento diferente entre  $\beta_1$ ,  $\beta_3$  e os modelos Brody e Logístico. Ao avaliar o infundíbulo, as estimativas de  $\beta_1$  para as quatro equações foram semelhantes para Gompertz (0,25g) e Von Bertalanffy (0,25g), assim como para Brody (0,26) e Logístico (0,26), não apresentando modelos que superestimassem ou subestimassem o peso para infundíbulo. Para suas respectivas taxas de maturidade, o Logístico, mesmo obtendo um valor um pouco maior, obteve a segunda taxa de crescimento maior, não sendo observada a correlação negativa entre esses dois parâmetros. O mesmo comportamento foi verificado para Magno, em que Gompertz e Von Bertalanffy obtiveram o mesmo valor de  $\beta_1$  (2,94g), assim como Brody e Logístico (2,96g). Com relação às taxas de maturidade ( $\beta_3$ ), em Brody ocorreu a correlação negativa com  $\beta_1$  (maior valor), porém para Logístico não foi verificado.

Para ístmo houve comportamento diferente, nos quais três modelos tiveram mesmos valores (Gompertz, Brody e Von Bertalanffy) e Logístico muito próximo, porém não foi observada novamente correlação negativa para Logístico. Para útero, foi observado mesmo  $\beta_1$  para Logístico e Von (menores valores) e alta e negativa correlação para Brody, que apresentou o maior  $\beta_1$  e o menor  $\beta_3$ , concluindo não ser aplicável em alguns casos a existência dessa correlação, assim como foi observado para a maioria dos constituintes do oviduto. Veloso et al. (2013) observaram que somente uma curva (Weibull), das quatro por eles avaliadas, apresentou esta alta e negativa correlação entre  $\beta_1$  e  $\beta_3$ .

Foi observado que as partes constituintes do oviduto continuam seu crescimento além do estipulado para oviduto, ou seja, essas partes são mais tardias, isso pode ser atribuído ao início da produção de ovos e, consecutivamente sua postura, uma vez que o ovo vai passando pelos segmentos e em função disso, eles continuam a se desenvolver até atingirem seu máximo crescimento, sendo aos 55 dias para o infundíbulo, 52 dias para magno e ístmo e aos 46 dias para útero.

#### *4.2.3. Avaliação da qualidade de ajuste*

Avaliando a qualidade de ajuste dos modelos aos dados de peso de ovário, observou-se que o modelo Gompertz possui menor valor de DIC (Tabela 14). Comparando essa equação ao modelo Brody, obtém-se a maior diferença, sendo altamente significativa. Não ocorreu diferença significativa comparando os modelos Logístico e Von Bertalanffy, pois as diferenças são menores que 5. Isso mostra que tanto Gompertz quanto Logístico e Von Bertalanffy obtiveram adequado ajustamento nos dados e esses três modelos podem ser utilizados para descrever o crescimento do ovário.

Para oviduto, o menor DIC foi obtido pelo modelo Brody, no qual não existe diferença significativa entre esse modelo e os modelos de Gompertz e Von Bertalanffy, porém existe diferença significativa com o modelo Logístico. Conclui-se para os dados de oviduto, que os modelos indicados para descreverem adequadamente o crescimento são Brody, Gompertz e Von Bertalanffy.

De acordo com Amaral (2008), o modelo de Gompertz é muito adequado para descrever o crescimento, pois apresenta bom ajuste e maior percentagem de convergência, conferindo maior segurança em experimentos que envolvam as estimativas dos parâmetros  $\beta_1$ ,  $\beta_2$ ,  $\beta_3$  e  $t^*$ .

Com relação aos dados de peso de infundíbulo, e seu ajustamento aos modelos, o menor DIC obtido foi pelo modelo Brody, observando diferenças significativas com os demais modelos, exceto com o modelo de Gompertz (2,1). Os modelos Brody e Gompertz foram adequados para descrever o crescimento do infundíbulo.

O menor DIC obtido para magno foi com o modelo Von Bertalanffy. As diferenças obtidas com as comparações com os demais modelos foram todas altamente significativas, demonstrando que o modelo Von Bertalanffy é o mais eficiente para descrever o crescimento de magno.

Os dados de peso de ístmo mostraram melhor ajustamento ao modelo Brody, que apresentou menor DIC. As diferenças obtidas com os demais modelos foram altamente significativas, em que somente o modelo Brody se mostrou adequado.

Os dados de peso de útero foram melhores ajustados ao modelo Von Bertalanffy, porém, os modelos Gompertz e Brody não mostraram diferenças significativas, também sendo adequados para descrever este crescimento. Apenas o modelo Logístico obteve diferença significativa, não sendo indicado para descrever o crescimento de útero.

A dificuldade, em alguns casos, no ajuste dos dados por mais de um modelo pode ser atribuída ao fato dos valores de peso serem pequenos, impondo algumas limitações ao seu ajuste.

Com relação à interpretação biológica, o modelo Von Bertalanffy possui ponto de inflexão associado à maturidade sexual das aves, o que pode indicar seu adequado ajustamento para os dados de peso de órgãos reprodutivos (Braccini Neto et al., 1996). Brody obteve a mesma quantidade de conjunto de dados ajustados aos modelos, porém não possui um ponto de inflexão e é indicado quando se trabalha com bovinos que nascem com desenvolvimento fisiológico bastante avançado quando comparados às outras espécies (Forni, 2007). Gompertz também obteve comportamento semelhante no ajustamento de dados, se sobressaindo, devido à adequada interpretação biológica dos parâmetros e por ser o modelo mais utilizado em curvas de crescimento.

Na Tabela 15, é possível observar os pesos de ovário, oviduto e seus segmentos obtidos nas pesagens e os estimados através da equação de Gompertz, por meio de inferência Bayesiana. A equação de Gompertz apresentou um ajuste adequado aos dados de peso, visto que os valores estimados são bem próximos aos valores observados. Comprovou-se a partir deste estudo que o modelo Gompertz se mostrou adequado para descrever o crescimento em órgãos reprodutivos para as codornas de postura Vicami 2014.

## 5. Conclusão

Foi possível estimar os parâmetros para peso de órgãos viscerais e reprodutivos e comprimento de intestino delgado nas codornas de postura Vicami 2014 para os quatro modelos avaliados através de inferência Bayesiana. Em geral, todos os modelos apresentaram boa qualidade de ajuste na abordagem Bayesiana utilizando *priori* não informativa. Verificou-se que para cada conjunto de dados foi observado um ou mais modelos que descreviam adequadamente o crescimento do órgão e mais uma vez o modelo Von Bertalanffy se mostrou versátil, porém o de Gompertz é o mais indicado, juntamente com o modelo Brody. Observa-se que, em todo seu contexto, a metodologia Bayesiana forneceu excelentes estimativas, devido ao seu adequado desempenho em ajuste e seleção de curvas relacionadas ao crescimento.

## 6. Referências

- Amaral, M.T.R., 2008. Abordagem bayesiana para curva de crescimento com restrições nos parâmetros. PhD Diss. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.
- Araújo, W.A.G., Albino, L.F.T., Tavernari, F.C., Godoy, M.J.S., 2011. Programa de luz na avicultura de postura. Revista CFMV. 52, 58-65.
- Barbosa, A.A., Muller, E.S., Moraes, G.H.K., Umigi, R.T., Barreto, S.L.T., Ferreira, R.M., 2010. Perfil da aspartato aminotransferase e alanina aminotransferase e biometria do fígado de codornas japonesas. R. Bras. Zootec. 39, 308-312.
- Bhanja, S. K., Devi, C.A., Panda, A. K., Sunder, G.S. 2010. Effect of Post-hatch Nutrient Intubation on Performance, Intestinal Growth, Meat Yield and Immune Response in Broiler Chickens. J. Anim. Sci. 23, 515 – 520.
- Boleli, I.C., Maiorka, A. Macari, M., 2002. Estrutura funcional do trato digestivo. In: Macari, M., Furlan, R.L., Gonzales, E. (Ed.), Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte. 2ª ed. FUNEP/UNESP, Jaboticabal, pp. 75-92.
- Bonato, M.A., 2013. Estimativas das exigências de treonina, lisina e metionina+cistina para frangas de postura por meio de modelos. PhD Tesis. Universidade Estadual

Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

- Braccini Neto, J., Dionello, N.J.L., Silveira JR., P., Bongalharo, D.C., Xavier, E.G., 1996. Análise de curvas de crescimento de aves de postura. R. Soc. Bras. Zootec. 25, 1062- 1073.
- Braz, N.M., Freitas, E.R., Bezerra, R.M., Cruz, C.E.B., Farias, N.N.P., Silva, N.M., Sá, N.L., Xavier, R.P.S., 2011. Fibra na ração de crescimento e seus efeitos no desempenho de poedeiras nas fases de crescimento e postura. R. Bras. Zootec. 40, 2744-2753.
- Carneiro, T.C., Santos, T.C., Murakami, A.E., Rossi, R.M., Fanhani, J.C., Stefanello, C., 2014. Influência da idade dos reprodutores de codornas de postura na reprodução, na qualidade de ovos e na morfologia dos órgãos genitais. Semina: Ci. Agrárias. 35, 2449-2466.
- Cherry, J.A., Siegel, P.B., 1978. Selection for body weight at eight weeks of age. Feed passage and intestinal size of normal and dwarf chickens. Br. Poult Sci. 57, 336-340.
- Duarte, F. A. M., 1975. Estudo da curva de crescimento de animais da raça Nelore, através de cinco modelos estocásticos. PhD Tesis. Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.
- Fialho, F. B., 1999. Interpretação da curva de crescimento de Gompertz. Embrapa-CNPSA, Concórdia Santa Catarina, Brasil. 237, 1-4.
- Finco, E.M., Furlan, A. C., Marcato, S. M., Ferreira, M. F. Z., Perini, T. P., Zancanela, V., Stanquevis, C. E., Grieser, D.O., 2013. Desenvolvimento de órgãos em codornas. In: Anais do V Simpósio Internacional e IV Congresso Brasileiro de Coturnicultura. Lavras, MG, Brasil, pp. 1-2.
- Flauzina, L.P., 2007. Desempenho produtivo e biometria de vísceras de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de proteína bruta. hD Diss. Universidade de Brasília, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

- Forni, S., 2007. Análise da curva de crescimento de bovinos da raça nelore utilizando funções não lineares em análises bayesianas. PhD Tesis. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- Freitas, E.B., Murakami, V.Y., Raineri Neto, R., Filadelpho, A.L., Montanha, F.P., Pereira, R.E.P., 2011. Estudo anatomo-fisiológico do sistema reprodutivo feminino das aves na formação dos ovos – Revisão de literatura. *Rev. Cient. Elet. Med. Vet.* 17, 1-12.
- Garcia, E.A., Mendes, A.A., Pizzolante, C.C., Veiga, N., 2001. Alterações morfológicas de codornas poedeiras submetidas a muda forçada. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 3, 265-273.
- Geweke, J., 1992. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments (with discussion). In: Bernardo, J.M., Berger, J. O., Dawid, A. P., Smith, A. F. M. (Eds.), *Bayesian statistics*. 4<sup>a</sup> ed. University Press, Oxford, pp. 169-93.
- Goonewardene, L. A., Berg, R. T., Hardin, R. T., 1981. A growth study of beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 61, 1041-1048
- Gous, R.M., 1998. Making Progress in the Nutrition of Broilers. *Poult. Sci.* 77, 111–117.
- Grieser, D.O., 2012. Estudo do crescimento e composição corporal de linhagens de codornas de corte e postura. PhD Diss. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil.
- Havenstein, G.B., Toeller, V.D., Nestor, K.E., Bacon, W.L., 1994. Estimates of genetic parameters in tukey. 2. Body weight and carcass characteristics. *Poult. Sci.* 67, 1388-1399.
- Heidelberg, P., Welch, P., 1983. Simulation run length control in the presence of an initial transient. *Oper. Res.* 31, 1109-144.

- Ito, N.M.K., Miyaji, C.I., Miyaji, S.O., 2013. Sistema reprodutor e formação do ovo. In: Macari, M., Gonzales, E., Patrício, I.S., Nääs, I.A., Martins, P.C. (Eds.), Manejo da incubação. 3ª ed. FACTA, Jabotical, pp. 1-30.
- Kawahara, T. Saito, K. Genetic parameters of organ and body weights in the japanese quail. *Poult Sci.* 55, 1247-1252.
- Lewis, P.D., Ciacciariello, M., Gous, R.M., 2003. Photorefractoriness in broiler breeders: Sexual maturity and egg production evidence. *Br Poult Sci.*44, 634-642.
- Lilja, C., Sperber, I., Marks, H.L., 1985. Postnatal growth and organ development in japanese quail selected for high growth rate. *Growht.* 49, 51-62.
- Maiorka, A., Santin, E., Fisher da Silva, A.V., Bruno, L.D.G., Boleli, I.C., Macari, M., 2000. Desenvolvimento do Trato Gastrointestinal de Embriões Oriundos de Matrizes Pesadas de 30 e 60 Semanas de Idade. *Rev. Bras. Cienc. Avic.* 2, 141-148.
- Maiorka, A., Dahlke, F., Morgulis, M.S.F.A., 2006. Broiler adaptation to post-hatching period. *Cienc. Rural.* 36, 701-708.
- Marcato, S.M., 2007. Características do crescimento corporal, dos órgãos e tecidos de duas linhagens comerciais de frangos de corte. PhD Tesis. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- Marcato, S.M., Sakomura, N.K., Fernandes, J.B.K., Siqueira, J.C., Dourado, L.R.B., Freitas, E.R., 2010. Crescimento e deposição de nutrientes nos órgãos de frangos de corte de duas linhagens comerciais. *R. Bras. Zootec.* 39, 1082-1091.
- Martins, V., Rizzotto, D.W., Bianchetto, M.M., Borille, R., Jácome, I.M.T.D., 2011. Avaliação do crescimento do aparelho reprodutivo de codornas mantidas sob fotoperíodo constante. In: XXII Latin American Poultry Congress. Buenos Aires, Argentina.
- Morais, M.R.P.T., Velho, A.L.M.C.S., Dantas, S.E.S., Fontenele-Neto, J.D., 2012. Morfofisiologia da reprodução das aves: desenvolvimento embrionário,

- anatomia e histologia do sistema reprodutor. *Acta Veterinaria Brasflica*. 6, 165-176.
- Muller, E.S., 2006. Perfil enzimático da a-amilase e da lipase e biometria de órgãos de codornas (*Coturnix coturnix japonica*) de um a 25 dias de idade. PhD Diss. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- Murakami, A.E., Franco, J.R.G., 2004. Nutrição de codornas japonesas em postura. In: *Zootec. Brasília, Distrito Federal, Brasil*. pp. 1-21.
- National Research Council - NRC, 1994. *Nutrient Requirement of Poultry*. 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC, US.
- Neme, R., Sakomura, N.K., Fukayama, E.H., Freitas, E.R., Fialho, F.B., Resende, K.T., Fernandes, J.B.K., 2006. Curvas de crescimento e de deposição dos componentes corporais em aves de postura de diferentes linhagens. *R. Bras. Zootec.* 35, 1091-1100.
- Noy, Y., Sklan, D., 1999. Different types of early feeding and performance in chicks and poults. *J. Appl. Poultry Res.* 8, 16-24.
- Oliveira, H.N., Lobo, R.B., Pereira, C.S., 2000. Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça guzerá. *Pesq. Agropec. Bras.* 35, 1843-1851.
- Oliveira, C.A.F., Butkeraitis, P., Rosmaninho, J.F., Guerra, J.L., Correa, B., Reis, T.A., 2004. Alterações hepáticas em codornas japonesas submetidas à intoxicação prolongada por aflatoxina B1. *Cienc. Rural.* 34, 213-217.
- Oliveira, N.T.E., Corrêa, G.S.S., Corrêa, A.B., Santos, G.C., Silva, M.A., Felipe, V.P.S., 2008. Ajuste do modelo Gompertz a dados de peso-idade de machos e fêmeas de codornas de corte de diferentes linhagens. In: *XVIII Congresso Brasileiro de Zootecnia*. João Pessoa, Paraíba, Brasil. pp. 1-3.
- Perotto, D., Cue, R.I., Lee, A.J. 1992. Comparison of nonlinear functions for describing the growth curve of three genotypes of dairy cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 72, 773-782.

- R Development core team, 2014. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.rproject.org.2014>>. Acesso em: 18/12/2014.
- Rezende, M.J.M., Flauzina, L.P., McMANUS, C., Oliveira, L.Q.M., 2004. Desempenho produtivo e biometria das vísceras de codornas francesas alimentadas com diferentes níveis de energia metabolizável e proteína bruta. *Acta Sci. Anim. Sci.* 26, 353-358.
- Ribeiro, A.M.L., Magro, N., Penz, JR.A.M., 2002. Granulometria do milho em rações de crescimento de frangos de corte e seu efeito no desempenho e metabolismo. *Rev. Bras. Cienc. Avíc.* 4, 1-7.
- Rossi, R.M., 2011. Introdução aos métodos Bayesianos na análise de dados Zootécnicos com uso do Winbugs e R. 1ª ed. Maringá: Eduem.
- Rostagno, H.S., Albino, L.F.L., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Barreto, S.L.T., Euclides, R.F., 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3ª ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Brasil.
- Rutz, F., Anciuti, M.A., Xavier, E.G., Roll, V.F.B., Rossi, P., 2007. Avanços na fisiologia e desempenho reprodutivo de aves domésticas. *Rev Bras Reprod Anim.* 31, 307-317.
- Santos, A.L., 2008. Desempenho, crescimento, qualidade do ovo, composição corporal e características produtivas e ósseas de poedeiras submetidas a diferentes programas nutricionais. PhD Tesis. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga, São Paulo, Brasil.
- Santos, L.F. 2010. Avaliação dos aspectos produtivos e morfológicos do oviduto de poedeiras comerciais (*Gallus gallus*) em postura, tratadas com selênio orgânico. PhD Diss. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil.
- Silva, A.M., Alencar, M.M., Freitas, A.R., Barbosa, R.T., Barbosa, P.F., Oliveira, M.C.S., Corrêa, L.A., Novaes, A.P., Tullio, R.R. 2000a. Herdabilidades e Correlações Genéticas para Peso e Perímetro Escrotal de Machos e

- Características Reprodutivas e de Crescimento de Fêmeas, na Raça Canchim. *Rev. bras. zootec.* 29, 2223-2230.
- Silva, J.H.V., Albino, L.F.T., Rostagno, H.S., Gomes, P.C., Euclides, R.F., 2000b. Exigência de Lisina para Aves de Reposição de 13 a 20 Semanas de Idade. *Rev. bras. zootec.* 29, 1795-1802.
- Silva, N.A.M., Aquino, L.H., Silva, F.F., Oliveira, A.I.G., 2004. Curvas de crescimento e influência de fatores não-genéticos sobre as taxas de crescimento de bovinos da raça nelore. *Ciênc. agrotec.* 28, 647-654.
- Silva, N.A.M., Muniz, J.A., Silva, F.F., Aquino, L.H., Gonçalves, T.M., 2007. Aplicação de método bayesiano na estimação de curva de crescimento em animais da raça nelore. *Rev. Ceres.* 54, 192-199.
- Silva, N.A.M., Muniz, J.A., Silva, F.F., Aquino, L.H., Gonçalves, T.M., 2007. Aplicação de método bayesiano na estimação de curva de crescimento em animais da raça nelore. *Rev. Ceres.* 54, 192-199.
- Stringhini, J.H., Marchini, C.F.P., Santos, F.R., Santos, J.S., Tanure, C.B.S.G., Buiriticá, J.D.N., Rezende, P.M., Café, M.B., 2013. In: Reunião Anual do Congresso da CBNA: Congresso sobre nutrição de animais jovens – aves e suínos. Campinas, SP, Brasil, pp. 1-21.
- Sugeta, S.M., Giachetto, P.F., Malheiros, E.B., Macari, M., Furlan, R.L., 2002. Efeito da restrição alimentar quantitativa sobre o ganho compensatório e composição da carcaça de frangos. *Pesq. Agropec. Bras.* 37, 903-908.
- Uni, Z., Noy, Y., SKLAN, D., 1999. Posthatch Development of Small Intestinal Function in the Poultry. *Poult. Sci.* 78, 215–222.
- Uni, Z., Tako, E., Gal-Garber, O., Sklan, D., 2003. Morphological, Molecular, and Functional Changes in the Chicken Small Intestine of the Late-Term Embryo. *Poult Sci.* 82, 1747-1754.
- Veloso, R.C., Costa, L.S., Drumond, E.S.C., Pires, A.V., Filho, R.A.T., Carneiro, A.P.S., 2013. Modelos não-lineares para descrever o crescimento de frangos tipo

caipira. In: X Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal. Uberaba, MG, Brasil.

Vieira, M.I., 2013. Codornas - acasalamento e inseminação artificial. Disponível em: <<http://www.ruralnews.com.br/visualiza.php?id=424>>. Acesso em: 22/10/2014.

## V – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que cada linhagem possui uma curva de crescimento devido ao melhoramento genético, a seleção das aves, as diferenças genéticas e diferentes condições ambientais impostas, se torna de suma importância a elaboração de novas curvas que descrevam adequadamente o crescimento da suposta linhagem após um processo de seleção.

Neste trabalho, na busca de métodos mais acurados de se obter parâmetros que descrevessem adequadamente o crescimento das aves, chegou-se à metodologia Bayesiana, que se mostrou muito eficiente para descrever o crescimento corporal, de órgãos e a deposição de nutrientes corporais, a qual possibilitará a adequação de manejos, assim como o manejo nutricional, contribuindo na melhoria da eficiência alimentar e produtiva dessas codornas de postura.

As estimativas de peso através dos modelos por meio desta metodologia foram condizentes, visto que os pesos estimados apresentaram-se semelhantes, na maioria das situações, quando comparados aos valores de peso observados. Na avaliação da qualidade de ajuste dos modelos, os resultados obtidos foram importantes, demonstrando que todos os modelos apresentaram adequado ajustamento aos dados, e que para cada conjunto de dados existe um modelo que melhor se ajusta, permitindo a utilização de modelos alternativos ao modelo de Gompertz, que é o mais utilizado devido às suas características desejáveis e interpretação biológica dos parâmetros.

Esse constitui ainda, um trabalho inicial de modelos que descrevem o crescimento corporal, de órgãos viscerais e reprodutivos e de nutrientes corporais em codornas de postura, dada a escassez de trabalhos relacionados, principalmente quando se trabalha com metodologia Bayesiana. Entretanto deve haver continuidade nesse tipo de estudo

para contribuir de forma efetiva com a cadeia de produção das codornas, visto que a utilização de curvas de crescimento por empresas, produtores e nutricionistas contribui na determinação do crescimento corporal em diferentes linhagens e na elaboração de programas nutricionais de acordo com as diferentes fases de crescimento das codornas de postura.

## NORMAS DA REVISTA

### LIVESTOCK SCIENCE

#### *Article structure*

Manuscripts should have numbered lines, with wide margins and double spacing throughout, i.e. also for abstracts, footnotes and references. Every page of the manuscript, including the title page, references, tables, etc., should be numbered. However, in the text no reference should be made to page numbers; if necessary, one may refer to sections. Avoid excessive usage of italics to emphasise part of the text.

Manuscripts in general should be organised in the following order:

- Title should be clear, descriptive and not too long
- Abstract
- Keywords (indexing terms)
- Introduction
- Material studied, area descriptions, methods, techniques
- Results
- Discussion
- Conclusion
- Acknowledgment and any additional information concerning research grants, and so on
- References
- Figure captions
- Figures (separate file(s))
- Tables (separate file(s))

#### *Essential title page information*

• **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

• **Author names and affiliations.** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.

• **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. **Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the**

**complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**

• ***Present/permanent address.*** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

### ***Abstract***

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

The abstract should not be longer than 400 words.

### ***Graphical abstract***

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of  $531 \times 1328$  pixels (h  $\times$  w) or proportionally more. The image should be readable at a size of  $5 \times 13$  cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements: [Illustration Service](#).

### ***Highlights***

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

### ***Keywords***

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

### ***Nomenclature and units***

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to

consult IUB: Biochemical Nomenclature and Related Documents: <http://www.chem.qmw.ac.uk/iubmb/> for further information.

Authors and Editors are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*.

All biotica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals. All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text.

Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

### *Math formulae*

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Equations should be numbered serially at the right-hand side in parentheses. In general only equations explicitly referred to in the text need be numbered.

The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Powers of e are often more conveniently denoted by exp.

Levels of statistical significance which can be mentioned without further explanation are \*P<0.05, \*\*P<0.01 and \*\*\*P<0.001.

In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g. Ca<sup>2+</sup>, not as Ca<sup>++</sup>.

Isotope numbers should precede the symbols, e.g. <sup>18</sup>O.

The repeated writing of chemical formulae in the text is to be avoided where reasonably possible; instead, the name of the compound should be given in full. Exceptions may be made in the case of a very long name occurring very frequently or in the case of a compound being described as the endproduct of a gravimetric determination (e.g. phosphate as P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

### *Footnotes*

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article, using superscript Arabic numbers. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

#### *Table footnotes*

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

### *Artwork*

#### *Electronic artwork*

##### *General points*

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Provide captions to illustrations separately.

- Size the illustrations close to the desired dimensions of the printed version.
- Submit each illustration as a separate file.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

**You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.**

### *Formats*

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

### **Please do not:**

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

### *Color artwork*

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications that can arise by converting color figures to 'grayscale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

### *Tables*

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

### *References*

References concerning unpublished data and "personal communications" should not be cited in the reference list but may be mentioned in the text.

#### *Reference style*

*Text:* All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al.(2010) have recently shown ....'

*List:* References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

#### *Examples:*

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

#### *Journal abbreviations source*

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations:

<http://www.issn.org/services/online-services/access-to-the-ltwa/>.

#### *Video data*

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>.

Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please

provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

### *AudioSlides*

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article.

AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides>. Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

### *Supplementary data*

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research.

Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications, high-resolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

### *Submission checklist*

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

#### **Ensure that the following items are present:**

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Phone numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.