**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Parâmetros genéticos de características de produção de linhagens nacionais
de frangos caipiras utilizando-se análise de sobrevivência**

Daysi Ylder Orzuza Escobar

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Ciência Animal e Pastagens

**Piracicaba
2020**

Daysi Ylder Orzuza Escobar
Engenheira Agrônoma

Parâmetros genéticos de características de produção de linhagens nacionais de frangos caipiras utilizando-se análise de sobrevivência
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011.

Orientador:
Prof. Dr. **GERSON BARRETO MOURÃO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA DIBD/ESALQ/USP

Orzuza Escobar, Daysi Ylder

Parâmetros genéticos de características de produção de linhagens nacionais de frangos caipiras utilizando-se análise de sobrevivência / Daysi Ylder Orzuza Escobar. - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - Piracicaba, 2020. 41 p.

Dissertação (Mestrado) - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

1. Parâmetros genéticos 2. Distribuição Weibull 3. Modelo de regressão Weibull com efeito aleatório 4. Frangos caipiras I. Título

DEDICATÓRIA:

Dedico

À minha família, especialmente ao meu filho Evan pelo profundo amor e compreensão. Obrigada por estar do meu lado em cada sonho, em cada luta e em cada conquista. Vocês são a minha razão de viver.

Aos meus irmãos Alan e Kevym Orzuza (*in memoriam*) pelo companheirismo e principalmente pelo apoio incondicional sem o qual não teria iniciado nem culminado essa jornada.

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e ao Programa de Pós-Graduação em “Ciência Animal e Pastagens” por abrir as portas que permitiu a realização do meu sonho de fazer um mestrado no Brasil.

Ao Prof. Dr. Gerson Barreto Mourão, pela compreensão, as conversas, os conselhos, sugestões e críticas dos projetos que me ensinaram a importância do aperfeiçoamento, da constância e da resiliência.

À Prof. Dra. Elizabeth Mie Hashimoto, pela disponibilidade, o carinho, e a amizade. Bem como os ensinamentos, as longas horas de ajuda nos meus estudos e a imensa paciência, fundamentais para a realização desse trabalho. Sem ela eu não teria conseguido.

Aos colegas do Grupo de Estudos em Estatística e Melhoramento Animal (GE²MA), Juliana Petrini, Mayara Salvian, Vamilton Franzo, Brayan Dias Dauria, Fabrício Pilonetto, Fátima Auler Bogdanski, Izally Carvalho Gervásio, Paola Perez Boscollo, Giovanni Coelho Ladeira e Sofia Andrade, pela troca de experiências, de conhecimentos e pelo companheirismo nos trabalhos de campo, nos estudos e nos momentos de descontração.

Agradeço especialmente à Eula Regina Carrara e ao Gregori Alberto Rovadoscki por terem sido muito mais do que excelentes colegas de pós-graduação. Foram irmãos, conselheiros, confidentes e as vezes um ombro amigo para chorar nos momentos de dificuldades e no processo de adaptação ao Brasil. São pessoas que guardarei sempre no coração.

Aos estagiários Marina Miquilini e Adhonis Emanuel Braga Lima pela boa disposição e cooperação nos trabalhos de campo.

Aos docentes dos Departamentos de Zootecnia (ESALQ/USP e FZEA/USP) e Ciências Exatas (ESALQ/USP), pelos ensinamentos vitais na minha formação científica e profissional.

Al Banco Central del Paraguay (BCP) y al Programa Nacional de Becas de Postgrado en el Exterior “Don Carlos Antonio López” (BECAL) por la confianza e invertir en mí formación profesional.

A los amigos que hice en este nuevo país, nueva vida pero mismo origen: Paraguay. Gracias Sarah Guerreño y Arnaldo Esquivel Fariña. Ja’umina.

A mi familia Evan y Felipe por el inmenso amor, cuidado, apoyo y comprensión. Por nunca dejarme sola y por creer en mí. Los amo por siempre.

A mis hermanos Alan y Kevym Orzuza (*in memoriam*) por toda la ayuda, el compañerismo y principalmente por el apoyo incondicional sin los cuales no habría iniciado ni culminado esta jornada.

A mis padres Ing. Agr. Eleuterio Orzuza y Prof. Felipa Escobar por su ejemplo de lucha y superación.

A todos os amigos e colegas que contribuíram na minha formação pessoal e profissional.

Obrigada. Gracias. Aguyje.

“Tornamos nosso mundo significativo pela coragem de nossas perguntas e pela profundidade de nossas respostas.”

Carl Sagan

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
INTRODUÇÃO.....	9
REFERÊNCIAS.....	10
CAPÍTULO 1.....	13
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	13
1. INTRODUÇÃO.....	14
REFERÊNCIAS.....	14
2. MATERIAL E MÉTODOS	15
2.2.1 Criação das aves.....	15
2.2.2 Caipirão da ESALQ.....	15
2.2.3 Caipirinha da ESALQ.....	16
2.3 Análise de Sobrevivência.....	18
2.3.1 Conceitos Básicos.....	18
2.3.2 Distribuição Weibull e adequação do modelo.....	20
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4. CONCLUSÕES.....	26
REFERÊNCIAS.....	26
CAPÍTULO 2.....	29
RESUMO.....	29
ABSTRACT.....	29
1. INTRODUÇÃO.....	30
REFERÊNCIAS.....	31
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
2.1 Criação das aves.....	31
2.2 Análise de Sobrevivência.....	32
2.2.1 Modelo de adequação escala para distribuição Weibull.....	32
2.2.2 Modelo Weibull de regressão com efeito aleatório.....	33
2.2.3 Estimação do efeito da herdabilidade.....	34
3. RESULTADO E DISCUSSÃO.....	35
4. CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS.....	40

RESUMO

Parâmetros genéticos de características de produção de linhagens nacionais de frangos caipiras utilizando-se análise de sobrevivência

Esta dissertação foi dividida em dois capítulos. No primeiro capítulo objetivou-se estudar a adequação da distribuição Weibull para analisar dados de tempo até o peso de abate das linhagens nacionais de frangos caipiras, Caipirão e Caipirinha ESALQ e, consequentemente, estimar o tempo mediano, em dias, que as aves levam para atingir o peso de abate (PA). No segundo capítulo objetivou-se utilizar um modelo de regressão Weibull com efeito aleatório do pai e estimar a herdabilidade dos tempos até o peso de abate dos frangos. O arquivo de dados continha registros de 122 frangos machos. Os animais que morreram ou permaneceram no estudo sem atingir o evento de interesse por mais de 91 dias de idade foram considerados censurados (39,34% do total da população). Os animais que morreram ou permaneceram no estudo sem atingir o evento de interesse por mais de 91 dias de idade foram considerados censurados (39,34% do total da população). O método de Kaplan-Meier permitiu estimar a função de sobrevivência dos tempos em dias em que as aves de linhagens nacionais caipiras Caipirão e Caipirinha ESALQ atingiram o peso de abate de 2,6kg. Os tempos foram 63, 70, 77, 84 e 91 dias de vida. O tempo mediano foi aos 84 dias. A distribuição Weibull apresentou adequação para descrição dos dados de sobrevivência das aves. O efeito da eficiência alimentar foi significativo ($p < 0,05$). A herdabilidade estimada para característica de tempo até o peso de abate foi igual a 0,08, valor de magnitude baixa. Os resultados indicam que foi possível utilizar um modelo de regressão Weibull com efeito aleatório do pai para estimar a herdabilidade e, que o desempenho dos frangos foi associado aos efeitos ambientais, dentre eles a eficiência alimentar.

Palavras-chave: Análise de sobrevivência, Máxima verossimilhança, Distribuição Weibull, Herdabilidade, Eficiência alimentar, Frangos de linhagens caipiras

ABSTRACT

Genetic parameters of production characteristics of national free-range chicken using survival analysis

This dissertation was divided into two chapters. In the first chapter, the objective was to study the adequacy of the Weibull distribution to analyze time data up to the slaughter weight of the national free-range chicken lines, Caipirão and Caipirinha ESALQ and, consequently, estimate the median time, in days, that the chickens take to reach the slaughter weight (PA). In the second chapter, the objective was to use a Weibull regression model with random effect from the sire and to estimate the heritability of the times until the slaughter weight of the chickens. The data file contained records of 122 male chickens. Animals that died or remained in the study without reaching the event of interest for more than 91 days of age were considered censored (39.34% of the total population). Animals that died or remained in the study without reaching the event of interest for more than 91 days of age were considered censored (39.34% of the total population). The Kaplan-Meier method made it possible to estimate the survival function of the times in days when the chickens of the national free-range strains Caipirão and Caipirinha ESALQ reached a slaughter weight of 2.6 kg. The times were 63, 70, 77, 84 and 91 days of life. The median time was 84 days. The Weibull distribution was suitable for describing the chicken's survival data. The effect of feed efficiency was significant ($p < 0.05$). The estimated heritability for time characteristic until slaughter weight was 0.08, a low magnitude value. The results indicate that it was possible to use a Weibull regression model with the sire's random effect to estimate heritability and that the performance of the chickens was associated with environmental effects, including feed efficiency.

Keyword: Survival analysis, Maximum likelihood, Weibull distribution, Heritability, feed efficiency, Free-range chickens

1. INTRODUÇÃO

As aves destinadas à produção de carne, foram selecionadas principalmente para características de desempenho e carcaça, como o peso vivo e conversão alimentar, o que proporcionou avanços na taxa de crescimento dos indivíduos. Contudo, a seleção intensa para estas características parece ter provocado mudanças no tamanho, na forma e na função dos órgãos das aves, implicando alterações fisiológicas importantes e aumento na formação de tecido adiposo na carcaça das aves. A gordura tem sido reconhecida como um dos principais problemas da indústria da carne de frango, podendo representar muitas perdas, pois a maior quantidade de gordura pode não apenas reduzir a eficiência alimentar das aves, como também tende a levar o consumidor à rejeição da carne de frango, uma vez que o mercado vem exigindo menores teores de gordura na carne (GAYA; MOURÃO; FERRAZ, 2006). Sistemas alternativos de criação de frango vêm ganhando força, a demanda por produtos agropecuários, com características organolépticas diferenciadas e com menores impactos ambientais, tem propiciado mudanças no sistema produtivo de aves em todo o mundo (FANATICO et al., 2008). Com a demanda de produtos diferenciados surge o sistema de produção de frangos tipo “caipira”. A preferência dos consumidores por esse produto está relacionada a uma percepção de qualidade e segurança provenientes desses sistemas, embora havendo pouca evidência científica que sustente estas percepções (PONTE et al., 2008). Apesar do grande potencial do mercado de frango caipira, são escassos os trabalhos relacionados ao melhoramento genético deste setor da avicultura. Para que a produção de frango caipira se torne viável é imprescindível o uso de linhagens com potencial de crescimento específico para a atividade, que atendam as expectativas do consumidor. Portanto, é necessário intensificar os processos de identificação dos genótipos superiores por meio de programas de melhoramento animal (GAYA; FERRAZ, 2006). Critérios de seleção devem ser determinados, ou seja, são necessárias informações confiáveis acerca dos parâmetros genéticos (herdabilidades e correlações genéticas) associados às características de frango caipira que são economicamente importantes (VAYEGO et al., 2008) tais como características de produção de ovos das matrizes (EUCLIDES, 1999) e produção de carne (SILVA, 2009). As aves destinadas à produção de carne são selecionadas principalmente para características de desempenho e carcaça, o que proporcionou avanços na taxa de crescimento dos indivíduos. Características relacionadas ao crescimento animal são frequentemente analisadas utilizando-se modelos estatísticos convencionais como o modelo de Gompertz e modelos de Regressão. No entanto, esses modelos não podem ser utilizados em situações onde a distribuição não apresenta normalidade devido a presença de informações com tempos incompletos. Essas informações são geradas pela ausência do evento de interesse durante o período de estudo, e são denominados dados censurados. Nesses casos, um modelo de Análise de Sobrevivência se torna uma ferramenta importante para analisar o tempo até a ocorrência do evento de interesse e permite analisar adequadamente as censuras e não normalidade dos dados. A principal variável resposta em análises de sobrevivência é o “tempo de sobrevivência”, que é um termo usado para denominar o período de um ponto de partida até a ocorrência de um evento (LEE

e GO, 1997). Dessa forma, para fazer uma análise descritiva dos dados, utiliza-se o estimador de Kaplan-Meier que, também, permite verificar a adequação de um modelo de sobrevivência. Do ponto de vista paramétrico, o modelo probabilístico Weibull ocupa uma posição de destaque por sua comprovada adequação para a análise estatística de dados censurados (COLOSIMO e GIOLO, 2006). No contexto de melhoramento animal, a distribuição Weibull é a mais utilizada, uma vez que é possível estimar coeficientes da herdabilidade (YADZI et al., 2002). A adequação desse modelo probabilístico pode ser verificada comparando as curvas de sobrevivência obtidas pelo modelo paramétrico com a curva de sobrevivência de Kaplan-Meier (FCHINI et al., 2008). No que diz respeito a inclusão das informações genéticas das aves na análise estatística, quando os frangos são filhos do mesmo progenitor formam dados com estrutura de grupos e, apresentam correlação entre os tempos que levam até atingir o evento de interesse, peso ao abate, por exemplo, gerando heterogeneidade da variância residual. Uma forma de representar essa correlação é a traves da inclusão de uma variável latente, denominada efeito aleatório do pai. A inclusão de informações fenotípicas como covariáveis, também denominadas variáveis explicativas, podem proporcionar independência entre os tempos. Nesses casos, os modelos convencionais de Análise de Sobrevivência não podem ser utilizados pois não contemplam essa estrutura de dados. A utilização de um modelo de Regressão Weibull com efeito aleatório poderia apresentar resultados mais consistentes. Ao incorporar o efeito do pai como variável não observável no modelo de regressão, geralmente, para o efeito aleatório é empregado à distribuição normal com média zero e variância constante (CAETANO, 2011; HATA, 2014). Consequentemente, com a estimativa do parâmetro da variância da distribuição normal é possível estimar a herdabilidade para dados censurados. Em programas de melhoramento animal, esse é o parâmetro genético mais importante, pois expressa o grau de correspondência entre o valor fenotípico e o valor genético (FALCONER, 1987). A abordagem de dados censurados é utilizada em estudos de diversas espécies de interesse zootécnico. Nesse contexto, Hata (2014) estudou a herdabilidade do tempo em imobilidade tónica de codornas. Em trabalhos com bovinos, Van Melis (2014) estudou o tempo de permanência no rebanho. Giolo et al. (2003) analisaram o tempo em dias do nascimento à desmama que um animal leva para ganhar 160 kg de peso. Pereira et al. (2006) e Pereira et al. (2007) estudaram a idade à primeira concepção para novilhas expostas aos touros pela primeira vez em torno de 14 meses de idade (entre 11 e 16 meses). Pereira (2008) pesquisou sobre a preconcepção de novilhas primíparas expostas em torno de 16 e 24 meses de idade. Caetano (2011) analisou a idade da vaca ao último parto como medida de longevidade. Contudo, são escassos os estudos envolvendo essa metodologia para frangos caipiras. A contribuição esperada deste estudo é auxiliar nos processos de seleção nos programas de melhoramento genético de aves caipira e servir como referência para desenvolvimento de outros trabalhos relacionados à área.

Objetivou-se i) estudar a adequação da distribuição Weibull para analisar dados de tempo até o peso de abate das linhagens nacionais de frangos caipiras, Caipirão e Caipirinha ESALQ e, consequentemente, estimar o tempo mediano, em dias, que as aves levam para atingir o peso ao abate.

ii) Utilizar um modelo de regressão Weibull com efeito aleatório do pai em um conjunto de dados censurados para estimar a herdabilidade e o efeito da eficiência alimentar sobre o tempo até as aves atingirem o peso de abate.

REFERÊNCIAS

CAETANO, S. L. Estudo da idade da vaca ao último parto para avaliar longevidade em rebanhos da raça Nelore por análise de sobrevivência. 2011. 111f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento Animal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2011

EMMERT, J. L. Performance, livability, and carcass yield of slow- and fast-growing chicken genotypes fed low-nutrient or standard diets and raised indoors or with outdoor access. *Poultry Science*, v. 87, p.1012–1021, 2008.

FACHINI, J.B. ORTEGA.E.M.M., NETOF. L., Influential diagnostics for polyhazard models in the presence of covariates. *Statistical Methods and Applications*, 17 (2008), 413-433 p.

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

FANATICO, A. C.; PILLAI, P. B.; HESTER, P. Y; FALCONER, C.; MENCH, J. A.; OWENS, GAYA, L.G.; FERRAZ, J.B.S.; REZENDE, F.M.; MOURÃO, G.B.; MATTOS, E.C.; ELER, J.P.; MICHELAN FILHO. T.; Heritability and genetic correlation estimates for performance and carcass and body composition traits in a male broiler line. *Poultry Science*, v. 85, n. 5, p. 837-843, 2006.

GIOLO, S. R.; HENDERSON, R.; DEMÉTRIO, C.G.B. Um critério para a seleção de touros nelore usando modelos de sobrevivência. *Rev. Mat. Estat.*, São Paulo, v.21, n.3, p.115-123, 2003.

HATA, M.. Aplicação de análise de sobrevivência no estudo da imobilidade tônica e do comportamento de reintegração social de perdizes (*Rhynchotus rufescens*). 2014.

LEE, E. T.; GO, O. T. Survival analysis in public health research. *Annual Review of Public Health*, v. 18, p. 105 – 34, 1997.

PEREIRA, E.; OLIVEIRA, H. N.; ELER, J. P.; SILVA, J. A. II V.; Van MELIS, M. H. Use of survival analysis as a tool for the genetic improvement of age at first conception in Nelore cattle. *J. Anim. Breed. Genet.*, Berlin, v.123, n.1, p.64-71, 2006.

PEREIRA, E.; OLIVEIRA, H. N.; ELER, J. P.; SILVA, J. A. II V.; Van MELIS, M. H. Comparison among three approaches for evaluation of sexual precocity in Nelore cattle. *Animal*, Cambridge, v.1, n.3, p.411-418, 2007.

PEREIRA, M. C. Avaliação genética da preconcepção de fêmeas primíparas da raça Nelore. 2008. 86f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. 2008.

PONTE, P.I.P.; ROSADO,C.M.C.; CRESPO, J.P.;CRESPO, D.G.; MOURÃO, J.L.; CHAVEIROSOARES, M.A.; BRÁS,J.L.A.; MENDES, I.; GAMA, L.T.; PRATES, J.A.M.;FERREIRA, L.M.A.; FONTES, C.M.G.A. Pasture intake improves the performance and meat sensory attributes of free-range broilers. Poultry Science, Savoy, v. 87, p. 71-79, 2008.

VAN MELIS, M. H. et al. Quantitative genetic study of age at subsequent rebreeding in Nellore cattle by using survival analysis. Genetics And Molecular Research. Ribeirao Preto: Funpec- editora, v. 13, n. 2, p. 4071-4082, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/111605>>.

VAN MELIS, M.H; PEREIRA, J. Estudo genético-quantitativo do tempo de permanência no rebanho na raça Nelore utilizando-se inferência bayesiana e análise de sobrevivência. 2005.Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

VAYEGO, S.A.; DIONELLO, N.J.L.; FIGUEIREDO, E.A.P. Estimativas de parâmetros e tendências genéticas para algumas características de importância econômica em linhagem paterna de frangos de corte sob seleção. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 37, n. 7, p. 1230-1235, 2008.

YAZDI, M.H.; VISSCHER, P.M.; DUCROCQ, V.; THOMPSON, R. Heritability, reliability of genetic evaluations and response to selection in proportional hazard models. Journal of Dairy Science, Lancaster, v.85, p.1563-1577, 2002

CAPÍTULO 1 – ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO WEIBULL PARA O TEMPO ATÉ O PESO AO ABATE DE LINHAGENS NACIONAIS DE FRANGOS CAIPIRAS

Resumo

Para que a produção de frango caipira se torne viável é imprescindível o uso de linhagens com potencial de crescimento específico para a atividade, que atendam as expectativas do consumidor. Neste trabalho foi proposto avaliar a característica do tempo que as aves levam até atingir um evento de interesse. Por outro lado, dados dessa natureza apresentam tempos incompletos devido à ausência do evento de interesse, gerando dados considerados censurados. Nesses casos, um modelo de análise de sobrevivência se torna uma ferramenta importante para analisar os dados, uma vez que a suposição da normalidade não é satisfeita. Para fazer uma análise descritiva dos dados, utiliza-se o estimador de Kaplan-Meier que, também, permite verificar a adequação de um modelo de sobrevivência. Os objetivos desse trabalho foram estudar a adequação da distribuição Weibull para analisar dados de tempo até o peso ao abate (PA) das linhagens nacionais de frangos caipiras, Caipirão e Caipirinha ESALQ e, consequentemente, estimar o tempo mediano, em dias, que as aves levam para atingir o PA. O arquivo de dados continha registros de 122 frangos machos. Os animais que morreram ou permaneceram no estudo sem atingir o evento de interesse por mais de 91 dias de idade foram considerados censurados (39,34% do total da população). O método de Kaplan-Meier permitiu estimar a função de sobrevivência dos tempos em dias em que as aves de linhagens nacionais caipiras Caipirão e Caipirinha ESALQ atingiram o peso de abate de 2,6kg. Os tempos foram 63, 70, 77, 84 e 91 dias de vida. O tempo mediano foi aos 84 dias. A distribuição Weibull apresentou adequação para descrição dos dados de sobrevivência das aves.

Palavras-chave: Análise de sobrevivência, Distribuição Weibull, Máxima verossimilhança

Abstract

For the of free-range chicken production to become viable it is essential to use lines with specific growth potential for the activity, which meet consumer expectations. In this work it was proposed to evaluate the characteristic of the time that the chickens take to reach an event of interest. On the other hand, data of this nature are incomplete due to the absence of the event of interest, generating data considered censored. In these cases, a survival analysis model becomes an important tool for analyzing the data, since the assumption of normality is not satisfied. To make a descriptive analysis of the data, the Kaplan-Meier estimator is used, which also allows checking the adequacy of a survival model. The objectives of this work were to study the adequacy of the Weibull distribution to analyze data on time to slaughter weight (PA) of the national lines of free-range chickens, Caipirão and Caipirinha ESALQ and, consequently, to estimate the median time, in days, that the chickens take to reach the PA. The data file contained 122 records of male chickens. Animals that died or remained in the study without reaching the event of interest for more than 91 days of age were considered censored (39.34% of the total population studied). The Kaplan-Meier method made it possible to estimate the survival function of the times in days when the chickens of the national free-range strains Caipirão and Caipirinha ESALQ reached a slaughter weight of 2.6 kg. The times were 63, 70, 77, 84 and 91 days of life. The median time was 84 days. The Weibull distribution was adequate to describe the chicken data.

Keywords: Survival analyze, Weibull distribution, Maximum likelihood

1. INTRODUÇÃO

Em programas de melhoramento genético de aves de linhagens caipiras destinadas à produção de carne é imprescindível a identificação de indivíduos com potencial de crescimento específico para a atividade, que atendam as expectativas do consumidor. Portanto, é necessário intensificar os processos de identificação dos genótipos superiores (GAYA; FERRAZ, 2006). Critérios de seleção devem ser determinados, ou seja, são necessárias informações confiáveis acerca dos parâmetros genéticos (herdabilidades e correlações genéticas) associados às características de interesse envolvidas (VAYEGO et al., 2008). Frangos de corte de linhagens comerciais passaram por um intenso processo de seleção de características de desempenho e carcaça, o que proporcionou avanços na taxa de crescimento dos indivíduos. No entanto, nos modelos utilizados, existiram situações onde a distribuição de probabilidade não apresentou normalidade devido a presença de informações com tempos incompletos. Essas informações são geradas pela ausência do evento de interesse durante o período de estudo, e são denominados dados censurados. Nesses casos, um modelo de Análise de Sobrevivência se torna uma ferramenta importante para estimar o tempo até a ocorrência do evento de interesse e permite analisar adequadamente as censuras e a não normalidade dos dados. A principal variável em análises de sobrevivência é o “tempo de sobrevivência”, que é um termo usado para denominar o período de um ponto de partida até a ocorrência de um evento (LEE e GO, 1997). Dessa forma, para fazer uma análise descritiva dos dados, utiliza-se o estimador de Kaplan-Meier que, também, permite verificar a adequação de um modelo de sobrevivência. Do ponto de vista paramétrico, os modelos probabilísticos exponencial, de Weibull ocupa uma posição de destaque por sua comprovada adequação para a análise estatística de dados censurados (COLOSIMO e GIOLO, 2006). Entretanto, no contexto de melhoramento animal, a distribuição mais utilizada é a Weibull, uma vez que é possível estimar a herdabilidade (YADZI et al., 2002). A adequação desses modelos probabilísticos pode ser verificada comparando as curvas de sobrevivência obtidas pelo modelo paramétrico com a curva de sobrevivência de Kaplan-Meier (FCHINI et al., 2008). O estudo de características de produção de aves, especialmente ainda é pouco explorado.

Objetivou-se estudar a adequação da distribuição Weibull para analisar dados de tempo até o peso de abate das linhagens nacionais de frangos caipiras, Caipirão e Caipirinha ESALQ e, consequentemente, estimar o tempo mediano, em dias, que as aves levam para atingir o peso de abate.

REFERÊNCIAS

- COLOSIMO, E. A.; GIOLO, S. R. *Análise de Sobrevivência Aplicada*. 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 370 p.
- GAYA, L.G.; FERRAZ, J.B.S. Aspectos genético-quantitativos da qualidade da carne em frangos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 349-356, 2006.

LEE, E. T.; GO, O. T. Survival analysis in public health research. *Annual Review of Public Health*, v. 18, p. 105 – 34, 1997.

VAYEGO, S.A.; DIONELLO, N.J.L.; FIGUEIREDO, E.A.P. Estimativas de parâmetros e tendências genéticas para algumas características de importância econômica em linhagem paterna de frangos de corte sob seleção. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 37, n. 7, p. 1230-1235, 2008.

YAZDI, M.H.; VISSCHER, P.M.; DUCROCQ, V.; THOMPSON, R. Heritability, reliability of genetic evaluations and response to selection in proportional hazard models. *Journal of Dairy Science*, Lancaster, v.85, p.1563-1577, 2002

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Aves

O banco de dados considerou registros de 122 aves de linhagens experimentais de frango caipira (CEUA nº 2018.5.393.11.4) pertencentes ao Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), desenvolvidas pelo Departamento de Genética da ESALQ/USP no projeto “Frango Feliz” em Piracicaba - SP. As linhagens são descritas a seguir:

a) Linhagem Caipirã da ESALQ

Ave de corte, de crescimento rápido e fenótipos variados para cor de plumagem, apresentando, em média, peso vivo de 3,28 kg, conversão alimentar de 2,82, e 72,66% de rendimento de carcaça aos 84 dias (COELHO et al., 2008; SAVINO et al., 2007). A Figura 1 ilustra um macho adulto;

Figura 1. Linhagem Caipirã. Macho adulto

b) Linhagem Caipirinha da ESALQ

Ave de dupla aptidão (corte e postura), de crescimento lento e fenótipos variados para cor de plumagem. Pesa em média 2,42 kg, com conversão alimentar de 2,66, e 70,25% de rendimento de carcaça aos 84 dias (COELHO et al., 2008; SAVINO et al., 2007) A Figura 1 ilustra um macho adulto;

Figura 2. Linhagem Caipirinha. Macho adulto

Os progenitores das aves deste estudo não contam com histórico de *pedigree*. O acasalamento foi feito por meio de inseminação artificial, na proporção de um macho para quatro fêmeas de forma que o registro do grupo de parentais e *pedigree* fosse controlado. Os ovos foram identificados e incubados por 21 dias em incubadoras industriais (Figura 3a). Os nascimentos ocorreram no dia 07 de julho de 2017 (Figura 3b).

Figura 3. a) Incubadora industrial, b) Nascimento dos pintainhos.

Ao nascimento, foi feita a marcação individual dos pintainhos por meio da colocação na membrana de pele da asa, com números para registro de informações da ave. Todas as aves foram vacinadas contra boubá aviária, doença de Gumboro, de Marek (DM), e New Castle (DNC). O cronograma de vacinação é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Cronograma de vacinação das aves e aplicações.

Idade (dias)	Vacina	Aplicação
1	Marek	Punção subcutânea no pescoço
10	New Castle	Intraocular
21	Bouba aviária	Punção na membrana da asa
35	New Castle	Intraocular
63	Bouba aviária	Punção na membrana da asa

Os pintainhos foram separados por linhagem e alojados aleatoriamente em um galpão, com boxes de 3m² contendo 50 aves por box. Receberam ração comercial de crescimento e receberam água *ad libitum* (Figura 5).

Figura 4. Pintainho no interior do box. Bebedouro.

Aos 42 dias de idade, 150 frangos machos das linhagens Caipirão e Caipirinha foram pesados com balança eletrônica (Figura 6) e selecionados com base na média do peso vivo de forma que fossem de 2 a 4 meio irmãos paternos e foram transferidas para um galpão. Então as aves foram separadas em gaiolas individuais que dispunham de bebedouros automáticos tipo *nipple* e comedouros para gaiolas de chapa galvanizada onde receberam ração comercial de corte e água *ad libitum* (Figura 5a e 5b). As gaiolas também receberam fichas de identificação individual. Houve controle do fotoperíodo por meio de programas de luz. Porém não existem registros de temperatura e umidade do ambiente interno do galpão.

Figura 5. a) Comedouro, b) Bebedouro tipo *nipple*.

A base de dados considerou registros das 122 aves descritas na sub-sub-seção e foram pesadas individualmente ao nascimento, aos 7, 21, 42, 56, 63, 70, 77, 84 e 91 dias de idade com balança eletrônica digital (Figura 6a e 6b). Desde os 42 dias também foram feitas pesagens semanais da ração dos comedouros para obtenção de dados de consumo e eficiência alimentar.

Figura 6. a) Balança eletrônica b) Pesagem.

Após a coleta de dados, os valores atípicos foram removidos, uma vez que a inclusão dessas informações produz resultados viesados. Foram considerando os seguintes itens:

- a) Número de identificação incorreto
- b) Falta de valores de pesagens
- c) Valores de pesagens repetidos

2.3. Análise de sobrevivência

2.3.1. Conceitos básicos

A abordagem da análise sobrevivência é caracterizada por dados de tempos de falha. Por *falha* entende-se a ocorrência de um evento pré-especificado e, por *tempo de falha*, o período decorrido para o evento ocorrer. As *censuras* referem-se a circunstâncias em que alguns indivíduos se encontram livres do evento, ou seja, somente uma informação parcial sobre o tempo até o evento de interesse foi observado (KALBFLEISH e PRENTICE, 2002). Por exemplo, por terem sido retirados mais cedo do estudo, morrido, ou por não terem apresentado o evento de interesse até o término do experimento (GIOLO, 2002). A Figura 7 ilustra uma adaptação do mecanismo de censura aleatória presente neste trabalho. O acompanhamento de algumas aves foi interrompido porque elas não apresentaram o peso ao abate (PA) até o final experimento ou morreram durante o período de estudo gerando dados censurados. Nessa figura o “círculo” representa o tempo de censura enquanto o “xis” representa o tempo de falha.

Figura 7. Mecanismo de censura aleatória

Fonte: Adaptado de Colosimo e Giolo (2006)

Dessa forma, seja T uma variável aleatória não negativa que represente o tempo de falha de um animal em uma população homogênea (KALBFLEISH e PRETINCE, 2002). A distribuição de probabilidade de T pode ser especificada de três maneiras a partir da função de sobrevivência, da função de densidade de probabilidade e da função de risco, que são descritas a seguir:

- a) Função densidade de probabilidade: a probabilidade do animal atingir o peso de abate em um intervalo instantâneo de tempo, dada por

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Pr(t \leq T < t + \Delta t)}{\Delta t},$$

em que Δt é um incremento de tempo infinitamente pequeno.

- b) Função taxa de falha (ou função risco): a probabilidade da falha ocorrer em um intervalo de tempo t é expressa por

$$\sigma(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t \leq T < t + \Delta t | T \geq t)}{\Delta t},$$

ou seja, assumindo Δt bem pequeno, $\lambda(t)$ representa a taxa de falha instantânea no tempo t condicional à sobrevivência até o tempo t .

- c) Função de sobrevivência: a probabilidade de que uma ave não atinja o peso de abate de 2,6kg até um certo tempo t

$$S(t) = P(T > t).$$

A função de sobrevivência é o principal componente da análise descritiva envolvendo dados de sobrevivência, uma vez que, a presença de censura invalida o tratamento de dados a partir de medidas de tendência central e variabilidade (COLOSIMO e GIOLO, 2006).

Assim, a função de sobrevivência pode ser estimada da seguinte forma:

- a) Não paramétrica: utilizando o estimador não paramétrico de Kaplan-Meier (KAPLAN e MEIER, 1958). O estimador de Kaplan-Meier (EKM) ou estimador produto limite é definido como

$$\hat{S}(t) = \prod_{j:t_j < t} \left(\frac{n_j - d_j}{n_j} \right) = \prod_{j:t_j < t} \left(1 - \frac{d_j}{n_j} \right), \quad (1)$$

em que $t_1 < \dots < t_k$, os k tempos distintos e ordenados de eventos de interesse, d_j o número de eventos de interesse em t_j , $j = 1, \dots, k$, e n_j o número de indivíduos sob risco em t_j , ou seja os indivíduos que não atingiram o evento de interesse e não foram censurados até o instante imediatamente anterior a t_j . Maiores detalhes, de como a expressão em (1) é obtida, podem ser encontradas em Kalfbfleish e Prentice (2002), Lawless (2003) e Colosimo e Giolo (2006).

- b) Paramétrica: utilizando modelos probabilísticos. No contexto de análise de sobrevivência, as distribuições mais usadas são gama generalizada, log-logística, log-normal e Weibull. Entretanto, no contexto de melhoramento animal, a distribuição mais utilizada é a Weibull, uma vez que é possível estimar a herdabilidade (YADZI et al., 2002).

2.3.2. Distribuição Weibull e adequação do modelo

Para uma variável aleatória T não negativa, a função densidade de probabilidade da distribuição Weibull, proposta por Weibull (1939), é dada por

$$f(t) = \frac{\gamma}{\alpha^\gamma} t^{\gamma-1} \exp\left\{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\gamma\right\}, \quad (2)$$

em que $\gamma > 0$ é o parâmetro de forma e $\sigma > 0$ é o parâmetro de escala e que tem a mesma unidade de medida de T . Por outro lado, a função de sobrevivência é dada por

$$S(t) = \exp\left\{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\gamma\right\}. \quad (3)$$

O método de estimação utilizado para estimar os parâmetros da distribuição Weibull foi o método da máxima verossimilhança, pois o processo de estimação leva em conta a contribuição das aves que foram falhas e das aves que foram censuradas (LAWLESS, 2003).

Assim, sejam $T_1, \dots, T_n$ uma amostra aleatória proveniente de uma distribuição Weibull definida em (2) e $C_1, \dots, C_n$ os tempos de censura aleatória, então, os dados observados são definidos por $t_i = \min(t_i, c_i)$ e um indicador de censura $\sigma_i = I(t_i \leq c_i)$. Portanto, de acordo com Colosimo e Giolo (2014), a função de verossimilhança é dada por

$$L(\boldsymbol{\theta}) = \prod_{i=1}^n f(t_i)^{\sigma_i} S(t_i)^{1-\sigma_i} \quad (4)$$

em que $\boldsymbol{\theta}$ é o vetor de parâmetros desconhecidos. Então, substituindo a função $f(\cdot)$ pela expressão em (2) e a função $S(\cdot)$ pela expressão em (3), a função de verossimilhança em (4) é reescrita como

$$\begin{aligned} L(\boldsymbol{\theta}) &= \prod_{i=1}^n \left[\frac{\gamma}{\alpha^\gamma} t_i^{\gamma-1} \exp \left\{ - \left(\frac{t_i}{\alpha} \right)^\gamma \right\} \right]^{\sigma_i} \left[\exp \left\{ - \left(\frac{t_i}{\alpha} \right)^\gamma \right\} \right]^{1-\sigma_i} \\ &= \prod_{i=1}^n \left[\frac{\gamma}{\alpha^\gamma} t_i^{\gamma-1} \right]^{\sigma_i} \exp \left\{ - \left(\frac{t_i}{\alpha} \right)^\gamma \right\}, \end{aligned}$$

em que $\boldsymbol{\theta} = (\alpha, \gamma)$

Os estimadores de máxima verossimilhança são os valores de $\boldsymbol{\theta}$ que maximizam $L(\boldsymbol{\theta})$ ou equivalentemente o logaritmo de $L(\boldsymbol{\theta})$, isto é, $\log(L(\boldsymbol{\theta}))$. Eles são encontrados resolvendo-se sistemas de equações

$$U(\alpha) = \frac{\partial \log L(\boldsymbol{\theta})}{\partial \alpha} = 0 \text{ e } U(\gamma) = \frac{\partial \log L(\boldsymbol{\theta})}{\partial \gamma} = 0.$$

A solução deste sistema de equações para um conjunto de dados particular não pode ser obtida analiticamente, o método numérico de quase-Newton foi utilizado para obter as estimativas dos parâmetros. Este método utiliza a matriz de derivadas segundas (F) do logaritmo da função de verossimilhança e a sua expressão

$$\hat{\boldsymbol{\theta}}_{(k+1)} = \hat{\boldsymbol{\theta}}_{(k)} - [F(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{(k)})]^{-1} U(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{(k)}).$$

é baseada numa expansão de $U(\hat{\boldsymbol{\theta}}_{(k)})$ em serie de Tylor em torno de $\hat{\boldsymbol{\theta}}_{(k)}$. Partindo de um valor inicial $\hat{\boldsymbol{\theta}}_{(0)}$, em que é usual tomar $\hat{\boldsymbol{\theta}}_{(0)} = 0$, vai-se atualizando este valor a cada passo. Para implementação do método numérico foi utilizado a linguagem de programação matricial Ox versão 8,00.

Por outro lado, para verificar a adequação da distribuição Weibull aos dados do tempo até o ganho de peso de 2,6kg foi utilizado a técnica de linearização da função de sobrevivência. Caso o modelo seja adequado o gráfico deve apresentar aproximadamente uma tendência linear. Assim, a linearização do modelo Weibull é dada por

$$\begin{aligned} -\log [S(t)] &= \left(\frac{t}{\alpha} \right)^\gamma \Rightarrow \\ \log [-\log [S(t)]] &= -\gamma \log(\alpha) + \gamma \log(t), \end{aligned}$$

$\log [-\log [S(t)]]$ é uma função linear de $\log(t)$. Por tanto, o gráfico de $[-\log [\hat{S}(t)]]$ versus $\log(t)$, sendo $\hat{S}(t)$ o estimador de Kaplan-Meier, deve ser aproximadamente linear, se o modelo de Weibull for apropriado.

3. Resultados e Discussão

Ao final da exclusão de *outliers*, restaram 122 animais das linhagens Caipirão e Caipirinha. Foram removidos os registros das aves com progenitores desconhecidos. Os registros dos animais que foram ao óbito ou que não atingiram o peso ao abate (PA) não foram removidos. Semanalmente, as aves e a ração foram pesadas individualmente para registro do peso vivo (g), do ganho de peso (g) e do *status* nos tempos observados. À medida que os frangos atingiam o peso de abate estabelecido (2,6kg) foram selecionados e, após jejum de 12 horas, foram abatidos. Foram realizados os procedimentos de pendura, insensibilização, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração, corte dos pés, resfriamento com temperatura em torno de 0,5°C, gotejamento, embalagem e congelamento das carcaças.

Os elementos considerados para a análise de sobrevivência foram:

- i) Tempo inicial: Início das pesagens de consumo e ganho de peso em 25/08/2017 desde os 49 dias de vida.
- ii) Tempo final: Final do experimento em 25/10/2017 até os 91 dias de vida.
- iii) Escala de medida: Dias.
- iv) Evento de interesse: Peso de abate de 2,6kg (PA).

A partir da expressão em (1) e utilizando *software* R versão 1.2.5019 foi estimada a função de sobrevivência pelo método não paramétrico de Kaplan-Meier. A estimativa e o gráfico da curva são representados na Figura 8.

Figura 8. Curva da função de sobrevivência estimada pelo método Kaplan-Meier para dados de linhagens nacionais de frangos caipiras e os intervalos de 95% de confiança (linhas tracejadas).

O gráfico (Figura 8) permite visualizar que a curva de sobrevivência decresceu rapidamente conforme as aves atingiram o PA nos tempos 63, 70, 77, 84 e 91 dias. Observou-se que a probabilidade de sobrevivência diminuiu no decorrer do tempo. A literatura descreve outros trabalhos que utilizaram o gráfico de Kaplan Meier para descrever a função de sobrevivência em estudos com aves. Peeters (2012) descreveu tempo em dias desde o início do período de postura até a morte ou o final do experimento com galinhas poedeiras de linhagens caipiras. Abdi, et al. (2016) estudaram a resposta fisiológica e resistência de aves poedeiras expostas ao vírus Newcastle. Collins, et al. (2018) descreveram a probabilidade de mortalidade, nanismo e defeitos congênitos em embriões de aves inoculados com os vírus Schmallerberg e Akabane respectivamente. Durali (2014) utilizou o estimador Kaplan-Meier na descrição do bem-estar animal de frangos de corte industriais criados em sistema alternativo, submetidos a um teste modificado de Latency to Lie (LTL) observando o tempo de permanência em pé das aves. Na literatura não foram encontrados estudos sobre o tempo até um peso específico das aves, especialmente de linhagens caipiras. Na análise de sobrevivência, a média não é uma medida de tendência central confiável na presença de censuras (DER e EVERITT, 2001). Assim, a estimação do tempo mediano das aves até o PA foi aos 84 dias como mostra na Figura 8. O resumo da análise descritiva e das estimativas obtidas pelo método Kaplan-Meier com seus respectivos intervalos de confiança a 95%, para os dados de aves estão especificadas na Tabela 2.

Tabela 2. Análise descritiva e estimativas obtidas pelo método Kaplan-Meier.

Tempo	Riscos	Eventos	Censuras	$\hat{S}(t)$	Erro padrão	I. C _{95%}
63	122	8	-	0,927	0,022	(0,877; 0,992)
70	114	26	-	0,848	0,040	(0,617; 0,826)
77	88	18	-	0,715	0,044	(0,458; 0,689)
84	70	16	19	0,527	0,045	(0,327; 0,558)
91	35	6	29	0,312	0,046	(0,246; 0,487)
Total	-	74	48	-	-	-

Observando-se a Tabela 2 é possível constatar o aumento gradativo de animais atingindo o PA nos tempos observados, totalizando 74 registros e, a diminuição gradativa do número de aves em risco, ou seja, a propensão de atingirem o PA. Entende-se que a diminuição no número de aves em risco no decorrer do tempo equivale à quantidade de indivíduos que sobreviveram (Hata, 2014) isto é, são as aves restantes que não atingiram o PA nos tempos anteriores. Assim, quanto menor o número de aves em risco em cada tempo, maior o número acumulado de aves que atingiram PA. Dessa forma, ao tomar o tempo 77 dias de referência, na Tabela 2 e no gráfico da Figura 9 é possível constatar que a permanência de 88 aves em risco significa que 18 aves correspondendo a 14,75% da população já tinham atingido o PA até este tempo. A proporção de aves que atingiu o PA diminui no tempo, como por exemplo aos 84 dias, 16 aves representando 13,11% da população atingiram o PA restando 70

aves no grupo de risco. No tempo 91 dias, 6 aves correspondendo a 4,91% da população atingiram o PA restando 35 animais no grupo de risco. Houve 19 censuras aos 84 dias, e 29 censuras aos 91 dias correspondendo a 39,34% da população de aves, que morreram ou não atingiram o PA até o final do estudo. O gráfico da Figura 9 foi criado com a utilização do *software* Microsoft Power BI.

Figura 9. Gráfico de porcentagem da população com seu respectivo *status* no tempo.

De acordo com a Normativa ABNT NBR 16389 (2015), as aves caipiras da espécie *Gallus gallus domesticus* devem ser abatidos com no mínimo 70 dias de idade e peso vivo superior aos 2,5kg. As linhagens estudadas neste trabalho atendem a legislação vigente e a demanda de mercado dado que 21,31% das aves atingiram o PA de 2,6kg aos 70 dias de idade e, 50% atingiram o PA aos 77 dias. Resultados semelhantes foram apresentadas por MORAIS, et al. (2015) com linhagens de frango caipiras que apresentaram o peso vivo superior aos 2,5kg aos 77 dias de idade. FIGUEIREDO et al. (2003) constatou que aves caipiras criadas soltas e alimentadas com ração balanceada atingiram 2,4kg de peso vivo aos 90 dias. Um estudo realizado por Katoch (2012) com frangos caipiras criados soltos no noroeste da Índia apresentou resultados de pesagens que variaram entre 1,6kg para aves tratadas com anti-helmínticos e 1,2kg para aves que não foram tratadas até os 90 dias de idade. A estimativa de máxima verossimilhança dos parâmetros da distribuição Weibull, assim como o seu respectivo erro padrão são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Estimativa de máxima verossimilhança dos parâmetros da distribuição Weibull dos dados de aves.

Parâmetro	Estimativa	Erro padrão
γ	7,464	0,748
α	89,174	

Logo, a função de sobrevivência em (3) estimada é dada por (5)

A adequação do modelo probabilístico Weibull para explicar os dados do tempo até as aves atingirem o PA foi comprovado mediante a visualização de teste gráficos, que segundo Colosimo e Giolo (2006) é a forma mais simples de interpretação de resultados. Na Figura 10 é possível visualizar os gráficos de comparação da curva referente à função de sobrevivência estimada pelo método Kaplan-Meier em (3) *versus* a curva da função de sobrevivência da distribuição Weibull em (5). Assim como o gráfico de linearização em relação ao $\log(-\log(\hat{S}(t)))$ de Weibull, sendo a função em (5). Nos três testes gráficos o modelo Weibull apresenta acompanhando da reta $x = \hat{S}(t)$ e $y = \hat{S}_w(t)$, indicando ajuste satisfatório e adequação do modelo para análise dos dados de aves.

Figura 10. Curva da função de sobrevivência estimada pelo método Kaplan-Meier *versus* a curva da função de sobrevivência da distribuição Weibull. (a) Diagrama de dispersão. (b) Diagrama de linearização.

Outros autores apresentaram conclusões similares da adequação do modelo de Weibull para descrição da função de sobrevivência estimada pelo Kaplan-Meier na análise de diversos dados de aves. Hata (2018) comprovou ajuste satisfatório do modelo Weibull na descrição de dados de tempo em imobilidade tónica e reintegração social de perdizes (*Rhynchotus rufescens*) com a utilização dos

mesmos testes gráficos utilizados neste trabalho. Ducroq (2000) também concluiu que o modelo Weibull se ajustou bem na descrição de dados de sobrevivência de galinhas poedeiras de cerca de oito gerações criadas em gaiolas, avaliadas durante o período de produção. O modelo Weibull também foi utilizado por Korschgen (2006) para descrição de dados de sobrevivência de patos canvasback (*Aythya valisineria*). Entretanto, para a característica de tempo até a primeira postura de codornas, Peralta (2015) observou que distribuição Burr XII apresentou ajuste superior à distribuição Weibull. No que diz respeito a ruminantes Casellas (2012) comprovou a adequação do modelo Weibull na descrição de dados de sobrevivência até o peso de abate de cordeiros da raça Ripollesa. Para dados de sobrevivência até a desmama de bezerros da raça Bruna dels piríneus, Casellas (2006) observou que o modelo Exponencial é o mais adequado.

4. Conclusões

O método de Kaplan-Meier permitiu estimar a função de sobrevivência dos tempos em dias em que as aves de linhagens nacionais caipiras Caipirão e Caipirinha ESALQ atingiram o peso de abate de 2,6kg. Os tempos foram 63, 70, 77, 84 e 91 dias de vida. O tempo mediano foi aos 84 dias, idade que pode servir como parâmetro para o abate de animais, uma vez que os consumidores exigem uma carcaça com características organolépticas específicas de frangos jovens. A distribuição Weibull apresentou adequação para descrição dos dados das aves, uma vez que o modelo é um dos mais utilizados para analisar dados de sobrevivência características de produção de animais na presença de censuras.

Em conclusão, este estudo comprovou a possibilidade do uso de um modelo de análise de sobrevivência para identificação dos tempos em que as aves atingiram o PA.

REFERÊNCIAS

- ABDI, R. et al. Serological response and protection level evaluation in chickens exposed to grains coated with I2 Newcastle disease virus for effective oral vaccination of village chickens. BMC Veterinary Research. 2016. 12. 10.1186/s12917-016-0785-6.
- CASELLAS, J. BACH, R. Comparison of linear, skewed-linear, and proportional hazard models for the analysis of lambing interval in Ripollesa ewes". Casellas, J; Bach, R. JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE, 2012, 90: 1788-1797
- CASELLAS, J.; PIEDRAFITA, J.; VARONA, L. Bayes factor for testing between different structures of random genetic groups: A case study using weaning weight in Bruna dels Pirineus beef cattle. Genetics Selection Evolution, v.39, p.39-53, 2006.

COELHO, A. A. D. SAVINO, V. J. M. ROSÁRIO, M. F. Frango feliz: caminhos para a avicultura alternativa. Piracicaba: FEALQ (2008) 88 p.

COLLINS, A. et al.. Pathogenicity and teratogenicity of Schmallenberg virus and Akabane virus in experimentally infected chicken embryos. *Veterinary Microbiology*. 2018. 216. 10.1016/j.vetmic.2018.01.009.

COLOSIMO, E. A.; GIOLO, S. R. *Análise de Sobrevivência Aplicada*. 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 370 p.

DURALI EVALUATING RANGE USAGE OF COMMERCIAL FREE-RANGE BROILERS AND ITS EFFECT ON CHICKEN PERFORMANCE USING RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (RFID) TECHNOLOGY 103 T. Durali, P. Groves, A.J. Cowieson and M. Singh – University of Sydney, Australia 2014

DER, G.; EVERITT, B. S. *A handbook of statistical analyses using SAS*. 2nd.ed. Florida: Chapman and Hall / CRC Press, 2001. 360 p.

DUCROCQ, V. BESBES, B. PROTAIS, M. Genetic improvement of laying hens viability using survival analysis. *Genetics Selection Evolution*, (2000). 32(1), 23. doi:10.1186/1297-9686-32-1-23

FIGUEIREDO, E. A. P. de; SCHMIDT, G. S.; LEDUR, M. C.; AVILA, V. S. de. Raças e linhagens de galinhas para criações comerciais e alternativas no Brasil. Disponível em <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/85732/1/DCOT-347.pdf> . Acessado em 12/12/2019.

GIOLO, S. R. *Variáveis latentes em análise de sobrevivência e curvas de crescimento*. Piracicaba, 2002. 100p (Tese de doutorado)

HATA, M. E. et al. Efeitos genéticos e ambientais na duração da imobilidade tônica de estanho-de-asa-vermelha aplicando análise de sobrevivência. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v. 20, n. 2, p. 287-296, 2018. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/11449/176683> >.

KATOCH, R. et al. Prevalence and impact of gastrointestinal helminths on body weight gain in backyard chickens in subtropical and humid zone of Jammu, India. *Journal of parasitic diseases* : official organ of the Indian Society for Parasitology. 36. 49-52. 10.1007/s12639-011-0090-z. 2012.

KALBFLEISH, J.D. PRENTICE, R. L. *The Statistical Analysis of Failure Time Data*. 2nd Edition, John Wiley and Sons, New York. 2002.

KAPLAN, E. L.; MEIER, P. Nonparametric estimation from incomplete observation. *Journal of the American Statistical Association*, v.53, n. 282, p.457-481, 1958

LAWLESS, J. F. *Statistical Models and Methods for Lifetime Data*. John Wiley and Sons, New York, New York, 1982.

LAWLESS, J. F. *Statistical Models and Methods for Lifetime Data*. John Wiley and Sons, New York, 2003. 2nd edition.

MORAIS, J. et al. Curva de crescimento de diferentes linhagens de frango de corte caipira. *Ciência. Rural*, Santa Maria, v. 45, n. 10, p. 1872-1878, Oct. 2015. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015001001872&lng=en&nrm=iso>. 2020. Epub July 10, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20130867>.

PEETERS, K. EPPINK, T. T. ELLEN, E. D. VISSCHER, J. BIJMA, P. Os efeitos genéticos indiretos para a sobrevivência em galinhas domésticas (*Gallus gallus*) são ampliados em genótipos mestiços e mostram um efeito de origem de origem. 2012, *Genetics*, 192 (2), 705-713. doi: 10.1534 / genética.112.142554

SAVINO, V. J. M. COELHO, A. A. D. ROSÁRIO, M. F. SILVA, M. A. N. Avaliação de materiais genéticos visando à produção de frango caipira em diferentes sistemas de alimentação. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2007. 36 (3): 578-583

WEIBULL, W. *A Statistical Theory of the Strength of Materials*. Generalstabens Litografiska Anstalts Förlag, Stockholm. 1939

YAZDI, M.H.; VISSCHER, P.M.; DUCROCQ, V.; THOMPSON, R. Heritability, reliability of genetic evaluations and response to selection in proportional hazard models. *Journal of Dairy Science*, Lancaster, v.85, p.1563-1577, 2002

CAPÍTULO 2 – ANÁLISE DE SOBREVIVÊNCIA COMO FERRAMENTA PARA O MELHORAMENTO GENÉTICO DE LINHAGENS NACIONAIS DE FRANGOS CAPIRAS

Resumo

Em programas de melhoramento de aves de corte, quando os frangos são filhos do mesmo progenitor apresentam correlação entre os tempos que levam até atingir o peso de abate e, geram heterogeneidade da variância residual. Dessa forma na análise de dados é necessário levar essa informação em conta. Neste trabalho foi proposto utilizar um modelo de regressão Weibull com efeito aleatório para representar essa correlação incluindo na análise o efeito do pai como variável não observável e, a eficiência alimentar como covariável, e estimar a herdabilidade dos tempos até o peso de abate de frangos de linhagens nacionais caipiras. O arquivo de dados continha 122 registros de dados de sobrevivência das aves. O efeito da eficiência alimentar foi significativo ($p < 0,05$). A herdabilidade estimada para característica de tempo até o peso ao abate de 2,6kg foi igual a 0,08, valor de magnitude baixa. Os resultados indicam que foi possível utilizar um modelo de regressão Weibull com efeito aleatório do pai para estimar a herdabilidade e, que o desempenho dos frangos foi associado aos efeitos ambientais, dentre eles a eficiência alimentar.

Palavras-chave: Modelo de Regressão Weibull com efeito aleatório, Frangos de linhagens nacionais caipiras, Herdabilidade

Abstract

In broiler breeding programs, when the chickens are children of the same parent, there is a correlation between the times it takes to reach the slaughter weight and generate heterogeneity of the residual variance. Thus, in data analysis, it is necessary to take this information into account. In this work it was proposed to use a Weibull regression model with random effect to represent this correlation, including in the analysis the effect of the sire as an unobservable variable and the feed efficiency as a covariate, and to estimate the heritability of the times until the slaughter weight of broilers. redneck national lines. The data file contained 122 records of survival data. The effect of feed efficiency was significant ($p < 0.05$). The estimated heritability for time characteristic until slaughter weight of 2.6kg was 0.08, a low magnitude value. The results indicate that it was possible to use a Weibull regression model with random effect from the sire to estimate heritability and that the performance of the chickens is more associated with environmental factors, including feed efficiency.

Keywords: Survival analysis, Free-range national chickens, Censored data, Slaughter weight

1. INTRODUÇÃO

Alguns programas de seleção de aves de linhagens caipiras utilizam a análise de sobrevivência com distribuição Weibull na avaliação das características do tempo que as aves levam até atingir um evento de interesse, devido a sua comprovada adequação para a análise estatística de dados censurados (COLOSIMO e GIOLO, 2006).

Além disso, o modelo permite estimar a herdabilidade (YADZI et al., 2002). No que diz respeito a inclusão das informações genéticas das aves na análise estatística, quando os frangos são filhos do mesmo progenitor formam dados com estrutura de grupos e, apresentam correlação entre os tempos que levam até atingir o evento de interesse, geram heterogeneidade da variância residual. Uma forma de representar essa correlação é a traves da inclusão de uma variável latente, denominada efeito aleatório do pai. A inclusão de informações fenotípicas como covariáveis, também denominadas variáveis explicativas, podem proporcionar independência entre os tempos. Nesses casos, os modelos convencionais de análise de sobrevivência não podem ser utilizados pois não contemplam essa estrutura de dados. A utilização de um modelo de Regressão Weibull com efeito aleatório poderia apresentar resultados mais consistentes. Ao incorporar o efeito do pai como variável não observável no modelo de regressão, geralmente, para o efeito aleatório é empregado à distribuição normal com média zero e variância constante (CAETANO, 2011; HATA, 2014). Consequentemente, com a estimativa do parâmetro da variância da distribuição normal é possível estimar a herdabilidade para dados censurados. Em programas de melhoramento animal, esse é o parâmetro genético mais importante, pois expressa o grau de correspondência entre o valor fenotípico e o valor genético (FALCONER, 1987).

Nesse contexto, Hata (2016) estudou a herdabilidade do tempo em imobilidade tónica de codornas. Em trabalhos com bovinos, Van Melis (2014) estudou o tempo de permanência no rebanho. Giolo et al. (2003) analisaram o tempo em dias do nascimento à desmama que um animal leva para ganhar 160 kg de peso. Pereira et al. (2006a) e Pereira et al. (2007b) estudaram a idade à primeira concepção para novilhas expostas aos touros pela primeira vez em torno de 14 meses de idade (entre 11 e 16 meses). Pereira (2008c) pesquisou sobre a preconcepção de novilhas primíparas expostas em torno de 16 e 24 meses de idade. Caetano (2011) analisou a idade da vaca ao último parto como medida de longevidade.

Como pode ser observado, o estudo de parâmetros genéticos de características de produção de aves, especialmente de linhagens de frangos caipiras utilizando-se análise de sobrevivência ainda é pouco explorado.

Objetivou-se utilizar um modelo de regressão Weibull com efeito aleatório do pai em um conjunto de dados censurados, para estimar a herdabilidade e o efeito da eficiência alimentar sobre o tempo até o peso de abate das linhagens nacionais de frangos caipiras, Caipirão e Caipirinha ESALQ.

REFERÊNCIAS

CAETANO, S. L. Estudo da idade da vaca ao último parto para avaliar longevidade em rebanhos da raça Nelore por análise de sobrevivência. 2011. 111f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento Animal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2011.

COLOSIMO, E. A.; GIOLO, S. R. *Análise de Sobrevivência Aplicada*. 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 370 p.

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

GIOLO, S. R.; HENDERSON, R.; DEMÉTRIO, C.G.B. Um critério para a seleção de touros nelore usando modelos de sobrevivência. *Rev. Mat. Estat.*, São Paulo, v.21, n.3, p.115-123, 2003.

HATA, M. E. et al. Efeitos genéticos e ambientais na duração da imobilidade tônica de estanho-de-asa-vermelha aplicando análise de sobrevivência. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, v. 20, n. 2, p. 287-296, 2016. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/11449/176683> >.

PEREIRA, E.; OLIVEIRA, H. N.; ELER, J. P.; SILVA, J. A. II V.; Van MELIS, M. H. Use of survival analysis as a tool for the genetic improvement of age at first conception in Nellore cattle. *J. Anim. Breed. Genet.*, Berlin, v.123, n.1, p.64-71, 2006a.

PEREIRA, E.; OLIVEIRA, H. N.; ELER, J. P.; SILVA, J. A. II V.; Van MELIS, M. H. Comparison among three approaches for evaluation of sexual precocity in Nellore cattle. *Animal*, Cambridge, v.1, n.3, p.411-418, 2007b.

PEREIRA, M. C. Avaliação genética da reconcepção de fêmeas primíparas da raça Nelore. 2008. 86f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP. 2008c.

VAN MELIS, M. H. et al. Quantitative genetic study of age at subsequent rebreeding in Nellore cattle by using survival analysis. *Genetics And Molecular Research*. Ribeirao Preto: Funpec- editora, v. 13, n. 2, p. 4071-4082, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/111605>>.

YAZDI, M.H.; VISSCHER, P.M.; DUCROCQ, V.; THOMPSON, R. Heritability, reliability of genetic evaluations and response to selection in proportional hazard models. *Journal of Dairy Science*, Lancaster, v.85, p.1563-1577, 2002

2. Material e métodos

2.1 Dados

Os animais estudados neste capítulo são os mesmos descritos e analisados com o modelo de sobrevivência convencional no capítulo 1 deste trabalho. Foram considerados registros de 122 aves

das linhagens Caipirão e Caipirinha, descritos no capítulo anterior deste trabalho. (CEUA nº 2018.5.393.11.4) pertencentes ao Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), desenvolvidas pelo Departamento de Genética da ESALQ/USP no projeto “Frango Feliz” em Piracicaba – SP.

As aves são filhas de 39 progenitores e 95 progenitoras, formando grupos de 3 filhos por pai. A Tabela 1 apresenta o grupo de parentais conformados.

Tabela 1. Número de progenitores por linhagem

Linhagem	Progenitores	Progenitoras	Total de aves
Caipirão	18	40	55
Caipirinha	21	55	67
Total	39	95	122

Semanalmente, as aves e a ração foram pesadas individualmente. Foram coletadas informações do peso vivo (PV), do ganho de peso (GP), e do consumo de ração. Os índices da Conversão Alimentar (CA) e da Eficiência Alimentar (EA) foram estimados nos tempos em que as aves atingiram o peso de abate de 2,6kg conforme foi apresentado no capítulo 1 deste trabalho. A CA foi calculado pela razão entre o consumo alimentar dividido pelo ganho de peso. A EA foi calculada pela razão entre o ganho de peso dividido pelo consumo.

$$CA = \frac{\text{Consumo alimentar}}{\text{Ganho de peso}}$$

$$EA = \frac{\text{Ganho de peso}}{\text{Consumo alimentar}}$$

2.3. Análise de sobrevivência

2.3.1. Modelo de locação escala para distribuição Weibull

Assumiu-se que o tempo até os frangos de corte atingirem 2,6kg é a variável resposta e, segue uma distribuição Weibull (2) em virtude das análises desenvolvidas no Capítulo 1 que indicaram a adequação do modelo aos dados. Uma vantagem dessa distribuição é a extensão para modelos de sobrevivência que podem incluir o efeito do progenitor (DUCROCQ e CASELLA, 1996).

Além do tempo de sobrevivência e da variável indicadora de censura, há presença de variáveis explicativas ou covariáveis que representam a heterogeneidade na população. Estas variáveis são abordadas em sobrevivência como covariáveis, fixas ou aleatórias. Neste estudo o Índice de Eficiência Alimentar (IEA) das aves foi considerada como covariável. Para poder estudar o efeito da IEA sobre o tempo até o abate, uma transformação logarítmica de variáveis aleatórias deve ser utilizada para obtenção de um modelo do tipo locação escala a partir da distribuição Weibull (COLOSIMO e GIOLO, 2006; HASHIMOTO, 2013).

Dessa forma, seja T , uma variável aleatória que representa o tempo até a ave atingir o peso de 2,6kg com função densidade de probabilidade definida em (5) e $Y = \ln(T)$, o logaritmo do tempo. Então, pelo método da transformação jacobiano (MOOD, GRAYBILL e BOES, 1974), a função densidade de probabilidade do logaritmo do tempo até o abate dos frangos de corte é dada por

$$f(y) = g(t) \cdot \left| \frac{dt}{dy} \right|, \quad (5)$$

em que $g(t)$ é a função densidade de probabilidade em (2).

Assim, a derivada de T em relação a Y é dada por

$$Y = \ln(T) \Rightarrow \exp^Y = \exp^{\ln(T)} \Rightarrow \exp^Y = T \Rightarrow dt = \exp^Y dy \Rightarrow \frac{dt}{dy} = \exp^Y \quad (6).$$

Logo, substituindo as expressões (2) e (6) em (5), tem-se

$$\begin{aligned} f(y) &= g(t) \cdot \left| \frac{dt}{dy} \right| = g(\exp^y) \cdot |\exp^y| = \frac{\sigma}{\alpha^\alpha} (\exp^y)^{\alpha-1} \exp \left[- \left(\frac{\exp^y}{\alpha} \right)^\alpha \right] \cdot \exp^y = \\ &= \frac{\alpha}{\sigma^\alpha} \cdot \exp^{y(\alpha-1)} \frac{\alpha}{\sigma^\alpha} \exp^{y\alpha} \cdot \exp \left[- \left(\frac{\exp^y}{\sigma} \right)^\alpha \right] = \frac{\alpha}{\sigma^\alpha} \exp \left[y\alpha - \left(\frac{\exp^y}{\sigma} \right)^\alpha \right] \end{aligned}$$

Mas, fazendo as seguintes parametrizações

$$\alpha = \frac{1}{\sigma} \text{ e } \sigma = \exp(\mu),$$

como em Colosimo e Giolo (2006), obtém-se

$$\begin{aligned} f(y) &= \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{1}{(\exp^\mu)^{\frac{1}{\sigma}}} \cdot \exp \left[y \cdot \frac{1}{\sigma} - \frac{\exp^{y\frac{1}{\sigma}}}{(\exp^\mu)^{\frac{1}{\sigma}}} \right] = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{1}{\exp^{\frac{\mu}{\sigma}}} \exp \left[y \cdot \frac{1}{\sigma} - \frac{\exp^{\frac{\mu}{\sigma}}}{\exp^{\frac{\mu}{\sigma}}} \right] = \\ &= \frac{1}{\sigma} \cdot \exp^{-\frac{\mu}{\sigma}} \exp \left[y \frac{1}{\sigma} - \exp^{\frac{y}{\sigma}} \cdot \exp^{-\frac{\mu}{\sigma}} \right] = \frac{1}{\sigma} \exp \left[-\frac{\mu}{\sigma} + \frac{y}{\sigma} - \exp \left(\frac{y}{\sigma} - \frac{\mu}{\sigma} \right) \right] \end{aligned}$$

Portanto, a função de densidade de Y é dada por

$$f(y) = \frac{1}{\sigma} \exp\left[\frac{y-\mu}{\sigma}\right] - \exp\left(\frac{y-\mu}{\sigma}\right), \quad y \in \mathbf{R}, \quad (6)$$

em que μ é o parâmetro de locação e σ é o parâmetro de escala. Por consequência, a função de sobrevivência de Y é dada por

$$S(y) = P(Y \geq T) = \exp[-\exp(\frac{y-\mu}{\sigma})]. \quad (7)$$

2.3.2. Modelo Weibull de regressão com efeito aleatório

Seja Y_{ij} o logaritmo do tempo da i -ésima ave aninhada no j -ésimo pai, então o modelo de regressão com efeito aleatório escrito por Goldstein, Bergen e McConell (2007) é dado por

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 x_{ij} + b_j + z_{ij}, \quad j=1, \dots, 39, \quad i=1, \dots, n_j \quad \text{e} \quad b_j \sim N(0, \sigma_p^2) \quad (8)$$

em que x_{ij} representa o efeito de eficiência alimentar, b_j é o efeito aleatório do j -ésimo pai e z_{ij} é o erro aleatório independente e identicamente distribuído como em (8), β_0 e β_1 são os coeficientes de regressão e σ_p^2 é a variância do efeito aleatório associado ao pai.

Por outro lado, para estimar os parâmetros do modelo em (8), foi utilizado o método da máxima verossimilhança como descrito no Capítulo 1. Assim, a função da verossimilhança definida em (4, capítulo 1), foi reescrita para acomodar o efeito aleatório como em Hashimoto (2013)

$$L(\boldsymbol{\theta}) = \prod_{j=1}^N \int_{-\infty}^{\infty} \prod_{i=1}^{n_j} \left[f(y_{ij})^{\sigma_{ij}} S(y_{ij})^{1-\sigma_{ij}} \right] \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\left(\frac{b_j}{\sigma}\right)^2\right] db_j \quad (9)$$

em que $\boldsymbol{\theta} = (\beta_0, \beta_1, \sigma, \sigma_p^2)^T$ é o vetor de parâmetros desconhecido, σ_{ij} é o indicador de censura do i -ésima ave do j -ésimo pai $f(\cdot)$ é a função densidade de probabilidade definida em (6) e $S(\cdot)$ é a função de sobrevivência definida em (7). Para implementação do método numérico foi utilizado a linguagem de programação matricial Ox versão 8.00 para obtenção da estimativa dos parâmetros do modelo em (8).

Além disso, para prever o efeito aleatório, Villegas, Paula e Leiva (2011) e Fabio, Paula e de Castro (2012) utilizaram o estimador de Bayes, denotado por

$$\tilde{b}_j = E\left(\frac{b_j}{y_j}\right) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{b_j f(\mathbf{y}_j | b_j) g(b_j) db_j}{\int_{-\infty}^{\infty} f(\mathbf{y}_j | b_j) g(b_j) db_j}, \quad (10)$$

em que $f(\cdot)$ é a função densidade de probabilidade definida em (6) e $g(\cdot)$ é a função de probabilidade da distribuição normal com média zero e variância constante σ_p^2 .

Como no conjunto de dados há informação do pai, conformando grupos de filhos, podemos estimar a curva da função de sobrevivência pelo método Kaplan-Meier

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{\hat{\sigma}} \quad \text{e} \quad \hat{\sigma}_j = \exp(\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \bar{x} + \hat{b}_j) \quad (11)$$

2.3.4 Estimação do efeito da Herdabilidade

Em programas de melhoramento animal, a herdabilidade é o parâmetro genético mais importante, pois expressa o grau de correspondência entre o valor fenotípico o e o valor genético (FALCONER, 1987) expressando o grau de confiança do valor fenotípico como indicador do valor genético aditivo (CARDELLINO e ROVIRA, 1987) portanto, prediz o valor genético aditivo a partir do fenotípico (NUNES, 2007). Com estimativa do parâmetro da variância da distribuição normal é possível estimar a herdabilidade para dados censurados (FALCONER, 1987) de forma que um modelo de sobrevivência pode ser utilizado. O conhecimento da herdabilidade é essencial para a definição dos métodos de melhoramento genético mais apropriados (Pereira, 2006) e a escolha de indivíduos candidatos à seleção, porém, vale ressaltar que a herdabilidade é um parâmetro de uma dada característica e não de um indivíduo. Este coeficiente varia de 0 a 1 (0 a 100%) e, segundo Bourdon (1997), a herdabilidade pode ser classificada em baixa com magnitude menor ou igual a 0,2, moderada quando a magnitude varia entre 0,2 e 0,4 e alta com uma magnitude de maior ou igual a 0,4.

Conforme Yazdi et al. (2002), uma derivação alternativa usando a expressão básica de confiabilidade no modelo pai, sugere uma equação simples para herdabilidade na escala original, que não depende dos parâmetros da Weibull. Então a herdabilidade é dada por:

$$h^2 = \frac{4\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + 1} \quad (7)$$

3. Resultados e discussão

A média da CA foi de 3 e da eficiência alimentar foi de 0,3362. Isto é, a cada quilograma de ganho de peso, as aves consumiram aproximadamente de 2,97 a 3kg de ração. Ou seja, as aves fizeram um aproveitamento de aproximadamente 33% da ração consumida.

Para estudar o efeito da EA sobre o tempo até o PA das aves, assim como estimar a herdabilidade e prever o efeito de cada pai, a estimativa de máxima verossimilhança dos parâmetros o modelo de regressão Weibull com efeito aleatório em (8) foi obtida como descrito na sub-sub-seção 2.3.2. Na Tabela 2 são apresentados as estimativa dos parâmetros do modelo, bem como o seu respectivo erro padrão.

Tabela 2. Estimativa de máxima verossimilhança dos parâmetros da distribuição Weibull dos dados de aves.

Parâmetro	Estimativa	Erro Padrão	<i>p</i> -valor
σ	0,049	0,00573	-
σ_b	0,144	0,02012	-
β_0	4,876	0,08504	0
β_1	-1,637	0,29815	0

Pelo teste de Wald ao nível de 5% o efeito da eficiência alimentar foi significativo ($p < 0,05$). Assim, conforme a cada unidade de eficiência alimentar (EA) que aumenta, a probabilidade das aves não atingirem o PA aumenta em 19%. Ou seja, quanto maior o valor do efeito aleatório do pai, menor será a probabilidade de atingir o PA.

Em relação ao desempenho dos pais dos frangos, as estimativas da Tabela 3, é apresentado o valor predito do efeito dos pais.

Tabela 3. Valor predito do efeito do pai

Pai	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\tilde{b}$	-0,2735	0,5337	-1,1766	-0,1649	0,6196	-0,0917	0,7128	-0,8381	0,3296	0,2483
Pai	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\tilde{b}$	-0,5411	0,4852	-0,0173	0,4590	0,5017	-0,8134	-0,7409	-0,9708	0,6261	-0,1527
Pai	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$\tilde{b}$	0,9322	0,3500	-0,9456	0,3503	0,8898	-1,0633	0,4878	-0,0717	0,5721	-0,3959
Pai	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
$\tilde{b}$	0,5145	-1,1048	1,4267	0,8288	-0,9292	0,3540	-0,6255	-0,5897	0,1269	

Por meio da Tabela 3 observou-se uma variação dos valores do efeito predito dos 39 pais. Então, para avaliar o efeito predito do pai sobre o logaritmo do tempo até a ave atingir o peso de 2,6kg, a função de sobrevivência estimada em (11) foi utilizada para obter as curvas de sobrevivência para alguns pais. Para o efeito fixo foi utilizada média da EA de $\bar{x} = 0,3362$. Foram selecionados três valores representativos para valores de efeito negativo e positivo (Tabela 4).

Tabela 4. Valores representativos do efeito predito dos pais.

Pai	$\tilde{b}$	Pai	$\tilde{b}$
13	-0,0173	33	1,4267
11	-0,5411	15	0,5017
3	-1,1766	39	0,1269

Foram selecionados três indivíduos portadores dos menores valores negativos do efeito predito do pai. O maior valor observado foi do pai 13 em (Figura 1c). O valor intermediário foi do pai 11 em (Figura 1b) e o menor valor do pai 3 em (Figura 1a).

Figura 1. Valor predito do efeito do pai. (a) maior valor (b) valor intermediário (c) menor valor.

Na Figura 2 é possível observar as curvas da função de sobrevivência estimada conforme (11), dada por a partir dos valores preditos do efeito de cada pai. Visto desta forma, o pai 3 em (Figura 1a), com o valor de -1,1766 foi o que melhor desempenho apresentou, seguido do pai 11 em (Figura 1b) e o pai 13 em (Figura 1c), com valores de -0,5411 e -0,0173 respectivamente.

Para valores positivos do efeito predito do pai, o maior valor observado foi do pai 33 em (Figura 2c). O valor intermediário foi do pai 15 em (Figura 2b) e o menor valor do pai 39 em (Figura 2a).

Figura 2. Valor predito do efeito do pai. (a) maior valor (b) valor intermediário (c) menor valor.

Desta forma é possível fazer uma comparação entre os pais com melhor desempenho para a característica de tempo de peso ao abate e utilizar este modelo em programas de seleção de aves de linhagens caipiras onde se busca aves com maior potencial de ganho de peso em menor tempo.

No que diz respeito às informações genéticas, segundo Yazdi et al. (2012) a maioria das características quantitativas em genética animal são estimadas utilizando uma aproximação da distribuição normal, e procedimentos clássicos são utilizados para estimar parâmetros genéticos (herdabilidade). As distribuições paramétricas usadas para características de longevidade, usualmente são provenientes da família de generalização das distribuições exponenciais (distribuição Weibull). Ducrocq (1987b) derivou a herdabilidade da escala logarítmica (h_{log}^2) para o modelo Weibull como a seguinte fórmula:

$$h_{log}^2 = \frac{4\sigma_s^2}{4\sigma_s^2\sigma_s^2 + \frac{\pi^2}{6}} \quad (13)$$

Contudo, Docrocq (1999a) demonstrou que essa fórmula não é conveniente para o cálculo da herdabilidade h^2 , levando a valores tendenciosos quando a confiabilidade de um parental em particular é calculada utilizando uma fórmula de confiabilidade usual. Assim, usando aproximações da série Taylor para a relação da variação genética à variação fenotípica, Korsgaard et al. (1999) sugeriram que a herdabilidade na escala logarítmica também é apropriado na escala original. Essas observações motivaram a investigação de uma fórmula mais apropriada para a h^2 nos cálculos de confiabilidade. Então Yazdi et al. (2012) propôs uma derivação alternativa usando expressões básicas de confiabilidade nos modelos de pai sugere uma equação simples herdabilidade na escala original que não depende de os parâmetros Weibull. Esta fórmula foi descrita em (12) e foi utilizada para estimação da herdabilidade h^2 da característica do tempo até as aves atingirem o PA dada por

$$h^2 = \frac{4 \cdot (0,1445)^2}{(0,1445)^2 + 1} = 0,08 \quad .$$

A variância da distribuição normal do efeito aleatório dos pais foi igual a 0,02 e foi multiplicada por 4 (parentesco entre meio irmãos = $\frac{1}{4}$). A h^2 estimada foi de 0,08. O valor da magnitude foi considerado baixa. Assim, 8% da variação da característica de tempo até o peso ao abate é de origem genética. Estes resultados indicam que o desempenho dos frangos está mais associado ao ambiente. Vale ressaltar que a herdabilidade é um parâmetro de uma dada característica e não de um indivíduo. Este coeficiente varia de 0 a 1 (0 a 100%) e, segundo Bourdon (1997), a herdabilidade pode ser classificada em baixa com magnitude menor ou igual a 0,2, moderada quando a magnitude varia entre 0,2 e 0,4 e alta com uma magnitude de maior ou igual a 0,4. Entretanto, como neste trabalho houve um interesse de observar a influência da EA sobre o tempo ao abate das aves e, simultaneamente a variância estimada pelo modelo de regressão com efeito aleatório do pai foi utilizada para estimar a herdabilidade, o valor de 0,08 da herdabilidade pode ter sido influenciado pelos efeitos ambientais presentes, entre eles a EA incluída no modelo como efeito fixo, dada a sua importância no desempenho do animal. Além disso, o número reduzido de 3 filhos por pai também pode ter influenciado nos resultados, uma vez que a confiabilidade aumenta à medida que aumenta o número de indivíduos selecionados (BOURDON, 1997).

Resultados similares foram observados por Ledur et al. (1992). De forma que as estimativas de herdabilidade para peso vivo de frangos de corte em diferentes idades foram baixas e variaram de $0,20 \pm 0,08$ a $0,94 \pm 0,1$. Valores intermediários a estes para a mesma característica foram encontrados

por diversos autores (LEENSTRA e PIT, 1988; ARGENTÃO et al., 2002). Valores entre 0,12 e 0,56, foram encontrados para peso corporal aos 28 dias de idade (MALLIK et al., 2003). Para peso corporal aos 35 dias de idade, estimativas entre 0,28 a 0,63 foram relatadas por Kuhlers e Mcdaniel (1996) e Lopes et al. (1997). As estimativas de herdabilidades obtidas para peso aos 42 dias foi $0,35 \pm 0,06$, ficando dentro da variação (0,23 e 0,53) encontrada por Ledur et al. (1992 e 1994) e Schmidt et al. (1992). Becker et al. (1984) encontraram valores de herdabilidade diferentes para peso corporal medidos nos machos e nas fêmeas, de 0,61 e 0,88, respectivamente. A boa capacidade de resposta à seleção do peso vivo é um dos principais fatores responsáveis pela grande evolução alcançada no melhoramento dos frangos de corte (CAMPOS e PEREIRA, 1999) observou uma herdabilidade para peso aos 49 dias de $0,15 \pm 0,05$.

4. Conclusões

Para as linhagens nacionais de frangos caipiras Caipirão e Caipirinha ESALQ a conversão alimentar foi de 3 e da eficiência alimentar foi de 0,3362. Pelo teste de Wald ao nível de 5% o efeito da eficiência alimentar foi significativo ($p < 0,05$). Assim, conforme a cada unidade de eficiência alimentar (EA) que aumenta, a probabilidade das aves não atingirem o PA aumenta em 19%. Ou seja, quanto maior o valor do efeito aleatório do pai, menor será a probabilidade de atingir o PA.

Foi possível utilizar um modelo de Regressão Weibull com efeito aleatório para estimar o efeito predito do pai sobre o logaritmo do tempo até a ave atingir o peso de 2,6kg e, foi estimada a função de sobrevivência. Foi possível fazer uma seleção dos pais conforme os valores obtidos. Visto desta forma, o pai com o valor de -1,1766 foi o que melhor desempenho apresentou, seguido dos pais com valores de -0,5411 e -0,0173 respectivamente.

A variância do efeito aleatório dos pais foi igual a 0,02. A h^2 estimada para característica tempo até o peso ao abate de 2,6kg foi igual a 0,08, valor de magnitude baixa. Os resultados indicam que foi possível utilizar um modelo de regressão Weibull com efeito aleatório do pai para estimar a herdabilidade e, que o desempenho dos frangos foi associado aos efeitos ambientais, dentre eles a eficiência alimentar.

REFERÊNCIAS

- BOURDON, R. M. Understanding animal breeding and genetics. 1 ed. Nova York: Prentice-Hall, 1997.
- CARDELLINO, R. A., ROVIRA, J. Melhoramento genético animal. Montevideo. Hemisfério Sur, 1987. 253p.
- COLOSIMO, E. A.; GIOLO, S. R. Análise de Sobrevivência Aplicada. 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 370 p.

DUCROCQ, V. P. 1994. Statistical analysis of length of productive life for dairy cows of the Normande breed. *J. Dairy Sci.*, 77: 855-866.

DUCROCQ V., CASELLA G. A bayesian analysis of mixed survival models. *Genetics Selection Evolution*, v. 28, p. 505 – 529, 1996.

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

LEDUR, M. C.; SCHMIDT, G. S.; AVILA, V. S. et al. Parâmetros genéticos e fenotípicos para peso corporal em diferentes idades em linhagens de frango de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 21, p. 667-673, 1992a.

LEDUR, M.C.; SCHMIDT, G. S.; FIGUEIREDO, E. A. P.; et al. Parâmetros genéticos e fenotípicos em linhagens de aves selecionadas para corte. Brasília, 1994b. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.29, n. 3, p.503-508.

LEENSTRA, F.R.; PIT, R. Fat deposition in a broiler sire line: heritability of and genetic correlations among body weight, abdominal fat, and feed conversion. *Poultry Science*, Savoy, v.67, p.1-9, 1988.

MARKOVI, R et al. Effect of different growth promoters on broiler performance and gut morphology. *Arch. med. vet.*, Valdivia, v. 41, n. 2, p. 163-169, 2009 .

MOOD, A.M., GRAYBILL, F.A., BOES, D.C. Introduction to the Theory of Statistics, 3rd.ed., McGraw-Hill, 1974.

NUNES, B. N. Parâmetros genéticos e fenotípicos de peso corporal ao abate e características de carcaça em cruzamentos recíprocos de aves. Dissertação (Mestre em Genética e Melhoramento Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal - UNESP, 2007

PEREIRA, E.; OLIVEIRA, H. N.; ELER, J. P.; SILVA, J. A. II V.; Van MELIS, M. H. Use of survival analysis as a tool for the genetic improvement of age at first conception in Nellore cattle. *J. Anim. Breed. Genet.*, Berlin, v.123, n.1, p.64-71, 2006.

STEVENSON, M. An Introduction to Survival Analysis. EpiCentre, IVABS, Massey University. June 4, 2009.

HASHIMOTO, E. M., Silva, G. O., ORTEGA, E. M. M., e CORDEIRO, G. M. (2019). Log-Burr XII Gamma–Weibull Regression Model with Random Effects and Censored Data. *Journal of Statistical Theory and Practice*, 13(2). doi:10.1007/s42519-018-0026-3

YAZDI, M. H., VISSCHER, P. M., DUCROCQ, V., e THOMPSON, R. (2002). Heritability, Reliability of Genetic Evaluations and Response to Selection in Proportional Hazard Models. *Journal of Dairy Science*, 85(6), 1563–1577. doi:10.3168/jds. s0022-0302(02)74226-4