

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**Habilidade de permanência no rebanho (*Stayability*) de caprinos  
Saanen em condições tropicais, sob abordagem de análise de  
sobrevivência**

**Talita Andrade Ferreira**

Belo Horizonte

2019

**Talita Andrade Ferreira**

**Habilidade de permanência no rebanho (*Stayability*) de caprinos  
Saanen em condições tropicais, sob abordagem de análise de  
sobrevivência**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Zootecnia da Escola de Veterinária de Minas  
Gerais como requisito para obtenção do grau de  
Doutora em Zootecnia

Área de concentração: Genética e Melhoramento  
Animal

Prof. Orientador: Idalmo Garcia Pereira

Belo Horizonte

2019

F383h Ferreira, Talita Andrade, 1987-  
Habilidade de permanência no rebanho (Stayability) de caprinos Saanen em condições tropicais, sob abordagem de análise de sobrevivência / Talita Andrade Ferreira. – 2019.  
88 p. : il.

Orientador: Idalmo Garcia Pereira  
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária.  
Inclui bibliografia

1. Caprino – Aspectos genéticos – Teses. 2. Caprino – Melhoramento genético – Teses. 3. Genética animal – Teses. 4. Longevidade – Teses. 5. Análise de regressão – Teses. I. Pereira, Idalmo Garcia. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 636.390 82

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me proporcionar saúde permitindo, assim, que alcançasse meus objetivos.

À minha mãe, Creuza, e pai, Célio, razões da minha vida, agradeço pelo apoio e auxílio em todas as minhas escolhas permitindo aproveitar todas as oportunidades.

Ao professor Idalmo Gacia Pereira, pela orientação, convívio, amizade, compreensão, apoio, ensinamentos e, acima de tudo, pela confiança, acreditando na minha capacidade em todos os momentos no decorrer do curso.

Ao professor Aldrin Vieira Pires (*in memoria*), que a todo momento me incentivou a continuar com a dedicação aos estudos, me apoiando no início do meu doutorado.

A professora Cristina Moreira Bonafé e ao professor Martinho de Almeida e Silva pelo auxílio durante o curso de doutorado e por transmitirem os conhecimentos profissionais.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia da UFVJM em especial o professor Marcelo Mattos Pedreira, com quem trabalho, pela amizade e acima de tudo compreensão durante esses quatro anos de luta e dedicação ao doutorado.

À Caprileite/ACCOMIG associação de criadores parceira a 11 anos na minha vida onde iniciei o primeiro estágio em Zootecnia e aprendi tudo sobre cabras e ovelhas e a Embrapa Caprinos e Ovinos por terem me proporcionado a oportunidade de utilização dos dados com os quais se tornou possível a realização deste trabalho.

À Aurora Maria Guimarães Gouveia, Maria Pia Paiva Guimarães e Olivardo Facó, pela confiança e todos os ensinamentos sobre caprinos.

Ao professor Enrico Antônio Colissimo por toda paciência e atenção em me ajudar no mundo da análise de sobrevivência

À professora Elisandra Lurdes Kern pela sua contribuição, a qual foi fundamental, para o desenvolvimento das análises no Survival Kit.

Ao professor Fábio Luiz Toral por ter compreendido a minha situação de estudante com vínculo de emprego e reorganizar os horários das suas disciplinas para me atender, e por todo conhecimento que adquiri em suas aulas.

A professora Iráides Ferreira Furusho Garcia por contribuir e participar da minha banca.

As minhas amigas de pós-graduação: Luiza, Gabi, Suzana, Virginia, Fernandinha, Kátiusca e Larissa pela amizade e por aguentarem nos momentos de desespero e tristeza esses anos e em especial a Luiza e Gabi por me ajudarem no momento das ideias, análises e correções que resultaram nessa tese, a ajuda delas foi essencial e fundamentais a todo instante.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

À minha irmã, que em todo o momento esteve comigo, compartilhando o nervosismo, alegrias e sofrimentos nesses anos.

Ao meu namorado Marcos Paulo que durante os últimos dois anos de doutorado me suportou e compreendeu todos os momentos difíceis que passei com seu apoio e ajudando em tudo que estava ao seu alcance.

Ao meu avô e padrinho João (*in memoria*), com sua força espiritual sempre presente.

À minha avó Haidê que, sempre rezou e torceu para a realização dos meus sonhos.

A todos os meus amigos, parentes e outros, que sempre estiveram perto ou longe de mim, pela força e confiança, e a energia que sempre emanaram para todas essas conquistas.

Obrigada!

# SUMÁRIO

RESUMO.....	3
ABSTRACT.....	4
1. INTRODUÇÃO GERAL .....	5
1.1. Objetivos .....	7
1.1.2 Geral .....	7
1.1.3 Específicos .....	7
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	8
2.1. Habilidade de permanência da matriz no rebanho e medidas de longevidade .....	8
2.2. Herdabilidade para habilidade de permanência.....	10
2.2.1 Características produtivas .....	10
2.2.2 Características morfométricas e de tipo .....	12
2.3 Estado da arte no melhoramento genético de caprinos no Brasil .....	14
2.4 Análise de sobrevivência.....	16
2.4.1. Dados censurados .....	16
2.4.2 Variáveis Explicativas tempo-dependentes .....	17
2.4.3. Modelo de regressão de Cox.....	18
2.4.3.1. Estimção dos parâmetros no modelo de regressão de Cox.....	19
2.4.4 Kaplan- Meier (KM) .....	20
2.4.5 Distribuição Weibull .....	20
2.5 Estimção dos componentes de variância por inferência Bayesiana por meio do modelo linear-limiar.....	22
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	24
4. Capítulo 1 -Proportional hazard models associated with the survival of in a tropical environment dairy goats.....	34
4.1. Introduction .....	35
4.2. Materials and methods .....	36
4.2.1. Data .....	36
4.2.2. Cox model analysis .....	39
4.2.3. Kaplan-Meier analysis .....	39
4.3. Results .....	42
4.4. Discussion .....	45
4.5. Conclusion.....	48

4.6. References .....	49
5. Capítulo 2- Análise de sobrevivência para <i>stayability</i> de cabras Saanen em ambiente tropical sobre efeitos das características de produção de leite .....	56
5.1 Introdução.....	58
5.2. Material e Métodos .....	59
5.2.1 Dados.....	59
5.2.2. Análise de sobrevivência.....	61
5.2.2 Avaliação genética tradicional .....	63
5.2.3.1. Regressão dos valores genéticos estimados .....	65
5.3 Resultados.....	65
5.3.1 Análise de sobrevivência.....	65
5.3.2 Avaliação genética tradicional .....	68
5.4 Discussão.....	70
5.4.1. Avaliação genética Weibull .....	70
5.4.2. Avaliação genética tradicional .....	72
5.4.3. Avaliação genética Weibull vs. Avaliação genética tradicional .....	74
5.5 Conclusões.....	76
5.6. Referências Bibliográficas.....	77
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
7. ANEXOS .....	83
A- Comprovante de submissão do artigo 1 .....	83
B- Regulamento do registro genealógico de caprino no Brasil .....	84
C- Tabela suplementar artigo 2 .....	86
D - Figuras Suplementares artigo 2.....	87

# LISTA DE TABELAS

## REVISÃO DE LITERATURA

Quadro 1- Estimativas de herdabilidade para habilidade de permanência de diferentes espécies na literatura. ....	11
Tabela 1. Herdabilidade para características morfométricas e de tipo em caprinos leiteiros em diferentes climas. ....	13

## CAPÍTULO 1

Table 1. Descriptive statistics for the analysed variables in censored (C = 0) and uncensored (C = 1) data, of Saanen dairy goats reared in the tropics to stay in the herd (stayability) until reaching 28 months of age .....	38
Table 2. Descriptive statistics for significant ( $P < 0.05$ ) covariables to describe the ability of Saanen dairy goats reared in the tropics to stay in the herd (stayability) until reaching 28 months of age .....	41
Table 3. Statistics obtained by the Cox model for the covariates used to explain the ability of Saanen dairy goats reared in the tropics to stay in the herd (stayability) until reaching 28 months of age and the corresponding hazard rate ratio (HRR) and their confidence intervals (CI) at 95% .....	42
Table 4. Proportionality test of the failure hazard rates in the adjusted model.....	43

## CAPÍTULO 2

Tabela 1. Estatística descritiva <sup>1</sup> da característica habilidade de permanência no rebanho ( <i>stayability</i> ) e das características produtivas <sup>2</sup> de cabras da raça Saanen em ambiente tropical .....	60
Tabela 2. Descrição das características de produção <sup>1</sup> de cabras Saanen em ambiente tropical analisadas de acordo com a sua classificação por classe <sup>2</sup> .....	62
Tabela 3. Risco relativo de descarte considerando diferentes características de produção <sup>1</sup> (referência: classe 3), de cabras Saanen em ambiente tropical .....	67
Tabela 4. Parâmetros genéticos <sup>1</sup> para STAY28 de cabras Saanen em ambiente tropical avaliada em função das características produtiva <sup>2</sup> obtidas pelo modelo Weibull .....	67
Tabela 5. Médias a posteriori (limites mínimos e máximos dos intervalos de alta densidade com 90% das amostras) das herdabilidades ( $h^2$ ) e correlações genéticas ( $r_g$ ), fenotípicas ( $r_p$ ) e residuais ( $r_e$ ) entre STAY28 <sup>1</sup> e as características produtivas <sup>2</sup> de cabras Saanen em ambiente tropical .....	68
Tabela 1S. Médias a posteriori (limites inferior e superior dos intervalos de alta densidade com 90% das amostras – HPD90) para variâncias genética ( $\sigma_a^2$ ), residual ( $\sigma_e^2$ ) e fenotípica ( $\sigma_p^2$ ) de cabras da raça Saanen em ambiente tropical .....	86



## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Fig. 1. Effect of birth year, body length, rump width, feet and legs soundness, udder and teats conformation on the ability of dairy Saanen goats reared in the tropics to stay in the herd (stayability) until reaching 28 months of age (STAY28). ..... 44

### CAPÍTULO 2

Figura 1. Probabilidade de contribuição das características de produção<sup>1</sup> expressas em porcentagem relativa a característica mais importante e excluindo a contribuição da classe de pontuação ausente..... 66

Figura 2. Variação dos valores genéticos (EBV) do efeito direto da característica de *stayability* aos 28 meses de idade (STAY28) em função dos EBV do efeito direto das características de produção. .... 70

Figura 1S. Variação do valor genético (EBV) das características de produção ao longo dos anos de nascimento..... 87

Figura 2S. Variação do valor genético (EBV) do efeito direto para a característica de *stayability* aos 28 meses de idade (STAY28) ao longo dos anos de nascimento ..... 88

## RESUMO

Objetivou-se estudar o efeito de características morfométricas, de tipo e produção leiteira sobre a habilidade de permanência (*stayability*) e estimar os valores e tendências genéticas de cabras Saanen em ambiente tropical nos diferentes rebanhos brasileiros. Para isso utilizou-se um modelo de regressão de Cox e o estimador Kaplan-Meier para as características morfométricas e de tipo. Os efeitos das características produtivas sobre a (*stayability*) foram analisados por meio do modelo animal de risco Weibull, sobre o risco relativo de descarte das cabras. Para estimar os componentes de variância e covariância foi utilizando o modelo de linear-limiar por análises bivariadas, por meio da abordagem bayesiana. Os efeitos considerados no modelo de Cox e estimador Kaplan-Meier foram o ano, estação e rebanho de nascimento, as características morfométricas e de tipo leiteiro. Para as características de produção o grupo de contemporâneo foi um efeito independente do tempo e o efeito da idade ao parto e classes de produção como dependentes do tempo, no modelo animal de Weibull. O grupo de contemporâneo foi considerado efeito fixo; idade da cabra como covariável (linear e quadrática), e os efeitos genéticos aditivos e residuais como aleatórios no modelo linear-limiar incluídos nas análises. Os resultados para análise de regressão de Cox indicaram que o acréscimo de um ano de nascimento, um centímetro no comprimento corporal e na largura da garupa proporcionam a diminuição de 4, 2 e 5%, respectivamente, o risco de falha das cabras no rebanho. Os estimadores de Kaplan-Meier mostraram efeitos significativos das classes nas covariáveis. As cabras com pontuações superiores para características relacionadas ao sistema mamário são descartadas prematuramente do rebanho. A classe 4 de maior produção em volume e constituintes do leite foi a que apresentou diferença significativa, reduzindo o risco de descarte e estando associada com a *stayability* (STAY28) das cabras, utilizando o modelo animal de Weibull. As herdabilidades para STAY28 tanto no modelo de Weibull (0,05-0,09), quanto no modelo de linear-limiar  $h^2$  (0,07) foram baixas. Estimativas de correlação genética entre STAY28 e as características de produção foram nulas no modelo de linear-limiar, porém a regressão dos valores genéticos demonstrou haver relação significativa entre essas características e STAY28. A característica STAY28 é uma opção viável para seleção de animais com maiores valores genéticos para aumentar a vida produtiva em cabras leiteiras refletindo em animais com maiores produções. Portanto, a melhora das características produtivas e morfométricas das cabras trazem efeitos positivos na *stayability* dos animais no rebanho.

**Palavras-chave:** conformação, dados censurados, longevidade, modelo Weibull, pequenos ruminantes

## ABSTRACT

The objective of this study was to study the effect of morphometric, type and milk production on stayability and to estimate the genetic values and trends of Saanen goats in tropical environments in different Brazilian herds. For this, a Cox regression model and the Kaplan-Meier estimator were used for the morphometric and type traits. The effect of the productive traits on the (stayability) were analyzed using the Weibull risk animal model, on the relative risk of discarding goats. To estimate the components of variance and covariance, the linear-threshold model was used by bivariate analyzes using the Bayesian approach. The effects considered in the model of Cox and Kaplan-Meier estimator were the year, season and herd of birth, morphometric and dairy type traits. For the production traits the contemporary group was an effect independent of time and the effect of age at childbirth and classes of production as time dependent, in the Weibull animal model. The contemporary group was considered a fixed effect; (linear and quadratic), and the additive and residual genetic effects as random in the linear-threshold model included in the analyzes. The results for Cox regression analysis indicated that the increase of one year of birth, one centimeter in the body length and the width of the croup provided a reduction of 4, 2 and 5%, respectively, in the risk of failure of goats in the herd. The Kaplan-Meier estimators showed significant effects of the classes on the covariables. Goats with higher scores for features related to the mammary system are discarded prematurely from the herd. The class 4 of higher production in volume and constituents of the milk was the one that presented significant difference, reducing the risk of discarding and being associated with the stayability (STAY28) of the goats, using the animal model of Weibull. The heritabilities for STAY28 in both the Weibull model (0.05-0.09) and the linear-threshold model  $h^2$  (0.07) were low. Estimates of genetic correlation between STAY28 and production traits were zero in the linear-threshold model, but regression of genetic values showed a significant relationship between these traits and STAY28. The STAY28 trait is a viable option for selection of animals with higher genetic values to increase the productive life in dairy goats reflecting in animals with higher yields. Therefore, the improvement of the productive and morphometric traits of the goats have positive effects on the stayability of the animals in the herd.

**Key-words:** conformation, censored data, longevity, Weibull model, small ruminants

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

No gerenciamento de sistemas leiteiros os critérios para atingir os objetivos de produção estão aliados a coleta de características relacionadas ao interesse econômico que podem interferir na permanência das cabras no rebanho. Particularidades próprias de cada fazenda, como a escolha da raça e tamanho do rebanho também impactam a vida produtiva das cabras. Em uma propriedade que apresenta um rebanho estabilizado ela irá reter por menos tempo suas matrizes, de forma contrária acontecerá em um rebanho ainda em evolução. A escolha da raça também pode impactar na permanência de matrizes no rebanho, pois existem características que são inerentes a cada uma delas e conseqüentemente poderão interferir na sua sobrevivência.

A raça Saanen é a principal utilizada para a exportação de genética de origem europeia e que tem estruturado os planteis de produção de leite de cabra, em clima tropical, devido sua capacidade de produzir altos volumes de leite durante a lactação (Gonçalves et al., 2008). A constituição dos rebanhos desta raça no Brasil tem apresentado um efetivo médio de 30 animais, criados em sua maioria confinados, com alimentação suplementada, representado 84% dos registros do Programa de Melhoramento Genético de Caprinos Leiteiros (Facó et al., 2011).

Variáveis como data e o peso ao nascimento, assim como idade e o mês do primeiro parto impactam na sobrevivência de cabras Saanen, raça que apresenta os menores valores de sobrevivência se comparada a outras raças leiteiras (Granadina, Alpina e Toggenburg) com tempo máximo de quatro anos de vida e média de 2,58 partos na sua vida produtiva (Pérez-Razo et al., 2004). Estes autores demonstram ainda que abortos, infertilidade e prolongamento da lactação impactam diretamente na permanência.

Relacionando dados de produção leiteira e características de tipo envolvendo raças caprinas, Castañeda-Bustos et al. (2017) estimaram que 64% dos animais avaliados alcançaram a vida produtiva real até 72 meses de idade. Em caprinos nos Estados Unidos Valencia-Posadas et al. (2017) estudaram habilidade de permanência e apenas 50% do total das cabras atingiram os 24 meses de idade. Verificar como algumas variáveis já coletadas nos criatórios impactam na vida dos animais é uma forma de auxiliar nas deliberações corretas do sistema de produção de caprinos leiteiros, tornando possível determinar precocemente os

fatores que levam ao descarte e a morte involuntária e assim aumentar a vida produtiva das cabras.

A principal razão para a saída de caprinos nos rebanhos na França sob condições intensivas foi a baixa produção de leite (36,6%); no entanto, a morte relacionada a transtornos de saúde (20,2%) - principalmente relacionado a distúrbios nervosos e digestivos - juntamente com a mortalidade (22,3%), também foi significativa (Malher et al., 2001). Os autores também descobriram que a baixa produção de leite foi a terceira razão para o descarte de caprinos de um a dois anos de idade (23,8%), e o segundo foram problemas de saúde (29%) e o primeiro a mortalidade (37,6%). A mastite subclínica em rebanhos de caprinos tem sido relatada como um problema comum que reduz a produção, modifica a composição do leite e é responsável por grandes perdas econômicas (Barrón-Bravo et al., 2013).

Informações, tais como; ano e época de nascimento, características morfométricas, de tipo e produção dos animais, podem ser usadas para prever de forma precoce o período de vida produtiva no rebanho, sendo que estas variáveis estão diretamente relacionadas (influenciando de 10 a 65% de probabilidade) na habilidade de permanência (*stayability*), em vacas leiteiras (Vollema et al., 1997; Sewalem et al., 2010; Zavadilová et al., 2011; Kern et al., 2014 a, b; Kern et al., 2015). Esses dados são assiduamente coletados durante a primeira lactação; dessa forma o uso da metodologia da análise de sobrevivência se justifica por levar em consideração a influência das variáveis explicativas. Estas variáveis são abordadas em sobrevivência como covariáveis, fixas ou aleatórias, caracterizando os modelos mistos, que em sobrevivência os efeitos aleatórios são tidos como termo de fragilidade (Colosimo e Giolo, 2006).

A análise de sobrevivência permite ainda estimar a probabilidade de permanência das cabras na fazenda e conhecer o risco que essas fêmeas têm de falhar, considerando as covariáveis incluídas, além de possibilitar o uso de observações parciais ou incompletas. Esse tipo de anotação que é conhecido como dados censurados de animais que não tiveram todos os registros coletados ou ainda estão vivos ao final do estudo e a ocultação dessas informações podem gerar resultados equivocados (Colosimo e Giolo, 2006).

As estimativas de herdabilidade para características relativas à sobrevivência da fêmea no rebanho geralmente são baixas (0,02 - 0,12), tanto em bovinos de corte ou de leite, ovinos e caprinos, devido principalmente a influência do ambiente (Yazdi et al., 2002). Mesmo assim essa estimativa de herdabilidade pode ser utilizada como indicadora de maior acurácia de seleção para a longevidade.

Observações combinando *stayability* em cabras e suas características morfométricas, de tipo, ambientais e de produção são escassas na literatura (Torrero, 2010; Valencia-Posadas et al., 2010 e 2017; Castañeda-Bustos et al., 2017) e no Brasil, ainda não foram desenvolvidos trabalhos realizados acerca da *stayability* envolvendo caprinos leiteiros. Compreender os fatores que influenciam a *stayability* nessa espécie pode resultar em benefícios indiretos na vida dos animais no rebanho por meio de melhorias de manejo, assim como trazer elementos para o direcionamento das práticas de seleção.

Os levantamentos bibliográficos demonstram que realizar pesquisas que busquem identificar o vínculo entre conformação, produção e sobrevivência podem resultar na seleção de animais que contribuirão para aumento da lucratividade do sistema de produção de forma geral, apontando assim as formulações das seguintes hipóteses: existem influências importantes de características morfométricas, de úbere, pernas e pés sobre a habilidade de permanência de fêmeas caprinas. Há uma relação genética entre as características de produção leiteira na sobrevivência das cabras aumentando o risco de morte ou descarte. As informações fornecidas neste estudo poderão ser utilizadas para criar um índice de seleção específico que indique a conformação e produção ideal de cabras leiteiras em termos de longevidade.

permanência de fêmeas caprinas. Há uma relação genética entre as características de produção leiteira na sobrevivência das cabras aumentando o risco de morte ou descarte. As informações fornecidas neste estudo poderão ser utilizadas para criar um índice de seleção específico que indique a conformação e produção ideal de cabras leiteiras em termos de longevidade.

## **1.1. 1.1. Objetivos**

### 1.1.2 Geral

Averiguar o efeito de características morfométricas, de tipo e produção leiteira de cabras controladas pelo Programa de Melhoramento de Caprinos Leiteiros no Brasil na habilidade de permanência (*stayability*) de fêmeas caprinas no rebanho.

### 1.1.3 Específicos

Avaliar a *stayability* por meio da abordagem de análise de sobrevivência e através do modelo de linearlimiar estimar os valores e tendências genéticas de cabras Saanen em ambiente tropical nos diferentes rebanhos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Habilidade de permanência da matriz no rebanho e medidas de longevidade

Habilidade de permanência tem sido frequentemente utilizada para o estudo do tempo de permanência dos animais no rebanho, especialmente com fêmeas bovinas leiteiras (Vollema et al., 1997; Sewalem et al., 2010; Zavadilová et al., 2011; Kern et al., 2014 a,b; Kern et al., 2015). As características mais aplicadas para predizer a permanência das fêmeas no sistema de produção são: longevidade (idade do animal ao descarte); duração da vida produtiva (intervalo do primeiro parto ao descarte); número de lactações durante a vida e habilidade de permanência no rebanho ou *stayability* (Dias, 1997).

A habilidade de permanência é definida como a probabilidade da fêmea permanecer no rebanho por um tempo específico, dado que teve a oportunidade de alcançar este tempo (Vollema, 1997; Silva et al., 2003; Martinez et al., 2004; Queiroz et al., 2007). De modo geral, pode-se incluir outras condições, como por exemplo, permanecer um tempo limitado após a primeira lactação ou primeiro parto, principalmente, após parir uma quantidade de crias.

Os pontos iniciais ou finais adotados é que vão definir a aplicação e interpretação da habilidade de permanência (*stayability*). O ponto de partida pode ser a data de nascimento, a data do primeiro acasalamento ou do primeiro parto. O ponto final pode ser a sobrevivência até os 48, 60 ou 72 meses de idade, ou alguma idade considerada como a que possibilitou ao animal, com base em sua produtividade, ser rentável ao sistema, pagando seus custos de aquisição e manutenção (Marcondes et al., 2005).

Com caprinos leiteiros os estudos tem ocorrido nos Estados Unidos verificando a vida produtiva real e funcional aos 72 meses (Castañeda-Bustos et al., 2014) e a permanência funcional aos 24 e 36 meses de idade e primeira produção de leite na lactação de cabras leiteiras (Valencia-Posadas et al., 2017).

A *stayability* é uma ferramenta para auxiliar o criador no processo de tomada de decisões seguras e corretas. Uma parte da renda (7%) dos produtores de cabras leiteiras é proveniente da venda de animais (Cabral, 2006), e os fatores que contribuem para o aumento dos custos de produção são a quantidade de matrizes subutilizadas; rebanhos jovens demais e

a criação de todas as fêmeas (Borges, 2003). Rapidamente com a primeira lactação os custos iniciais que um produtor investiu na cabrita já podem ser ressarcindo desde que a cabra produza um nível mínimo de 750 kg de leite por lactação para um sistema de confinamento de caprinos leiteiros funcionar economicamente (Borges, 2003).

Os dois principais períodos de vida do animal no rebanho leiteiro são do nascimento ao primeiro parto e do primeiro parto até o descarte, pois são os momentos que a fêmea está apta a se tornar matriz e depois se manter produtiva no rebanho. O investimento feito na fêmea bovina do nascimento até o primeiro parto só começa a ser amortizado após a primeira lactação, sendo necessário, pelo menos, duas lactações para que esta retorne o investimento realizado (Ribeiro, 2001). Dessa forma, a produção de leite, a saúde do animal, a duração da vida produtiva e os custos relacionados à reposição do animal descartado devem ser fatores principais a serem observados quando da decisão do descarte, dado seu impacto sobre a lucratividade do sistema de produção leiteiro (Queiroz e McCallister, 2002).

O registro de sobrevivência da fêmea no rebanho pode ser avaliado de forma contínua para cada fêmea, sendo definido como o número de dias ou meses em que a fêmea permaneceu até um tempo determinado (Martinez et al., 2004); ou de forma discreta, atribuindo o valor 0 para a que não permaneceu e 1 para aquela que permaneceu até o tempo definido (Silva et al., 2003; Martinez et al., 2005; Queiroz et al., 2007; Zavadilová et al., 2009, 2011; De Vries et al., 2010; Raboisson et al., 2011; Pritchard et al., 2013; Castañeda-Bustos et al., 2014; McConnel et al., 2015).

As principais causas de descarte de animais leiteiros estão relacionadas a problemas de reprodução, saúde do úbere, baixa produção de leite e bem-estar, levando a critério de descarte voluntários ou involuntários (Van Arendonk, 1996; Hultgren, 2009; Melendez, 2007; De Vries, 2010; Raboisson, 2011; McConnel, 2015). O descarte voluntário atende ao objetivo do produtor e está relacionado principalmente com fatores de produção. O descarte involuntário independe do criador, pois geralmente está ligado a aspectos de saúde que associados com a imunidade reduzida, fazem com que a fêmea fique mais propensa a doenças como mastite, claudicação ou redução da fertilidade e por estas razões as matrizes podem ser descartadas prematuramente, mesmo que apresentem alta produção de leite. A redução das taxas de descartes involuntários pode levar à maximização da longevidade e à otimização dos lucros, permitindo ao produtor realizar uma maior taxa de descarte voluntário, aumentando o ganho genético.

A *stayability* é uma característica que influencia a rentabilidade de um sistema leiteiro. O aumento do tempo de permanência das fêmeas nos rebanhos garante algumas



vantagens ao produtor, dentre elas: a redução do custo anual das reposições; aumento na produção média do rebanho; redução do número de reposições (cabritas) a serem criadas, permitindo um aumento potencial do rebanho; e aumento da possibilidade de seleção de fêmeas (Robertson e Rendel, 1950).

O risco de descarte de fêmeas bovinas vazias, que são incapazes de ficarem ou de se manterem prenhas, ou que têm dificuldades de parto é muito alto sendo a principal causa de descarte das mesmas em um rebanho cerca de 21,57%, seguido por injúrias e outras causas (21,17%) e baixa produção (17,20%), os descartes involuntários foram a grande maioria, representando 75% do total (Ribeiro et al., 2003). Um dos critérios de seleção que podem ser utilizados para contornar essa situação é de aumentar os índices de fertilidade no rebanho e conseqüentemente a habilidade de permanência. Douhard et al. (2014) verificaram que a medida que a seleção de longevidade progrediu, a incidência de fêmeas de alta produção aumentou dentro do rebanho, conduzindo uma tendência de longo prazo no aumento da produção de leite, levando a um alívio do *trade-off* entre o progresso do rendimento do leite e melhoria de sobrevivência.

## **2.2. Herdabilidade para habilidade de permanência**

### **2.2.1 Características produtivas**

A seleção para *stayability* pode ser direta ou indireta. A seleção direta pode ser baseada na duração da vida produtiva, vida no rebanho ou sobrevivência até o tempo escolhido (Vecek et al., 2006). A seleção indireta pode ser baseada em características de moderada a alta herdabilidade que sejam indicadoras precoces de longevidade, facilmente mensuráveis e que possuam correlações genéticas favoráveis com a longevidade das matrizes, como as características morfométricas, de tipo e de produção leiteira que são medidas alternativas de seleção indireta para longevidade (Pritchard et al., 2013). As estimativas de herdabilidade para características relativas à sobrevivência da fêmea no rebanho geralmente são baixas, tanto em bovinos de corte ou de leite, ovinos e caprinos, devido principalmente a influencia do ambiente (Yazdi et al., 2002) (Quadro 1).

**Quadro 1-** Estimativas de herdabilidade para habilidade de permanência de diferentes espécies na literatura.

Autores	Estimativas de Herdabilidade
Roxstrom et al., 2003; Sewalem et al., 2003; Sewalem, 2005; Hultgren, 2009	Modelo de Weibull variam 0,10 - 0,20
Silva, 2001	Raça Nelore: 0,12, 0,12 e 0,17 idades até cinco, seis e sete anos, respectivamente
Caetano et al., 2012	idade da vaca ao ultimo parto na raça Nelore 0,25
Gianlorenço et al., 2003 e Baldy et al., 2008	Vacas da raça Canchim 0,11 e 0,06
Martinez et al., 2004	Vacas de corte da raça Hereford: até 1, 2, 3, 4, 5 e 6 anos após o primeiro parto 0,05, 0,08, 0,08, 0,10, 0,12 e 0,15,
Getachewa et al, 2015	Sobrevivência de cordeiros etíopes 0,02 a 0,10
Madgwick & Goddard, 1989	Vacas leiteiras Australianas: até 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 anos após o primeiro parto 0,05, 0,04, 0,01, 0,02, 0,04, 0,02, 0,03, 0,09 e 0,09
Short e Lawlaor, 1992	Vacas da raça Holandesa nos Estados Unidos: 0,08, para duração da vida produtiva
Vanraden e Klaaskate, 1993;	0,09 até 84 meses de idade de vacas da raça Holandesa
Van Pel e Veerkamp, 2014	72 meses no gado Holandês encontraram 0,146
Vollema et al., 2000	Vida funcional de Holandês preto e branco e vermelha e branca 0,041 e 0,036
Pritchard et al., 2013	Novilhas e vacas leiteiras Holandesas do Reino Unido 0,05-0,06
Kern et al., 2015	Sobrevivência até os 84 meses, para vacas holandesas no Brasil 0,05 a 0,18
Kern et al., 2016	Modelo de Weibull, tempo de vida produtiva 0,078 para holandesas no Brasil
Castañeda-Bustos et al., 2014	Caprinos leiteiros no Estados Unidos vida produtiva real e funcional aos 72 meses 0,09, e 0,16
Valencia-Posadas et al., 2017	Permanência funcional aos 24 e 36 meses de idade em cabras leiteiras, nos EUA 0,08, 0,09

Somente os critérios de seleção baseados na produção de leite podem não apresentar resposta genética ótima quando considerado o potencial para o lucro, uma vez que fêmeas capazes de produzir grandes volumes de leite podem não sobreviver por muito tempo no rebanho (Teixeira et al., 2003).

As correlações genéticas entre as características de longevidade e as de produção são, em geral, altas e positivas a inserção dessas características de longevidade em um índice de

seleção levará ao incremento de características de produção no mesmo sentido (Castañeda-Bustos et al., 2017).

### 2.2.2 Características morfométricas e de tipo

A conformação ou morfometria tem sido fortemente utilizada para a seleção em populações de animais leiteiros (Boettcher et al., 1997; Schneider et al., 2000; Vollema et al., 2000; Larroque e Ducrocq, 2001; Sewalem et al., 2003), associada a sobrevivência para melhorar a vida no rebanho como critérios de seleção indiretos, porque são facilmente mensuradas após a primeira lactação (Dekkers et al., 1994).

Em bovinos leiteiros as características de tipo relacionadas as seções úbere, pés e pernas tais como: inserção anterior, textura, profundidade, altura de inserção do úbere posterior, largura de inserção do úbere posterior, ligamento central, qualidade óssea e ângulo do casco apresentam maior influência sobre a longevidade das vacas (Sewalem et al., 2005). Assim, vacas com melhores úberes e tetas são descartadas mais tarde do que vacas com problemas de mastites e lesões, e vacas com ângulo de casco extremamente baixo e ossos grossos apresentam diminuição da longevidade. De modo geral, vacas com úberes profundos, ligamento central fraco apresentam menor longevidade quando comparadas a vacas com úberes rasos e forte ligamento (kern et al., 2015).

Os valores de herdabilidade dessas características variam de 0,08 a 0,49 (Lagrotta et al., 2010; Campos et al., 2012), apresentando, em geral, maiores estimativas de herdabilidade para estatura, colocação das tetas anteriores e comprimento de garupa e as menores estimativas para ângulo do casco e textura do úbere (Campos et al., 2012).

As características morfológicas e de tipo também podem apresentar efeitos sobre a longevidade funcional dependendo dos critérios de seleção adotados e das decisões quanto ao descarte voluntário e involuntários em cada propriedade. Zavadilová et al. (2011) verificaram que características de tipo incluindo o úbere tiveram forte relação com longevidade funcional das vacas e que fêmeas menores são preferidas na República Checa.

Características do úbere, profundidade, fixação, características do teto, forma, diâmetro, ângulo da teta, colocação das tetas, ligamento medial e pernas e pés são consideradas características importantes na avaliação de caprinos leiteiros e servem não apenas como uso descritivos para as raças, mas também por influência na produção,

longevidade e lucratividade (McLaren et al., 2016), além de apresentar valores de herdabilidade de médio a alto para caprinos leiteiros como demonstrado na Tabela 1.

**Tabela 1.** Herdabilidade para características morfométricas e de tipo em caprinos leiteiros em diferentes climas.

Características morfométricas e de tipo em caprinos leiteiros	Herdabilidade	País	Referência
Escore Final, Estatura, Vigor, Caráter leiteiro Diâmetro das tetas, Pernas traseiras, Inclinação da garupa, Largura da garupa, Conexão do úbere, Altura posterior do úbere, Curvatura posterior do úbere Profundidade do úbere, Ligamento suspensório e Colocação dos tetos	0,19 - 0,52	EUA	Luo et al. (1997)
Perímetro torácico, Comprimento corporal, Altura na cernelha, Altura na garupa, Largura da garupa, Comprimento da garupa, Característica racial, Paleta e linha superior, Membros e pés, Tipo leiteiro, Capacidade de corpo, Úbere, Ligamento traseiro, Ligamento dianteiro, Textura do úbere e Tetos	0,08 - 0,45	Brasil	Ferreira et al. (2014)
Pontuação final, Estatura, Força, Leite, Diâmetro dos tetos, Pernas traseiras (vista lateral), Ângulo de garupa, Largura de garupa, Fixação do úbere, Altura traseira do úbere, Ângulo traseiro do úbere, Profundidade do úbere, Ligamento de suspensório do úbere e Colocação dos tetos	0,07 - 0,32	EUA	Castañeda-Bustos et al. (2017)

Quando a seleção é direcionada para maior escore final, largura de garupa e fixação do úbere Castañeda-Bustos et al. (2017) confirmaram que é possível ter um aumento na vida produtiva de cabras leiteiras. O uso de variáveis morfométricas como (circunferência abdominal, comprimento do corpo, peso corporal, circunferência do peito, profundidade torácica, largura da cabeça, altura da garupa, comprimento da garupa, largura da garupa, largura do ombro e altura de cernelha) também tem auxiliado em estudos de distância fenotípica indicando o grau de separação morfológico entre os genótipos (Yakubu et al., 2011).

As características de tipo são mais altamente hereditárias que longevidade em si (Schaeffer et al., 1985; Meyer et al., 1987; Wiggans et al., 2004), o que levaria a maior ganho genético para habilidade de permanência, sendo assim a precisão da avaliação genética para seleção de reprodutores para *stayability* aumentará quando as características forem avaliadas durante a primeira lactação nas suas filhas (Weigel et al., 1998; Vukasinovic et al., 2002) pela combinação de informações a partir dessas características correlacionada com informações sobre o tempo real da morte ou descarte.

Nos últimos anos trabalhos envolvendo caprinos na Europa e Estados Unidos têm sido realizados verificando a sobrevivência de fêmeas no rebanho (Valencia-Posadas et al.,

2010, 2017; Castañeda-Bustos et al., 2014, 2017). No Brasil, ainda não existem trabalhos realizados acerca da (*stayability*) dessa espécie, diante disso torna-se importante o estudo em entorno dessa característica. Incluir a avaliação genética para sobrevivência ou características indicadoras de longevidade em sumários de avaliação genética permitiria ao produtor selecionar os animais que produzem fêmeas com maior probabilidade de sobreviver no rebanho por mais tempo, resultando em um maior aproveitamento e diluição do seu custo (Silva et al., 2003).

Os custos do uso de características de conformação e de tipo como preditores indiretos da longevidade são baixos, pois os registros destas características são coletados para fins de valorização dos animais no momento da venda (Caraviello et al., 2003), aliadas as informações de produção leiteira os benefícios serão relevantes para a *stayability* e no intuito de reduzir o descarte involuntário e de aumentar a rentabilidade do sistema.

### **2.3 Estado da arte no melhoramento genético de caprinos no Brasil**

Criado em 2005, o Programa de Melhoramento Genético de Caprinos Leiteiros (Capragene®), a partir da estruturação do Controle Leiteiro Oficial, do Arquivo Zootécnico Nacional e do Teste de Progênie, tem apoiado o setor produtivo por meio da qualificação do material genético em bases científicas, orientando o uso racional dos recursos genéticos disponíveis, dando suporte ao crescimento e fortalecimento da caprinocultura leiteira no Brasil.

Desde então, o Programa de Melhoramento Genético de Caprinos Leiteiros, fruto de uma parceria entre a Embrapa, instituições de ensino e pesquisa e, principalmente, as organizações de produtores, com destaque para a Caprileite/Accomig vem enriquecendo sua base de dados e tem demonstrado relevante impacto na tendência genética nas características selecionadas. O lançamento do primeiro sumário de caprinos leiteiros do país, no final do ano de 2014, apresentou valores genéticos para a característica de produção de leite dos animais avaliados, em 2017 a versão contemplou os valores genéticos genômicos estimados para as características de produção e de qualidade do leite. É um passo significativo no uso de ferramentas mais sofisticadas para a identificação do mérito genético dos animais com maior confiabilidade.

A partir das informações publicadas, o Capragene® apoia o desenvolvimento sustentável da atividade, bem como fortalece e gera referência de aliança para a inovação entre o meio técnico-científico e o ambiente produtivo, em benefício da sociedade.

O objetivo do Sumário é disponibilizar o resultado da mais moderna ferramenta de avaliação do potencial genético dos animais candidatos à seleção. Com as informações disponíveis, é possível promover os acasalamentos entre reprodutores e matrizes com os melhores valores genéticos genômicos para determinada característica ou um índice composto por mais de uma característica. Os valores genéticos genômicos são preditos por meio das informações de pedigree, dos fenótipos e dos genótipos. Os genótipos são obtidos por genotipagem de marcadores do tipo SNP (sigla do inglês Single Nucleotide Polymorphisms), utilizando chips de SNPs (pronunciado como “snips”) representativos de todo o genoma caprino. As vantagens do uso dessa ferramenta são, entre outras, o aumento da acurácia da estimativa dos valores genéticos, a redução do intervalo de gerações pela identificação de animais geneticamente superiores, mesmo antes que eles expressem o fenótipo de interesse, e a correção de possíveis erros de pedigree que possam impactar negativamente as estimativas.

As características analisadas foram: duração da lactação (DL), produção de leite em até 305 dias de lactação (PL305), produção média diária de leite (PLD), produção total de gordura em até 305 dias de lactação (PGOR305), produção total de proteína em até 305 dias de lactação (PPRO305), produção total de extrato em seco até 305 dias de lactação (PEXT305), produção total de lactose em até 305 dias de lactação (PLAC305), contagem de células somáticas em até 305 dias de lactação (CCS305).

A população da raça Saanen, representada pelos rebanhos do Sudeste e um rebanho no Nordeste, apresentou média de produção de leite em até 305 dias de 675,31 kg com um desvio padrão de 365,94 kg. As características que estavam sob maior influência dos efeitos médios dos genes e, portanto, maior herdabilidade ( $h^2$ ) foram a produção média diária de leite ( $h^2 = 0,25$ ) e produção total de leite em até 305 dias ( $h^2 = 0,22$ ). A contagem de células somáticas ( $h^2 = 0,11$ ) e a duração da lactação ( $h^2 = 0,07$ ) foram as características que estavam sob a maior influência de variações do meio, tais como, manejo, alimentação, dentre outras. Com exceção da CCS, todas as demais características apresentaram altas correlações genéticas entre si. Como tais correlações foram positivas e favoráveis, a seleção para uma característica deve promover mudança concomitante na(s) outra(s). Nessa situação, focar a seleção na característica de maior importância econômica e maior herdabilidade deve trazer maior retorno à cadeia produtiva (Lobô et al., 2017).

## 2.4 Análise de sobrevivência

A análise de sobrevivência que é um conjunto de processos estatísticos que através de um modelo de risco proporcional pode oferecer um melhor ajuste para os dados de permanência de uma fêmea no rebanho, porque representa adequadamente para registros censurados e para a distribuição assimétrica de dados de sobrevivência e pode lidar eficientemente com variáveis tempo-dependente explicativas. O tempo de sobrevivência dado pelas variáveis aleatórias positivas (T), inicia-se num ponto de partida para o estudo até ao ponto limite de interesse, mensurando o comprimento do intervalo. O ponto final é também conhecido como evento de interesse e/ou de falha (Colosimo e Giolo, 2006).

Conhecimentos das relações e riscos entre conformação e tipo associados a *stayability* são necessários para utilização como indicadores precoces essenciais, baseado na análise de sobrevivência (Smith e Quaas, 1984; Ducrocq, 1987, 1997).

### 2.4.1. Dados censurados

A observação parcial ou incompleta na análise de sobrevivência é muito comum, e esse tipo de anotação é conhecido como dados censurados.

Todos os resultados provenientes de um estudo de sobrevivência devem ser usados na análise estatística mesmo que censurados, pois as informações censuradas fornecem conhecimento sobre o tempo de vida dos animais e a omissão de censuras no cálculo das estatísticas de interesse podem acarretar conclusões viciadas (Colosimo e Giolo, 2006).

Existem diferentes tipos de censuras: censuras do tipo I, do tipo II e aleatórias (Lawless, 1982). Se o estudo termina em um instante pré-estabelecido e alguns dos tempos até a ocorrência de um evento não são observados para algumas unidades amostrais, tem-se a censura do tipo I. Caso o estudo termine após a ocorrência de uma determinada quantidade pré-estabelecida de censuras, dentre as unidades em estudo, têm-se a censura do tipo II. A censura aleatória ocorre, por exemplo, quando um animal é retirado do estudo sem ter ocorrido a falha, ou então, se o animal morrer por uma razão diferente da estudada.

As censuras podem ainda ser classificadas como: censura à direita, à esquerda e intervalar. Censura à direita, na qual o tempo de ocorrência do evento de interesse está à direita do tempo registrado é o tipo mais encontrado. A censura à esquerda ocorre se o evento de interesse já aconteceu quando o indivíduo foi observado. Censura intervalar não se sabe o

tempo exato de ocorrência do evento de interesse, sabe-se apenas que ele ocorreu dentro de um intervalo (Colosimo e Giolo, 2006).

#### 2.4.2 Variáveis Explicativas tempo-dependentes

Características de interesse, como ano ou estação, muitas vezes influenciam a variável tempo de falha e variam com o tempo, porque resume todas as condições climáticas e econômicas, as mudanças epidemiológicas que ocorrem em um período de tempo para o outro. Da mesma forma, se for estudado o efeito de uma doença no momento da morte, é quase sempre incorreto presumir que o animal está doente desde o dia 1 até a morte. O modelo de riscos proporcionais pode ser estendido para incluir tais situações, em que covariáveis variam com o tempo (Kalbfleisch e Prentice, 1980; Cox e Oakes, 1984, Klein e Moeschberger, 1997).

Segundo Ducrocq (1997), as variáveis explicativas tempo-dependentes representam um grande avanço na modelagem de dados de sobrevivência, pois permitem uma descrição precisa e detalhada das variações ao longo do tempo no ambiente que causam a falha. A inclusão destas no modelo de riscos proporcionais é uma ferramenta de modelagem muito poderosa, mas tem apresentado inconvenientes.

Os resultados podem ser de difícil interpretação (Kalbfleisch e Prentice, 1980, p 122-127). Isto acontece quando a mudança de covariáveis tempo-dependentes são relacionadas com o processo para o descarte de animais. Um exemplo é o estudo do efeito de uma doença sobre o descarte de vacas leiteiras, em que parece razoável corrigir para a produção de leite. As melhores vacas para produção de leite são menos susceptíveis de serem descartadas do que as piores. Se a incidência da doença é maior para as melhores, não corrigir para a produção de leite pode conduzir a resultados errôneos, ou seja, mesmo tendo a ocorrência da doença, neste caso, a vaca está protegida de ser descartada. Por outro lado, se a consequência da doença é exclusivamente uma diminuição acentuada na produção de leite e a vaca doente é então abatida por causa dessa baixa produção de leite, a inclusão da produção de leite como um fator de correção no modelo pode levar a uma conclusão errônea novamente, que a doença não tem efeito sobre o descarte. Uma análise adequada deve incluir os dois tipos de modelos, uma comparação dos resultados correspondentes e um estudo sobre a mudança de caminho de covariáveis tempo-dependentes. Então, muitas conclusões relevantes podem ser encontradas:



por exemplo, o efeito da doença sobre o descarte é ou não importante. Isto devido ao seu efeito sobre a produção de leite (Gröhn et al., 1998).

### 2.4.3. Modelo de regressão de Cox

O modelo de regressão de Cox (1972), utilizado para a análise de dados de sobrevivência, permite que a análise do tempo de vida até ocorrência de um evento seja realizada considerando-se as covariáveis de interesse no estudo, por meio da função de taxa de falha, que é muito útil para descrever a distribuição do tempo de vida, demonstrando a forma em que a taxa instantânea de falha muda com o tempo.

A função de taxa de falha de T é então definida como:

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

A taxa de falha no intervalo  $[t_1, t_2]$  é definida como a probabilidade de que a falha ocorra neste intervalo, dado que não ocorreu antes de  $t_1$ .

Assume-se, nesse modelo, que os tempo  $t_i, i = 1, \dots, n$ , são independentes e que a função de taxa de falha do indivíduo  $i$ , dado o vetor  $x = (x_1, \dots, x_p)'$  de covariáveis, é dada por:

$$\lambda\left(\frac{t}{x_i}\right) = \lambda_0(t) \exp\{\beta' x_i\}$$

Sendo que  $\lambda_0(t)$  é o componente não-paramétrico, conhecido como função de base, uma vez que  $\lambda(t) = \lambda_0(t)$  quando  $x = 0$ ;  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_p)$  é o vetor de dimensão de  $p$  de coeficientes de regressão desconhecidos e  $x_1$  é o vetor de dimensão  $p$  de covariáveis observadas para p indivíduo  $i$ .

O componente não-paramétrico,  $\lambda_0(t)$ , é uma função não negativa do tempo, o qual não é especificado. O componente paramétrico,  $\exp(\beta' x_i)$  é usado na forma multiplicativa. Observe que a constante  $\beta_0$  não aparece no componente paramétrico, pois é absorvida pelo componente não-paramétrico.

Segundo Colosimo e Giolo (2006), este modelo é também denominado modelo de taxas de falha proporcionais, pois a razão das taxas de falha de dois indivíduos diferentes é constante no tempo, sendo a mesma para todo período de acompanhamento, a suposição básica, para o uso do modelo de regressão de Cox é, portanto, que as taxas de falha sejam proporcionais ou, de forma equivalente para este modelo, que as taxas de falha acumulada sejam também proporcionais.

### 2.4.3.1. Estimação dos parâmetros no modelo de regressão de Cox

Os coeficientes de  $\beta$  das covariáveis no modelo de Cox são estimados a partir das observações amostrais. Entretanto, o uso do método da máxima verossimilhança fica inviabilizado, devido a presença do componente não-paramétrico  $\lambda_0(t)$ .

Cox (1975) propôs a função de verossimilhança parcial,  $L(\beta)$ , para a estimação do vetor de parâmetros desconhecidos  $\beta$ . Esta é construída para uma amostra de  $n$  indivíduos em que  $k \leq n$  falhas distintas ocorrem nos tempos  $t_1, \dots, t_k$  e que a probabilidade condicional da  $i$ -ésima observação vir a falhar no tempo  $t_i$ , conhecendo quais as observações que estão sob risco em  $t_i$ .

A função de verossimilhança parcial a ser utilizada é dada por:

$$L(\beta) = \prod_{i=1}^n \left( \frac{\exp\{\beta' x_i\}}{\sum_{j \in R_i} \exp\{\beta' x_j\}} \right)^{\delta_i}$$

que depende apenas de  $\beta$ .

A função de verossimilhança parcial assume que os tempos de sobrevivência são contínuos, e conseqüentemente, não pressupõe a possibilidade de empates nos valores observados, que podem ocorrer nos tempos de falha ou censura devido à escala de medida.

Os indivíduos censurados entram na função de verossimilhança parcial  $L(\beta)$  por meio do conjunto de risco  $R(t_i)$  e contribuem, para essa função, somente enquanto permanecem sob risco.

As propriedades assintóticas dos estimadores de máxima verossimilhança parcial são necessárias para construção de intervalos de confiança e teste de hipóteses, Andersen e Gill (1982) apresentaram provas mais gerais sobre a consistência dos estimadores e mostraram que, assintoticamente, tem distribuição normal sob certas condições de regularidade. Podem-se, dessa forma, usar as estimativas de Wald e da razão de verossimilhança para fazer inferências no modelo de regressão de Cox.

No modelo de Cox, o efeito das covariáveis é de acelerar ou desacelerar a função de risco. Os coeficientes da regressão ( $\beta$ ) estimados pelo modelo em questão podem ser interpretados como efeitos que aceleram ( $\beta > 0$ ) ou desaceleram a função de risco ( $\beta < 0$ ). No

entanto, a propriedade de riscos proporcionais do modelo deve ser usada para interpretar os coeficientes estimados.

#### 2.4.4 Kaplan- Meier (KM)

O método de Kaplan-Meier (Kaplan & Meier, 1958; Lee, 1992; Kleinbaum, 1995) é um método não paramétrico, ou seja, que independe da distribuição de probabilidade (Colton, 1979), e para cálculo dos estimadores, primeiramente, ordena-se os tempos de sobrevivência em ordem crescente ( $t_1 \leq t_2 \leq \dots \leq t_n$ ). Os sobreviventes ao tempo  $t$  são ajustados pela censura, ou seja, os animais censurados entram no cálculo da função de probabilidade de sobrevivência acumulada até o momento de serem considerados como perda. Isto proporciona o uso mais eficiente das informações disponíveis (Szklo e Nieto, 2000).

O estimador de Kaplan-Meier (KM) na sua formação considera tantos intervalos de tempo, quando forem o número de falhas distintas (Colosimo e Giolo, 2006). Definido da seguinte forma: Suponha que existem  $n$  animais sob teste e  $K (\leq n)$  falhas distintas nos tempos  $t_1 < t_2 < \dots < t_k$  é usado então a seguinte notação:

$d_j$ : número de falhas no tempo  $t_j$ ;

$n_j$ : número de animais sob risco (não falhou e não foi censurado) em  $t_j$ .

O estimador KM é definido como:

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

Se  $t_1 \leq t \leq t_k$ , supondo que existam  $k$  tempos de sobrevivência distintos com  $t_1 < t_2 < \dots < t_k$ ; sendo  $d_j$  o número de fêmeas que falharam  $t_j$  em com  $j = 1, \dots, k$ ; e  $n_j$  o número de fêmeas sob risco do evento em  $t_j$ , ou seja, as cabras não falharam e não foram censuradas antes do tempo  $t_j$ . Se houver censura exatamente em  $t_j$ , as cabras também estão sob risco em  $t_j$ .

#### 2.4.5 Distribuição Weibull

A distribuição Weibull é uma das mais utilizadas para modelar tempos de sobrevivência; esse modelo de sobrevivência paramétrico assume que tanto a variável resposta (tempo de

sobrevivência) quanto o termo que contém os efeitos das variáveis explanatórias seguem distribuição conhecida. A distribuição Weibull é uma generalização da distribuição exponencial e é considerada mais flexível do que o modelo exponencial, porque possui um parâmetro adicional que permite ajustar diferentes formas para a função risco, daí o nome parâmetro de forma, representado por  $\gamma$ , sua função de risco é monótona, isto é, ela é crescente, decrescente ou constante. A relação entre o parâmetro de forma  $\gamma$  e o comportamento da função de risco quando  $\gamma = 1$  a função de risco é constante, ou seja, o risco instantâneo de ocorrência do evento não varia com o passar do tempo; quando  $\gamma > 1$  o risco cresce no tempo; e  $\gamma < 1$  o risco decresce no tempo (Colossimo e Giolo, 2006).

Uma variável aleatória  $T$  com distribuição de Weibull, tem-se a função de densidade de probabilidade dada por:

$$f(t) = \frac{\gamma}{\alpha^\gamma} t^{\gamma-1} \exp\left\{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\gamma\right\}, t \geq 0,$$

em que  $\gamma$ , o parâmetro de forma, e  $\alpha$ , o de escala, são ambos positivos. O parâmetro  $\alpha$  tem a mesma unidade de medida de  $t$  e  $\gamma$  não tem unidade.

Para cada distribuição, as funções de sobrevivência e de taxa de falha são respectivamente,

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

e

$$\lambda(t) = \frac{\gamma}{\alpha^\gamma} t^{\gamma-1},$$

Para  $t \geq 0, \alpha$  e  $\gamma > 0$ . Quando  $\gamma = 1$ , tem-se a distribuição exponencial e, sendo assim, a distribuição exponencial é um caso particular da distribuição de Weibull.

As expressões para média e a variância de Weibull incluem o uso da função gama:

$$E(T) = \alpha r \left[1 + \left(\frac{1}{\gamma}\right)\right],$$

$$Var(T) = \alpha^2 \left[ r \left[1 + \left(\frac{2}{\gamma}\right)\right] - r \left[1 + \left(\frac{1}{\gamma}\right)\right]^2 \right]$$

## 2.5 Estimação dos componentes de variância por inferência Bayesiana por meio do modelo linear-limiar

A inferência Bayesiana é uma opção para a estimação de componentes de variâncias de características que manifestam-se como categóricas, uma vez que, modelos lineares podem apresentar problemas devidos a esses dados não possuírem uma distribuição normal (Gianola e Foulley, 1983).

Desenvolvido por Thomas Bayes (1763), os métodos bayesianos foram baseados no Teorema de Bayes, que visa descrever a incerteza sobre o verdadeiro valor de alguns parâmetros, utilizando a probabilidade como uma medida de incerteza (Broemeling, 1985 e Gelman et al., 2003). O teorema de Bayes é uma forma matemática de resumir toda a informação disponível sobre um determinado evento, com a finalidade de realizar a melhor decisão possível. A incerteza acerca dos parâmetros é expressa através de uma função densidade de probabilidade para estes parâmetros, dadas às observações.

O princípio Bayesiano consiste de informações referentes aos dados amostrais (função de verossimilhança), de um conhecimento prévio a respeito dos parâmetros (distribuição a priori) e, a partir destas duas informações, do cálculo de uma distribuição a posteriori dos parâmetros, na qual todas as decisões e inferências são realizadas (Gianola e Foulley, 1983).

Algumas características que possuem relevância econômica na produção animal apresentam distribuição descontínua podendo ser definidas com uma resposta positiva ou negativa. Segundo Falconer (1996), essas características parecem à princípio, fora da conjuntura da genética quantitativa. Entretanto, quando submetidas à análise genética, elas são encontradas como estando sob a influência de muitos genes, à semelhança das características métricas.

O conceito de limiar pode ser ilustrado por uma característica, cuja expressão visível pode tomar apenas duas formas, tais como vivo versus morto ou presente versus ausente. Indivíduos, cujos valores fenotípicos na escala base excedem o limiar, aparecerão numa classe visível, enquanto os indivíduos abaixo do limiar (threshold) aparecerão em outra. Limiar pode ser também definido como o momento em que os fatores genéticos e ambientais combinam suficientemente para os indivíduos exibirem o fenótipo (Sorensen et al., 1995; Wang et al., 1997).

A metodologia desenvolvida por Gianola & Foulley (1983) é uma aproximação Bayesiana que envolve o cálculo da moda do logaritmo de uma distribuição posterior (combinação da distribuição a priori e da verossimilhança). Equações similares foram obtidas

por Harville & Mee (1984), para um modelo misto, que prediz o valor de uma variável discreta ordenada. Este método também se baseia em um modelo de limiar, que supõe que o valor observado é determinado pelo valor de uma variável subjacente não observável, contínua e que pode ajustar-se a um modelo linear. Para as análises bicaracterísticas que envolvem variáveis categóricas e contínuas, de acordo com o enfoque bayesiano, admiti-se que as distribuições iniciais dos efeitos aleatórios genéticos, não correlacionados e residuais, seguem distribuição normal multivariada.

No modelo de limiar, assume-se como distribuição normal, a variável não observável, que é subjacente para a variável discreta, sendo que a conexão da variável discreta com a escala subjacente contínua é conseguida por um conjunto de limiares fixos. Desta forma, a variável subjacente é descrita pelo modelo linear, mas a relação da subjacente com a escala observada é não linear, caracterizando o modelo de limiar (Gianola & Foulley, 1983). Estes proporcionam estimativas de parâmetros genéticos mais adequados, uma vez que relacionam a resposta observada na escala categórica com uma escala subjacente normal contínua.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSEN, P. K.; GILL, R. D. Cox's Regression model for counting processes: a large sample study. *The Annals of Statistics*, v.10, p.1100-1120, 1982.

BALDY REY, F. S.; ALENCAR, M. M.; FREITAS, A. R.; BARBOSA, R. T. Parâmetros genéticos para características de tamanho e condição corporal, eficiência reprodutiva e longevidade em fêmeas da raça Canchim. *R. Bras. Zootec.*, v.37, p.247-253, 2008.

BARRÓN-BRAVO, O.G., GUTIÉRREZ-CHÁVEZ, A.J., ÁNGEL-SAHAGÚN, C.A. et al. Losses in milk yield, fat and protein contents according to different levels of somatic cell count in dairy goats. *Small Rumin. Res.* v. 113, p. 421–431, 2013.

BOETTCHER, P.J.; JAIRATH, L.K.; KOOTS, K.R.; DEKKERS, J.C.M. Effects of Interactions between type and milk production on survival traits of Canadian Holsteins. *J Dairy Sci.*, v.80, p.2984–2995, 1997.

BORGES, C. H. P. Goat milk production costs in the southeastern region of Brazil. In: II Simpósio Internacional sobre Caprinos e Ovinos de Corte, I Simpósio Internacional sobre o Agronegócio da Caprinocultura Leiteira, 29/09 a 03/10 de 2003 – João Pessoa – PB – Brasil, 2003.

BROEMELING, L.D. Bayesian Analysis of Linear Models. [s.n]. New York: Marcel Dekker, 1985, 451p.

BUZANSKAS, M.E.; GROSSI, D.A.; BALDI, F. et al. Genetic associations between stayability and reproductive and growth traits in Canchim beef cattle. *Livest. Sci.*, v.132, p.107-112, 2010.

CABRAL, A.J. Custo de produção do leite de cabra no contexto da agricultura familiar. Dissertação (Mestrado em Produção Animal)- Centro de Ciências e Tecnologias Aprovecuárias - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Compo dos Goytacazes, 2006.

CAETANO, S.L.; ROSA, G.J.M.; SAVEGNAGO, R.P. et al. Characterization of the variable cow's age at last calving as a measurement of longevity by using the Kaplan-Meier estimator and the Cox model. *Animal*, v.7, p.540-546, 2013.

CAMPOS, R. V. COBUCCI, J. A.; COSTA, C. N.; NETO, J. B. et al. Genetic parameters for type traits in Holstein cows in Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.41, n.10, p.2150-2161, 2012.

CARAVIELLO, D.Z.; WEIGEL, K.A.; GIANOLA, D. Analyse of the relationship between types traits, inbreeding, and functional survival in Jersey cattle using a Weibull proportional hazards model. *J Dairy Sci.*, v.87, p.3062-3070, 2003.

CASTAÑEDA-BUSTO, V.J.; MONTALDO, H.H.; TORRES-HERNANDEZ, G. et al. Estimation of genetic parameters for productive life, reproduction, and milk-production traits in US dairy goats. *J Dairy Sci.*, v.97, p.2462–2473, 2014.

CASTAÑEDA-BUSTOS, V.J., MONTALDO, H.H., VALENCIA-POSADAS M. et al. Linear and nonlinear genetic relationships between type traits and productive life in US dairy goats. *J. Dairy Sci.* v. 100, p. 1232–1245, 2017.

COLOSIMO, E.A.; GIOLO, S.R. *Análise de Sobrevivência Aplicada*. São Paulo: Edgard Blücher, 2006. 369p.

COLTON, T. *Statistical in Medicine*. Padova: Piccin Editore, 1979.

COX, D.R. Regression models and life-tables (with discussion). *J R Stat Soc., Series B*, Oxford, v.34, p.187-220, 1972.

COX, D.R. Partial likelihood. *Biometrika*, Oxford, v.62, p.269-276, 1975.

COX, D. R.; OAKES, D. *Analysis of survival data*. Chapman and Hall, London, Uk, 1984. 208p.

DE VRIES, A.; OLSON, J.D.; PINEDO, P.J. Reproductive risk factors for culling and productive life in large dairy herds in the eastern United States between 2001 and 2006. *J Dairy Sci.*, v.93, p.613–623, 2010.

DEKKERS, J.C.M.; JAIRATH, L.K.; LAWRENCE, B.H. Relationships between sire genetic evaluations for conformation and functional herd life of daughters. *J Dairy Sci.*, v.77, p.844–854, 1994.



DIAS, A. S. C. Estudo das características produtivas e de permanência em um rebanho de bovinos da raça Caracu. 1997. 65f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

DOUHARD, F.; TICHIT, M.; AMER, P.R. et al. Synergy between selection for production and longevity and the use of extended lactation: Insights from a resource allocation model in a dairy goat herd. *J. Anim. Sci.*, v.92, p.5251–5266, 2014.

DUCROCQ, V. An analysis of length of productive life in dairy cattle. 1987. PhD Diss. Cornell Univ., Ithaca, NY.

DUCROCQ, V. Survival analysis, a statistical tool for longevity data. Proc. 48th Annual Meeting of EAAP, Vienna, Austria. EAAP, Rome, Italy, 1997.

FACÓ, O., LÔBO, R.N.B., GOUVEIA, A.M.G. et al. Breeding plan for commercial dairy goat production systems in southern Brazil. *Small Rumin. Res.*, v. 98, p. 164–169, 2011.

FALCONER, D.S.; MACKAY, T.F.C. Introduction to Quantitative Genetics. Pearson Education, Harlow, UK. Finland E. (1979) The effect of selection on additive genetic parameters. *Z. Tierzucht. Zuechtungsbiol.*, v. 96, p.120–134, 1996.

FERREIRA, T.A.; PEREIRA, I.G.; GOUVEIA, A.M.G. et al. Avaliação genética de caprinos da raça Saanen nascidos no Brasil de 1979 a 2009. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.66, p.1279-1288, 2014.

FIGUEIREDO, G. Estimativas de herdabilidade da característica habilidade de permanência (“stayability”) em rebanhos bovinos da Raça Caracu. 2004.77f. Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária – UNESP, Campus de Jaboticabal para graduação em zootecnia, Jaboticabal, 2004.

GETACHEWA, T., GIZAWC, S., WURZINGER, M. et al. Survival analysis of genetic and non-genetic factors influencing ewe longevity and lamb survival of Ethiopian sheep breeds. *Livest. Sci.*, v.176, p. 22–32, 2015.

GELMAN, A.; CARLIN, J. B.; STERN, H. S.; et al. Bayesian Data Analysis, 3.ed. New York: Chapman & Hall/CRC, 2003. 666p.

GIANLORENCO, V.K.; ALENCAR, M.M.; TORAL, F.L.B. Herdabilidades e correlações genéticas de características de machos e fêmeas, em um rebanho bovino da raça Canchim. *R. Bras. Zootec.*, v.32, p.1587-1593, 2003.

GIANOLA, D., FOULLEY, J.L. Sire evaluation for ordered categorical data with a threshold model. *Genetics Selection Evolution*, v.15, n.2, p.201–224. 1983.

GODDARD, M.G.; SMITH, C. Optimum number of bull sires in dairy cattle breeding. *J Dairy Sci.*, v.73, p.1113-1122, 1990.

GONÇALVES, A.L., LANA, R.P.; VIEIRA; R.A. M. et al. Avaliação de sistemas de produção de caprinos leiteiros na região Sudeste do Brasil. *R. Bras. Zootec.* v.37, p. 366-376, 2008.

GRÖHN, Y. T.; EICKER, S. W.; DUCROCQ, V.; HERTL, J. A. The effect of disease on culling in New York State Holstein dairy cows. . *J. Dairy Sci.* v.81, p. 966–978, 1998.

HARVILLE, D.A.; MEE, R.W. A mixed model procedure for analyzing ordered categorical data. *Biometrics*, v.40, p.393-408. 1984.

HULTGREN, J.; SVENSSON, C. Heifer rearing conditions affect length of productive life in Swedish dairy cows. *Prev Vet Med.*, v.89, p. 255–264, 2009.

JAIRATH, L.; DEKKERS, J.C.M.; SCHAEFFER, L.R. et al. Genetic evaluation for herd life in Canada. *J Dairy Sci.*, v.81, p.550-562, 1998.

KALBFLEISCH, J. D.; PRENTICE, R. L. The statistical analysis of failure time data. John Wiley and sons, New-York, USA, 1980. 336p.

KAPLAN, E. L.; MEIER, P. Non parametric estimation from incomplete observation. *J. Am. Stat. Assoc.*, v.53, p.457-481, 1958.

KERN, E.L., COBUCI, J.A., COSTA, C.N., MCMANUS, C.M. Factor Analysis of Linear Type Traits and Their Relation with Longevity in Brazilian Holstein Cattle. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* v. 27, p. 784-790, 2014.

KERN, E.L., COBUCCI, J.A., COSTA, C.N. et al. Genetic association between herd survival and linear type traits in Holstein cows under tropical conditions. *Ital. J. Anim. Sci.* v.13, p.665-672, 2014b.

KERN, E.L.; COBUCCI, J.A.; COSTA, C.N. et al. Genetic association between longevity and linear type traits of Holstein cows. *Sci. agric.*, v.72, p.203-209, 2015.

KERN, E.L.; COBUCCI, J.A.; COSTA, C.N. et al. Survival analysis of productive life in Brazilian Holstein using a piece wise Weibull proportional hazard model. *Livest. Sci.*, v.185, p.89-96, 2016.

KLEINBAUM, D.G., 1995. *Survival Analysis: A Self-Learning Text*. New York: Springer.

KLEIN, J. P.; MOESCHBERGER, M. *Survival analysis*. Springer-Verlag, New-York, USA, 1997.

LAGROTTA, M. R.; E. RICARDO F.; VERNEQUE R. S. et al. Relação entre características morfológicas e produção de leite em vacas da raça Gir. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.45, p.423-429, 2010.

LARROQUE, H.; DUCROCQ, V. Relationships between type and longevity in the Holstein breed. *Genet Select Evol.*, v.33, p.39–59, 2001.

LAWLESS, J.F. *Statistical Models and Methods for Lifetime Data*. John Wiley and Sons, New York, New York, 1982. 552p.

LEE, E.T. *Statistical Methods for Survival Data Analysis*. 2<sup>nd</sup> Ed. New York: John Wiley & Sons, 1992.

LUO, M.F.; WIGGANS, G.R.; HUBBARD, S.M. Variance component estimation and multi-trait genetic evaluation for type traits of dairy goats. *J. Dairy Sci.*, v.80, p.594–600, 1997.

LÔBO, A. M. B. O. et al. Programa de Melhoramento Genético de Caprinos Leiteiros Capragene®, 2º sumário de avaliação genética, 1º sumário de avaliação genética genômica raça Saanen – Ano 2017 / – Brasília, DF : Embrapa, 2017. 39 p. : il. Color. ; 21 cm x 28 cm.

MADGWICK, P.A.; GODDARD, M.E. Genetic and Phenotypic Parameters of Longevity in Australian Dairy Cattle. *J. Anim. Sci.*, v.72, p.2624-2632, 1989.

MALHER, X.; SEEGER, H.; BEAUDEAU, F. Culling and mortality in large dairy goats managed under intensive conditions in western France. *Livest. Prod. Sci.* v.71, p. 75–86, 2001.

MARCONDES, C.R.; PANETO, J.C.C.; SILVA, J.A. et al. Comparação entre análise para permanência no rebanho de vacas Nelore utilizando modelo linear e modelo de limiar. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.57, p.234-240, 2005.

MARTINEZ, G.E.; KOCH, R.M.; CUNDIFF, L.V. et al. Genetic parameters for stayability, stayability at calving, and stayability at weaning to specified ages for Hereford cows. *J. Anim. Sci.*, v.83, p.2043-2042, 2005.

MARTINEZ, G.E.; KOCH, R.M.; CUNDIFF, L.V.; GREGORY, K.E.; VAN VLECK, L.D. Genetic parameters for six measures of length of productive life and three measures of lifetime production by 6 year after first calving for Hereford cows. *J. Anim. Sci.*, v.82, p.1912-1918, 2004.

McCORNELL, C.; LOMBARD, J.; WAGNER, B. et al. Herd factors associated with dairy cow mortality. *Animal*, v.9, p.1-7, 2015.

MCLAREN A.; MUCHA S.; MRODE R.; COFFEY M.; CONINGTON J. Genetic parameters of linear conformation type traits and their relationship with milk yield throughout lactation in mixed-breed dairy goats. *J. Dairy Sci.*, v.99, p.5516–5525, 2016.

MELLENDEZ, P.; PINEDO, P. The association between reproductive performance and milk yield in Chilean Holstein cattle. *J. Dairy Sci.*, v.90, p.184–192, 2007.

MEYER, K.; BROTHERSTONE, S.; EDWARDS M.R.; HILL W.G. Inheritance of linear type traits in dairy cattle and correlations with milk production. *Anim. Product.*, v.44, p.1–10, 1987.

PARNELL, P. Balancing growth, carcass and fertility in your breeding program. In: THE ANNUAL FEEDER STEER SCHOOL, 5, 2000. Armidale. Proceedings... Armidale: 2000, p.90-96.

PÉREZ-RAZO, M.; SÁNCHEZ, F.; TORRES-HERNÁNDEZ, G. Risk factors associated with dairy goats stayability. *Livest. Prod. Sci.*, v.89, p.139–146, 2004.

PRITCHARD, T.; COFFEY, M.; MRODE, R.; WALL, E. Understanding the genetics of survival in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, v.96, p.3296–3309, 2013.

QUEIROZ, S.A.; MCALLISTER, A.J. Avaliação do tipo de descarte de vacas sobre a rentabilidade de rebanhos leiteiros no estado de Kentucky. *R. Bras. Zootec.*, v.72, p.3765-3770, 2002.

QUEIROZ, S.A.; FIGUEIREDO, G.; SILVA, J.A.V. et al., Estimativas de parâmetros genéticos da habilidade de permanência aos 48, 60 e 72 meses de idade em vacas da raça Caracu. *R. Bras. Zootec.*, v.36, p.1316-1323, 2007.

RABOISSON, D.; CAHUZAC, E.; SANS, P.; ALLAIRE, G. Herd-level and contextual factors influencing dairy cow mortality in France in 2005 and 2006. *J Dairy Sci.*, v. 94, p.1790–1803, 2011.

RIBEIRO, A. C. Avaliação genético-econômica de rebanho da raça Holandesa. 2001. 125p. Tese (Doutorado em Produção Animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

RIBEIRO, A. C.; MCALLISTER, A. J. QUEIROZ, S. A. Efeito das Taxas de Descarte sobre Medidas Econômicas de Vacas Leiteiras em Kentucky. *R. Bras. Zootec.*, v.32, p.1737-1746, 2003 (Supl. 1).

ROBERTSON, A.; RENDEL, J.M. Estimation of genetic gain in milk yield by selection in a closed herd of dairy cattle. *J Genet.*, v.50, p.1–8, 1950.

ROXSTROM, A.; DUCROCQ, V.; STRANDBERG, E. Survival analysis of longevity in dairy cattle on a lactation basis. *Genet Select Evol.*, v.35, p.305-318, 2003.

SCHAEFFER, G.B.; VINSON, W.E.; PEARSON, R.E. et al. Genetic and phenotypic relationships among type traits scored linearly in Holsteins. *J Dairy Sci.*, v. 68, p. 2984–2988, 1985.

SCHNEIDER, M.P.; CANAVESI, F.; SAMORE, A.B. Genetic evaluation for functional herd life in Italian Holstein. IN: 51TH ANNUAL MEETING OF EAAP, Den Haag (Book abstract) 6:34, 2000.

SEWALEM, A.; KISTEMAKER, G. Genetic evaluation of herd life in Canadian dairy cattle. Technical Report to the Genetic Evaluation Board, 2003.

SEWALEM, A.; KISTEMAKER G.J.; DUCROCQ V.; VAN DOORMAAL B.J. Genetic analysis of herd life in Canadian dairy cattle on a lactation basis using a Weibull proportional hazards model. *J Dairy Sci.*, v.88, p.368-375, 2005.

SEWALEM, A.; MIGLIOR, F.; KISTEMAKER, G.F. Analysis of the relationship between work ability trait and functional longevity in Canadian dairy breeds. *J Dairy Sci.*, v.93, p.4359-4365, 2010.

SHORT, T.H.; LAWLAOR, T.J. Genetic parameters of conformation traits, milk yield, and herd life in holsteins. *J. Anim. Sci.*, v.75, p.1987-1998, 1992.

SILVA, J.A.V. Análise genética da habilidade de permanência em fêmeas da raça Nelore. 2001. 43f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SILVA, J.A.V.; ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.S.; OLIVEIRA, H.N. Análise genética da habilidade de permanência em fêmeas da raça Nelore. *R. Bras. Zootec.*, v.32, p.598-604, 2003.

SMITH, S.P.; QUAAS. R.L. Productive life span of bull progeny groups: Failure time analysis. *J Dairy Sci.*, v.67, p.2999–3007, 1984.

SORENSEN, D.A. et al. Bayesian inference in threshold models using Gibbs sampling. *Gent. Sel. Evol.*, Paris, v.27, p.229-249, 1995.

SZKLO, M.; NIETO, F.J., *Epidemiology: Beyond the Basics*. 2000. Annapolis: Aspen Publishers.

TEIXEIRA, N.M.; FERREIRA, W.J.; TORRES, R.A.; BARRA, R.B. Parâmetros genéticos para características de longevidade de vacas da raça Holandesa no Estado de Minas Gerais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria, Anais... Santa Maria: SBZ, 2003. CD-ROM.

TORRERO, G. Y. Estimación de covarianzas para características de longevidad y producción en cabras. *MS Thesis*. Universidad de Guanajuato, Irapuato, Gto. México, 2010.

VACEK, M.; ŠTÍPKOVÁ, E.; J. BOUŠKA, J. Relationships between conformation traits and longevity of Holstein cows in the Czech Republic. *Czech J Anim Sci.*, v.51, p.327-333, 2006.

VALENCIA-POSADAS, M.; TORRERO-GARZA, Y.; VICENCIO-REYES, C.V. Relaciones fenotípicas entre características de conformación con la habilidad de permanencia a los 36 meses en cabras Alpinas. *Acta Univ.* v. 20, p. 40-44, 2010.

VALENCIA-POSADAS, M.; TORRERO-GARZAB, Y.; TORRES-VÁZQUEZCET, J.A. et al. Genetic parameters for functional stayability to 24 and 36 months of age and first lactation milk yield in dairy goats. *Small Rumin.Res.*, v.149, p.209–213, 2017.

VAN ARENDONK, J.A.M. Economic importance and possibilities for improvement of dairy cows herd life. In: WORLD CONGRESS OF GENETIC APPLIED T LIVESTOCK PRODUCTION, 3, 1996, Lincoln. Proceedings...Lincoln, 1996.p.95-100.

VAN PELT, M.L.; VEERKAMP, R.F. Genetic Analysis of Longevity in Dutch Dairy Cattle using Random Regression. IN: WORLD CONGRESS OF GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 10, Vancouver, British Columbia, Canada, 17–22 August 2014.

VANRADEN, P.M.; KLAASKATE, E.J.H. Genetic evaluation of length of productive life including predicted longevity of live cows. *J Dairy Sci.*, v.76, p.2758-2764, 1993.

VOLLEMA, A.R.; GROEN, F.A. Genetic correlations between longevity and conformation traits in an upgrading dairy cattle population. *J. Dairy Sci.* v. 80, p. 3006–3014, 1997.

VOLLEMA, A.R.; VAN DER BEEK, S.; HARBERS, A.G.F.; DE JONG, G. Genetic evaluation for longevity of Dutch dairy bulls. *J Dairy Sci.*, v.83, p.2629–2639, 2000.

VUKASINOVIC, N.; SCHLEPPI, Y.; KUNZI, N. Using conformation traits to improve reliability of genetic evaluation for herd life based on survival analysis. *J Dairy Sci.*, v.85, p.1556–1562, 2002.

YAKUBU, A.; SALAKO, A. E.; IMUMORIN I.G. Comparative multivariate analysis of biometric traits of West African Dwarf and Red Sokoto goats. *Trop. Anim. Health. Prod.* V.43, p. 561–566, 2011.

WANG, C.S. et al. Bayesian analysis of calving ease score and birth weight. *Genet. Sel. Evol.*, Paris, v.29, p.117-143, 1997.

WEIGEL, K.A.; LAWLOR, T.J.; VANRADEN, P.M.; WINGGANS, G.R. Use of linear type and production data to supplement early predicted transmitting abilities for productive life. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.2040–2044, 1998.

WINGGANS, G. R.; GENGLER, N.; WRIGHT, J.R. Type trait covariance components for five dairy breeds. *J Dairy Sci.*, v.87, p.2324–2330, 2004.

ZAVADILOVÁ, L.; NEMCOVÁ, E.; ŠTÍPKOVÁ, M. et al. Relationships between longevity and conformation traits in Czech Fleckvieh cows. *Czech. J. Anim. Sci.*, v.54, p.387–394, 2009.

ZAVADILOVÁ, L.; NEMCOVÁ, E.; ŠTÍPKOVÁ, M. Effect of type traits on functional longevity of Czech Holstein cows estimated from a Cox proportional hazards model. *J. Dairy Sci.*, v.94, p.4090–4099, 2011.



## 4. Capítulo 1 -Proportional hazard models associated with the survival of in a tropical environment dairy goats

### Abstract

**Context:** To keep the most productive females in the herd as long as possible, increasing their functional life can result in a reduction of replacement costs because of the better utilisation of the animal in the system.

**Aims:** Evaluate the influence of morphometric and type traits on the ability to stay in the herd (stayability) of an exotic dairy goat breed in a tropical climate.

**Methods:** The data utilised in the study had information about 1,439 Saanen dairy goats, born between 2000 and 2015, from 17 herds. Stayability until dairy goats reached 28 months of age (STAY28) was defined as a response variable. If the difference were greater than 28 months, we considered that the nanny goat failed and its record was not censored (C=1). On the other hand, dairy goats kept in the herd for less than 28 months had their records censored (C=0), once we considered that she still would kid. Nanny goats sold to other farmers were considered censored. Information regarding birth year, birth season, herd, six morphometric traits, and 12 scored visual appraisal traits were evaluated. The Cox proportional hazard rate, and the Kaplan-Meier models were fitted to analyse the data.

**Key results:** The birth year, body length, rump width, feet and legs soundness, udder, and teat conformation. These results indicate that for each birth year, body length, and rump width added to STAY28 reductions of 4, 2 and 5% are observed on the nanny risk of failure in the herd, respectively. Birth year, body length, rump width, feet and legs soundness, udder, and teat conformation had a significant effect in the survival of the leatiera goats for at least 28 months in the herd. Nanny goats with great scores for traits related to the mammary system were prematurely culled from the herd.

**Conclusions:** The measure of survival up to the age of 28 months of Saanen goats in a tropical environment can be used as a selection criterion, since it is effective to detect early how and what morphometric and type traits will influence the permanence of the animals.

**Implications:** These traits should be considered in breeding programmes to obtain nanny goats that would stay longer and more productive in the herd.

**Additional keywords:** conformation traits; longevity; small ruminant; survival analysis.

#### 4.1. Introduction

The functionality of an animal in a herd is defined as its capacity to stay healthy and productive, regardless of its level of production (Ducrocq 1987). In dairy production systems, it is interesting to keep the most productive females as long as possible, while it is profitable and healthy. Thus, studies evaluating the length that animals stay in herds (longevity or stayability) are being developed to identify those that will remain longer and producing more.

The increase in the functional life of females can result in a decrease in the replacement costs because of the better utilisation of the animal in the system. The association of longevity and profitability increases the importance of that trait to dairy production systems (Galeazzi et al. 2010; Sewalem et al. 2010). The criteria for dairy cow culling are based on milk production, pregnancy, lactation stage, age, health and animal conformation (Ducrocq et al. 1988). For dairy goats, the same criteria are utilised, thus, quantifying and determining how these factors influence the stayability of dairy goats in herds are extremely relevant. In these cases, the survival analysis methodology is indicated.

Survival analysis using proportional hazard rate models may provide useful information for stayability studies. These analyses allow the use of non-normal distributions and censored data, that is, those which the end of the event may be unknown (Colosimo and Giolo 2006).

Morphometric and type traits in goats are frequently collected during the first lactation. These variables were widely utilised as selection criteria in dairy cows (Boettcher et al. 1997; Vollema et al. 2000; Larroque and Ducrocq 2001; Sewalem et al. 2005). The advantage of using these traits as selection criteria is related with the easiness of measurement after the first parturition and because are associated with animal stayability, especially those related to the udder and animal size such as body depth and chest width.

The use of stayability in selection programmes has been highlighted because allows the reduction of non-productive females in the herd. In this manner, the stayability in survival analyses allows predicting how long the animal will remain productive in a certain herd, besides knowing the factors that affect this permanence. Considering the above mentioned, the objective was to evaluate the ability of a nanny goat reared in the tropics to stay in the herd (stayability) until reaching 28 months of age, and the effects of morphometric and of type traits as environmental covariables in survival in Saanen dairy goats.

## 4.2. Materials and methods

### 4.2.1. Data

Institutional animal care and use committee approval was not requested for the present study because data were provided by the Association of Goats and Sheep Breeders of Minas Gerais ('Associação dos Criadores de Caprinos e Ovinos de Minas Gerais'; ACCOMIG), a subdelegate branch of the Brazilian Association of Goats Breeders ('Associação Brasileira de Criadores de Caprinos'; ABCC), from an existing database. The dataset had records of 1,439 Saanen dairy goats from 17 different herds, born between 2000 and beginning of 2015, with a definitive genealogical record, in this way all females had the same opportunity to be observed and the same chances of presenting at least 2 births at 28 months of age. Nanny goats were kept in the herd at least for two years, in confinement facilities, and weaned at approximately seven months of age. These dairy goats were subjected to artificial insemination or controlled natural mating.

The database had information regarding birth year, birth season (1: March; 2: April; 3: May to July; and 4: August to February), herd, morphometric and type traits. The measurement and recording of the morphometric and type traits were performed after the first kidding by technicians accredited by ACCOMIG. The type evaluations are carried out obligatorily for the registration of the animals, a practice approved by the Brazilian Ministry of Agriculture, Livestock and Supply. Thoracic perimeter, body length, withers height, rump height, rump width, and rump length were considered as morphometric traits (all registered in centimetres); and type traits (determined by score) were breed conformation (0 to 5 scale), head (0 to 5 scale), shoulders and top line (0 to 8 scale), feet and legs soundness (0 to 12 scale), dairy type (0 to 20 scale), body capacity (0 to 20 scale), udder (0 to 10 scale); rear (0 to 5 scale) and front (0 to 6 scale) udder ligaments, udder texture (0 to 4 scale), teats conformation (0 to 4 scale), and final score (0 to 100 scale). Only animals with all these parameters were considered in the analyses. Data organisation and analyses were performed using the SAS (version 9.1; SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) statistical programme.

The ability of a nanny goat to stay in the herd from birth until 28 months of age (STAY28) was considered as responsible variable in the analyses. The STAY28 was adopted as censorship criterion. The 28 months of age were defined according to the lactation curve of dairy goats. Up to 28 months of age, the goats will be at the maximum beginning their third lactation, since for the species under study the age at first calving varies between 12 and 15

months and the interval between calving is eight months (Sarmiento et al. 2003; Gonçalves et al., 2008). Until the third lactation, the milk production of the goats remains high, falling sharply from the fourth lactation (Cabrita, 2013; Arnal et al., 2018). If this variable was greater than 28 months, we considered that the nanny goat failed or did not reach the minimum observation period during the evaluation and its registry was not censored ( $C=1$ ). On the other hand, dairy goats that stayed for at least 28 months in the herd had their registry censored ( $C=0$ ), that is, they did not have their observation completed in the study since it was considered that the nanny would kid in the future. Nanny goats sold to other producers were also considered censored; when the exact slaughtering date was missing, the last registered kidding date was utilised as the slaughtering date of birth in the farm of origin, females with more than 2550 days of age or 7 years or 85 months of age were also censored. The descriptive statistic of the database is presented in Table 1.

**Table 1.** Descriptive statistics for the analysed variables in censored (C = 0) and uncensored (C = 1) data, of Saanen dairy goats reared in the tropics to stay in the herd (stayability) until reaching 28 months of age

Item	C=0					C=1				
	N	$\bar{X}$	S.D.	Minimum	Maximum	N	$\bar{X}$	S.D.	Minimum	Maximum
<b>Withers height(cm)</b>	235	75.19	4.03	65.00	86.00	1204	74.39	4.80	61.00	104.00
<b>Thoracic perimeter(cm)</b>	235	85.99	6.35	71.00	104.00	1204	88.21	6.72	65.00	115.00
<b>Body length(cm)</b>	235	77.85	5.77	64.00	98.00	1204	78.32	6.33	58.00	107.00
<b>Rump height(cm)</b>	235	74.55	4.31	62.50	92.00	1204	73.87	4.60	62.00	108.00
<b>Rump width(cm)</b>	235	19.39	4.51	9.00	37.00	1204	17.86	4.16	8.00	30.00
<b>Rump length(cm)</b>	235	22.81	3.13	12.00	29.00	1204	23.46	2.59	10.00	30.00
<b>Breed conformation</b>	235	4.96	0.23	3.00	5.00	1204	4.93	0.29	3.00	5.00
<b>Head(pt)</b>	235	4.94	0.25	3.00	5.00	1204	4.91	0.34	2.00	5.00
<b>Shoulders and top line(pt)</b>	235	6.26	0.80	4.00	8.00	1204	6.40	0.86	4.00	8.00
<b>Feet and legs soundness(pt)</b>	235	9.25	1.15	6.00	12.00	1204	9.11	1.22	2.00	12.00
<b>Dairy type (pt)</b>	235	16.10	1.88	11.00	20.00	1204	16.54	1.55	10.00	20.00
<b>Body capacity (pt)</b>	235	16.25	1.59	12.00	20.00	1204	16.36	1.68	9.00	20.00
<b>Udder (pt)</b>	235	6.65	1.46	1.00	10.00	1204	6.90	1.25	1.00	10.00
<b>Rear udder ligament(pt)</b>	235	3.61	1.30	1.00	5.00	1204	4.15	0.96	1.00	5.00
<b>Front udder ligament (pt)</b>	235	3.33	1.24	1.00	6.00	1204	3.90	1.09	1.00	6.00
<b>Udder texture (pt)</b>	235	3.52	1.14	1.00	5.00	1204	4.07	0.97	1.00	5.00
<b>Teats conformation (pt)</b>	235	2.67	0.82	1.00	4.00	1204	2.83	0.80	1.00	4.00
<b>Final score (pt)</b>	235	77.38	7.61	60.00	97.00	1204	80.13	6.68	60.00	98.00

n = number of observations;  $\bar{X}$  = average; s.d. = standard deviation; cm = value of the variable in centimeter; pt= value of the variable in points.

#### 4.2.2. Cox model analysis

Stayability of nanny goats in the herd was evaluated by survival analysis, using the Cox's proportional hazard model (Cox 1972). All independent variables in the model were treated as covariates to evaluate the covariates in a parametric context (Colosimo and Giolo 2006). The Cox model can be described as:

$$\lambda(t|x) = \lambda_0(t) \times \exp\{\beta x\}$$

in which  $\lambda(t)$  is the hazard function for a nanny to fail;  $t$  is the time of permanence of the nanny in the herd;  $\lambda_0(t)$  is the baseline hazard function that represents the aging process related to the survival time;  $\beta$  is a vector of unknown parameters; and  $x$  is the vector of covariables. The regression coefficients ( $\beta$ ), estimated by the model, can be interpreted as an effect that accelerates ( $\beta > 0$ ) or slows down ( $\beta < 0$ ) the hazard function. A covariate selection strategy was adopted and only the effects that were statistically significant ( $P < 0.05$ ) by the Wald (1939) test were kept in the model.

The proportional hazard model analyses were performed using the Survival package of the R software (R Development Core Team 2014). The model fitness was evaluated through the Cox-Snell residuals (Cox-Snell 1968), which allowed verifying if no violation of the adjusted model occurred.

The relationships between STAY28 and birth year, birth season, herd, morphometric, and type traits were expressed as hazard rate ratio (HRR), defined as the ratio between the estimated likelihood of a nanny goat be culled from the herd or the last parturition in the herd per goat that survived, keeping the other covariables. The covariates selected to be included in the model were defined on the stepwise methods, through a model selection strategy derived from the methodology described by Collet (2003).

#### 4.2.3. Kaplan-Meier analysis

The Kaplan-Meier is an estimator that can be used to estimate the survival function ( $\hat{S}(t)$ ) from the hazard function estimated by the Cox model ( $\hat{\lambda}(t)$ ; Kaplan and Meier, 1958).

This method allows evaluating the rate at which failure event occurs in the different studied groups, since it calculates the survival each time that a failure occurs.

The Kaplan-Meier estimator can be defined as:

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

in which  $t_1 < t < t_k$ , assuming that there are  $k$  distinct times of herd permanence with  $t_1 < t_2 < \dots < t_k$ ;  $d_j$  is the number of dairy goats that failed at  $t_j$ , in which  $j=1, \dots, k$ ; and  $n_j$  is the number of dairy goats present at hazard at  $t_j$  (i.e., dairy goats that did not fail or have not been censored before the time  $t_j$ ; if the censure occurred exactly at  $t_j$ , dairy goats were at hazard at  $t_j$ ).

The Kaplan-Meier estimator was used to plot the survival function, considering only significant covariates ( $P < 0.05$ ) by the Wald (1939) test. For type covariates, nanny goats were grouped into four categories for each variable, according to their score. This grouping was performed according to the Official Regulation of the Genealogical Registry of Goats ('Regulamento Oficial do Serviço de Registro Genealógico de Caprinos') from the ABCC. In this system, the animal can be ranked as regular, good, great or excellent (Table 2). According to the breed pattern regarding type traits, morphometric measurements were also classified into four categories. For better graphic depiction, the covariate birth year was also divided into three groups, according to Facó et al. (2011): (1) animals that were born before the beginning of the official dairy control programme (from 2000 to 2005); (2) animals born after the beginning of the programme and the record of the first controlled lactations (from 2006 to 2010); and (3) animals born after the record of the other controlled lactations and the first summary of dairy goats (2011 to 2015). The classification into categories of the morphometric traits was performed by organising the sorting the observations in ascending order, considering the standard interval for each category. Then, each covariant was analysed individually regarding the nanny's length of stay in the herd. Data analyses using the Kaplan-Meier estimator were carried out using the Survival package of the R software (R Development Core Team, 2014).

**Table 2.** Descriptive statistics for significant ( $P < 0.05$ ) covariables to describe the ability of Saanen dairy goats reared in the tropics to stay in the herd (stayability) until reaching 28 months of age

Covariable	Regular					Good					Great					Excellent				
	n	$\bar{X}$	sd	Min	Max	n	$\bar{X}$	sd	Min	Max	n	$\bar{X}$	sd	Min	Max	n	$\bar{X}$	sd	Min	Max
<b>Body length</b>	148	67.80	2.08	58.00	70.00	805	76.06	2.71	71.00	80.00	460	84.49	2.85	81.00	91.00	26	95.23	3.81	92.00	107.00
<b>Rump width</b>	214	10.20	0.94	8.00	12.00	288	15.99	1.18	13.00	17.80	868	20.10	1.76	18.00	24.00	69	26.06	1.80	25.00	37.00
<b>Feet and legs soundness</b>	3	3.33	1.16	2.00	4.00	422	7.73	0.60	5.00	8.50	477	9.02	0.10	9.00	9.50	537	10.36	0.61	10.00	14.00
<b>Udder</b>	12	2.17	0.84	1.00	3.00	190	4.90	0.35	4.00	5.50	1089	6.97	0.78	6.00	8.00	148	8.99	0.29	8.50	10.00
<b>Teats conformation</b>	79	1.00	0	1.00	1.00	365	1.98	0.1	1.50	2.00	712	2.97	0.11	2.50	3.00	283	3.98	0.11	3.50	4.00

n = number of observations; sd= standard deviation.



### 4.3. Results

Nanny goats with censored stayability records represented 19.52% of the total database analysed (Table 1). The average of traits for censored data group did not differ from the uncensored group (Table 1), indicating that the censorship occurred homogeneously in the database.

The model analysed all covariates and weighted them according to their degree of influence on STAY28. The traits that influenced ( $P < 0.05$ ) STAY28 were birth year, body length, rump width, feet and legs soundness, udder and teat conformation (Table 3). An annual increase of 4% on the failure risk on STAY28 was observed, that is, younger animals have a decrease on the failure hazard of 4%. By means of the solutions of the regression coefficients of the significant morphometric covariates, we observed that the increase of one unit in body length and rump width leads to a reduction of 2 and 5%, respectively, in the failure hazard for STAY28 (Table 3). In practical terms, for these traits, the increase by one centimeter reduces the risk of the animal being culled from the herd by 2 and 5%, respectively. Conversely, feet and legs soundness and teat conformation, a 1-point increase lead to an increase of 7 and 15% in the failure hazard in STAY28, respectively. Udder was the only type trait that decreased the hazard of failure by 6%.

**Table 3.** Statistics obtained by the Cox model for the covariates used to explain the ability of Saanen dairy goats reared in the tropics to stay in the herd (stayability) until reaching 28 months of age and the corresponding hazard rate ratio (HRR) and their confidence intervals (CI) at 95%

Covariable	$\beta$	Standard error	<i>p-value</i>	HRR	CI95% (HRR)
Birth year	-0.039	0.0091	4.95e-06	0.96	0.95; 0.99
Body length	-0.016	0.0049	0.00152	0.98	0.98; 0.99
Rump width	-0.046	0.0085	8.98e-08	0.95	0.94; 0.97
Feet and legs soundness	0.068	0.0272	0.01213	1.07	1.02; 1.13
Udder	-0.059	0.0286	0.03773	0.94	0.89; 0.99
Teats conformation	0.145	0.0457	0.00152	1.15	1.06; 1.26

<sup>1</sup> $\beta$  is a vector of regression coefficients for fixed effects.

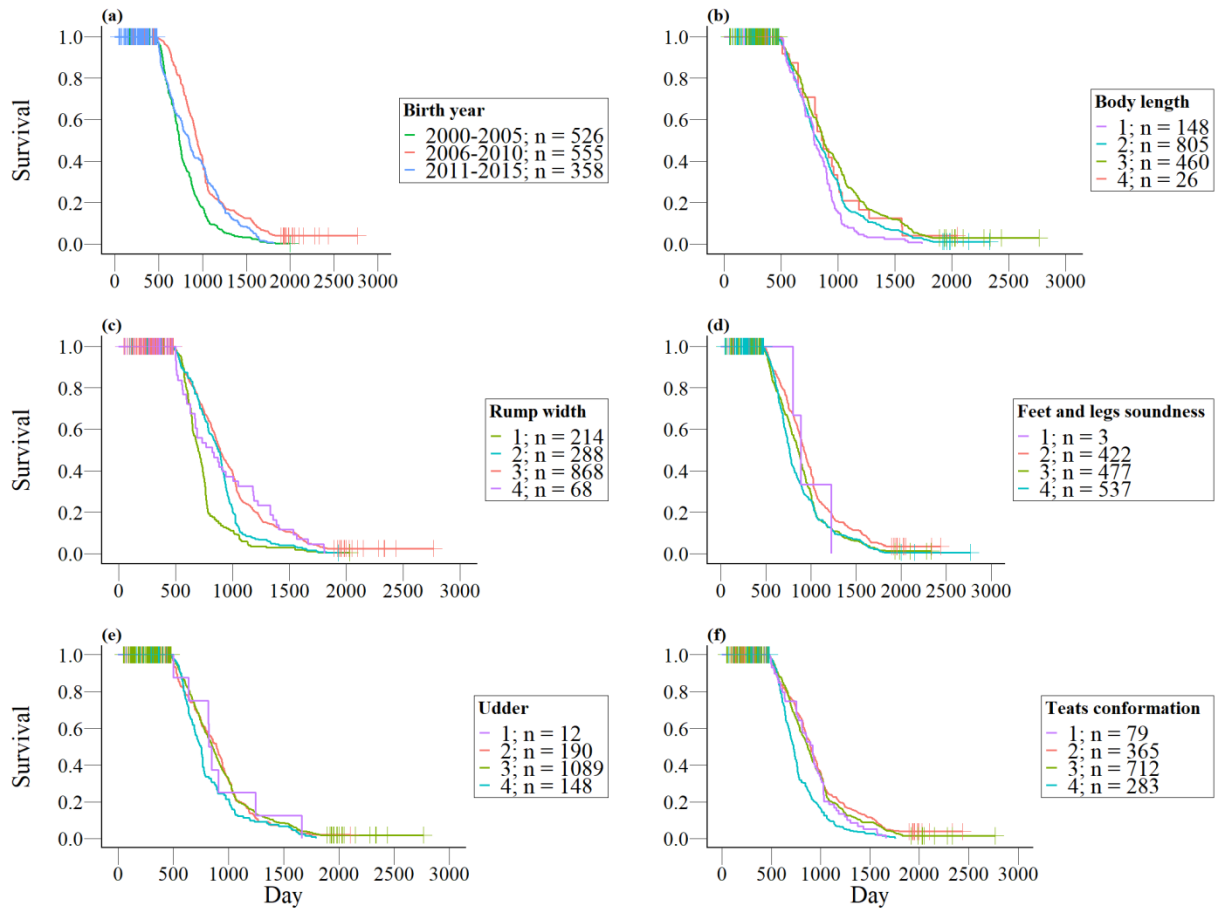
No violation ( $P > 0.05$ ) of the Cox's proportional hazard model was observed when testing each covariable that significantly affected the STAY28 (Table 4).

**Table 4.** Proportionality test of the failure hazard rates in the adjusted model

Covariable	$\rho(p)$	Chi-square	<i>P</i> -value
Birth year	-0.0350	1.457	0.23
Body length	-0.0220	0.647	0.42
Rump width	0.0388	1.879	0.17
Feet and legs soundness	-0.0424	2.149	0.14
Udder	0.0213	0.539	0.46
Teats conformation	-0.0125	0.191	0.66
GLOBAL <sup>1</sup>	-	6.712	0.35

<sup>1</sup> GLOBAL = model with the six adjusted covariables;  $\rho$ = sediment Schoenfeld.

Furthermore, no violation was observed when the model with six covariables was considered. The proportional contribution of each covariable that significantly influenced herd survival was evaluated for the occurrence of the failure, from the HRR obtained for each covariable. Teats conformation was the trait with the greatest effect on STAY28. Its contribution to the failure event was 7% greater than feet and legs soundness, 15% greater than body length, 17% greater than birth year and rump width, and 19% greater than udder. A decrease in the failure hazard was observed over the birth years in relation to STAY28 (Figure 1). Dairy goats from group 2 (born between 2006 and 2010) were more likely to continue breeding in the herd for approximately 2,500 days of age when compared with Dairy goats born in the previous years. For dairy goats born in 2013 onwards with a maximum time of 1,800 days of age (group 3), a sudden decrease in stayability was observed.



**Fig. 1.** Effect of birth year, body length, rump-width, feet and legs soundness, udder and teats conformation on the ability of dairy Saanen goats reared in the tropics to stay in the herd (stayability) until reaching 28 months of age (STAY28).

The behaviour of the survival functions regarding morphometric and type traits was obtained through the Kaplan-Meier estimators after the separation of the animals into categories according to their measurements or scores (Table 2 and Figures 1b, 1c, 1d, and 1e). Those covariables influenced the STAY28 distinctively. The difference observed in the behaviour of the curves between the different categories is not very expressive for body length (Figure 1b) and can be better visualised in dairy goats that remained in the herds for more than 1000 days. In these circumstances, dairy goats pertaining to groups good, great and excellent which in average were in the herd more than 1,800 days of age had greater chances of survival in the herds compared with dairy goats from group regular. Similar behaviour can be observed for rump width (Figure 1c), standing out groups great (1,800 days of age) and excellent (2,100 days of age). Regarding feet and legs soundness and udder (Figures 1d and 1e), groups good and great (2,000 days in average), which presented score values around the average score, showed the lowest failure hazard, increasing the hazard for goats that had very

high or low scores (maximum of 1,200 days of age) for these covariates. For teats conformation, analysing the survival curves, we observed that dairy goats presenting score excellent (1,700 days of age) were kept for less time in the herd (Figure 1f).

#### **4.4. Discussion**

The average values of morphometric and type traits observed in the present study is in agreement with the results previously reported (Valencia-Posadas et al. 2010; Ferreira et al. 2014), demonstrating that selection of animals is occurring to preserve the pattern of these traits. Morphometric and type traits have been used as an appropriate predictor in defining how long a cow stays in the herd (Vollema et al. 1997; Sewalem et al. 2010; Zavadilová et al. 2011; Kern et al. 2014a, 2014b, 2015). These variables are easily measured at the time of the inspection to obtain the definitive genealogical record of goats; thus, it is possible to use this information in a similar way of what is performed in survival studies using cattle. Extending the reproductive life of dairy goats in the herd may result in a reduction of culling rate and production costs, similar to dairy cattle (Boettcher et al. 1997; Perez-Cabal and Alenda 2002; Banga et al. 2014) the sooner a nanny starts to reproduce and if the pregnancy is successful, more goat kids will be produced in the herd and more milk produced at the end of the productive life.

Birth date and weight as well as the age and the month of occurrence of the first kidding affected the survival of Saanen goats, which presented the lowest survival when compared to other dairy breeds (Pérez-Razo et al. 2004). These researchers observed a maximum lifetime of four years and an average of 2.58 parturitions for Saanen goats. Valencia-Posadas et al. (2017), evaluating stayability in goats in the United States, reported that only 50% of goats reached 24 months of age. It is noteworthy to highlight that in the present study we choose to evaluate the effect of the traits on the stayability of Saanen goats until dairy goats reached 28 months of age.

The survival analysis is an interesting approach to study the length of permanence of the animals in a herd. The failure risk can also be evaluated by the survival functions behaviour. The Cox regression model is indicated for this statistical study. The results obtained by the adjusted Cox regression provided similar estimates to those found by Valencia-Posadas et al. (2010) for birth year and rump width (Table 3). These authors, evaluating the stayability up to 36 months of age of Saanen goats from the USA, reported a 2% decrease in the failure hazard for each year increase on birth year, but this effect was not

significant. For rump width, Valencia-Posadas et al. (2010) reported that this trait affected significantly the stayability on the herd, similarly of what was observed in the present study, that is, this variable has an expressive effect, increasing the length of stay of females in the herd, reducing the risk of discarding by 5% (Table 3).

When a negative coefficient ( $\beta < 0$ ) is found, the hazard function decrease, as verified for rump width (Table 3). It can be related with the correlation between this variable and the reproductive efficiency (Silva et al., 2015). Rump width has a low phenotypic correlation with the productive life at 72 months in dairy goats ( $0.13 \pm 0.01$ ; Castañeda-Bustos et al. 2017). Genetic correlations, however, were moderate to high, which can be explained by the fact that variables related to prolificacy and parturition easiness are related to increases in the productive lives of females in the herds (Castañeda-Bustos et al. 2017). In goat herds, twin kidding trait of females is often used as a selection criterion in breeding programmes because it is related to prolificacy. As well as rump width, other morphometric and type traits of dairy goats have been studied and are combined as selection criteria (Luo et al., 1997; Wiggans and Hubbard, 2001; Ferreira et al., 2014). The covariables associated with udder and teats conformation combined with milk production has shown significant genetic gains (Manfredi et al., 2001; Rupp et al., 2011). Selection of animals presenting great scores for traits that affect the hazard function in the herd could increase female culling.

Proportionally, teats conformation was the variable that most affected the failure hazard (1.15) of the dairy goats, while the udder, along with rump width and birth year influenced approximately 20% less on STAY28. However, it should be considered that teats conformation is in a certain way strongly associated with udder.

The association of the best scores for udder texture, udder itself, and teats conformation directly influence the decisions of voluntary culling of females and because of the increased likelihood of injuries and mastitis infection increases the involuntary discard in the herd; furthermore, that association has an influence on health during the lactation period which guarantees the quality of milk, and production efficiency (Sewalem et al., 2010; Zavadilová et al., 2011). Castañeda-Bustos et al. (2017) suggested selecting animals with intermediate to high values for udder intentionally to indirect select for longevity in dairy goats. The preference for dairy goats with intermediate scores for these traits was also demonstrated in the present study (Figure 1f); these dairy goats were the ones that stayed longer in the herd.

In the present study, observed nanny goats born before the beginning of the official dairy control programme (group 1) presented an less survival length with discard peak near 1000 days of age if compared with dairy goats born between 2006 and 2010 (group 2), which presented onset of discard after 1000 days of age. This period coincides with the consolidation of the Genetic Improvement Programme for Milk Goats (Capragene®) in Brazil (Facó et al. 2011). However, dairy goats born between 2012 and 2015 (group 3) stayed for less time in the herds, reflecting in the lower survival rates, 1500 days of age. This fact can be attributed to market opportunities during that time as selling dairy goats were favourable because of the great demand for high genetic potential animals. In addition, in 2014 (group 3; Figure 1a), the first Brazilian summary of dairy production and progeny testing of goats was published (Facó et al. 2014). In this year, the observed culling rates and the number of censored records on the database were greater than those of the previous years, which contributed for the observed behaviour of the survival function, because the animals had already been controlled and can then be sold, in addition to obtaining the genetic values of these animals allowing to increase voluntary rates of discard in the herd (Figure 1a).

Regarding morphometric and type traits, the survival of the animals was observed according to the category in which they were classified (Table 2). The preference for animals with increased body length and rump width scores (Great and Excellent), which reflects the higher survival rates observed for these groups (Figures 1b and 1c), happens possibly because of the correlation between these variables and the parturition easiness (Castañeda-Bustos et al. 2017) and their relation with the reduction of reproductive problems, because the association between ease of delivery and longevity are important to avoid occurrence of animals that will have reproductive problems. But these results expose a condition that deserves attention, because when the larger animals are selected to stay longer in the herd, the needs of keeping and production also increase and therefore the nutritional requirements of the goats (Seal and Reynolds, 1993; AFRC, 1998). In addition to this observation, females need a larger rump for larger animals and those with this morphometry are surviving more, being a reflection of an intense selection only for animals that produce high volumes of milk, since the elevation in the levels of production of milk also require udder and superior body structure to accommodate the size of the mammary gland that was selected for high production.

The decreased survival observed for dairy goats with higher udder and teats conformation scores is possibly because the selection based on the high milk production also directs the choice of animals with higher scores for udder and conformation of ceilings, since this is related to the good performance of milking on the farm, in front of this animals of high

dairy production, will be more susceptible to problems that affect the conformation of the teats and the mammary gland increasing the risk of early discard (Rump et al., 2011; McLaren et al., 2016). For the other traits evaluated in the present study, observed that dairy goats from group Regular were culled more frequently when compared to other groups (Good, Great and Excellent). However, for feet and legs soundness, the behaviour of the survival curve is questionable for group Regular (Figure 1d). This fact may have occurred because of the reduced number of dairy goats in this group (Table 2). The high weight that has been attributed to the milk production in the last years, leaving in the background the corporal capacity, can be the reason of the early discard of the animals of better scores for limbs and feet, since the milk production criterion is most relevant, that conformation of limbs is less important, since these animals are created confined and do not need to move to practice grazing. The daily food arrives directly to the trough by the handler, thus removed of herd the animal flock of good structures locomotives.

This scenario provides a suggestion for Brazilian association of goats, which reassesses the weights that are attributed to the type traits, so as to direct the focus also on structural variables and not only on milk aptitude.

It then prove that evaluations of the environmental, morphometric and type traits are beneficial and it is possible to understand the factors that affect the lives of dairy goats, allowing the voluntary discarding and reducing the involuntary discards besides prioritizing the selection. The morphometric measurements that are no longer measured by the Brazilian association of goats were significant in this work and bring important information about the animals that are stay in the system, and to maintain these measures is a way to progress coherently in the dairy goat.

#### **4.5. Conclusion**

The traits surviving up to 28 months of age Saanen goats in a tropical environment was efficient to detect early and what morphometric and type traits influenced the permanence of the animals and should be used in the selection of dairy goats.

It also evidenced the need to maintain the measurements of the variables as routine in the system of dairy goats. Body length, rump width and udder reduce the risk of discard and feet and legs soundness and teats conformation accelerate the risk of discard are related to the ability of Saanen dairy goats to stay in the herd until reaching 28 months of age and should be considered in the farm management. These traits (i.e., morphometric, type and environmental)

should be considered in breeding programmes to obtain dairy goats that would stay longer and more productive in the herd. Therefore, goat producers can obtain more revenue from their production systems.

### **Acknowledgements**

The authors thank the Association of Goats and Sheep Breeders of Minas Gerais ('Associação dos Criadores de Caprinos e Ovinos de Minas Gerais'; ACCOMIG) for ceding the data utilised in the present study. The authors also declare that this research did not receive any specific funding.

### **Conflict of interest**

The authors declare no conflicts of interest.

### **4.6. References**

- Arnal, m. Robert-granié, c. and Larroque, h. Diversity of dairy goat lactation curves in France. *J. Dairy Sci.* v. 10, p.1–12, 2018.
- Agricultural and Food Research Council – AFRC. The nutrition of goats. 1998, 116p.
- Banga CB, Naser FWC, Garrick DJ (2014) Breeding objectives for Holstein cattle in South Africa. *South African Journal of Animal Science* **44**, 199–214.
- Boettcher PJ, Jairath LK, Koots KR, Dekkers JCM (1997) Effects of interactions between type and milk production on survival traits of Canadian Holsteins. *Journal of Dairy Science* **80**, 2984–2995. doi:[10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76265-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76265-9)
- Cabrita, a.m.f.l. Curvas de lactação em cabras Saanen, Alpinas e cruzadas. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Zootécnica – Produção Animal, Lisboa, 2013.
- Castañeda-Busto VJ, Montaldo HH, Torres-Hernandez G, Pérez-Elizalde S, Valencia-Posadas M, Hernández-Mendo O, Shepard L (2014) Estimation of genetic parameters for productive life, reproduction, and milk-production traits in US dairy goats. *Journal of Dairy Science* **97**, 2462–2473. doi:[10.3168/jds.2013-7503](https://doi.org/10.3168/jds.2013-7503)



- Castañeda-Bustos VJ, Montaldo HH, Valencia-Posadas M, Shepard L, Pérez-Elizalde S, Hernández-Mendo O, Torres-Hernández G (2017) Linear and nonlinear genetic relationships between type traits and productive life in US dairy goats. *Journal of Dairy Science* **100**, 1232–1245. doi:[10.3168/jds.2016-11313](https://doi.org/10.3168/jds.2016-11313)
- Collett D (2003) 'Modelling survival data in medical research (2nd edn).' (Chapman and Hall: London)
- Colosimo EA, Giolo SR (2006) 'Análise de sobrevivência aplicada.' (Edgard Blucher: São Paulo, Brazil)
- Cox DR, Snell EJ (1968) A general definition of residuals. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)* **30**, 248–275.
- Cox DR (1972) Regression models and life tables (with discussion). *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)* **34**, 187–202.
- Cox DR (1975) Partial likelihood. *Biometrika* **62**, 269–276. doi:[10.1093/biomet/62.2.269](https://doi.org/10.1093/biomet/62.2.269)
- Dekkers JCM, Jairath LK, Lawrence BH (1994) Relationships between sire genetic evaluations for conformation and functional herd life of daughters. *Journal of Dairy Science* **77**, 844–854. doi:[10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77019-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77019-3)
- Ducrocq V (1987) 'An analysis of length of productive life in dairy cattle.' PhD Dissertation, Cornell University, Ithaca, NY.
- Ducrocq V, Quaas RL, Pollack EJ, Casella G (1988) Length of productive life in dairy cows. 2. Variance component estimation and sire evaluation. *Journal of Dairy Science* **71**, 3071–3079.
- Facó O, Lôbo RNB, Fonseca JF, Lôbo AMBO, Verneque RS, Pimentel CMM, Paiva SR (2014) Programa de Melhoramento Genético de Caprinos Leiteiros –Capragene®; sumário de avaliação genética – Ano 2014 – raça Saanen [Online]. (Embrapa Caprinos e Ovinos: Sobral, Brazil) 30 pp. Available at

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/147201/1/CNPC-2014-Sumario.pdf>

(verified 21 September 2018)

Facó O, Lôbo RNB, Gouveia AMG, Guimarães MPSLMP, Fonseca JF, Santos TNM, Silva MAA, Villela LCV (2011) Breeding plan for commercial dairy goat production systems in southern Brazil. *Small Ruminant Research* **98**, 164–169.

doi:[10.1016/j.smallrumres.2011.03.034](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.034)

Ferreira TA, Pereira IG, Gouveia AMG, Pires AV, Facó O, Farah MM, Pessoa MC, Guimarães MPSLPM (2014) Avaliação genética de caprinos da raça Saanen nascidos no Brasil de 1979 a 2009. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **66**, 1279–1288. doi:[10.1590/1678-6154](https://doi.org/10.1590/1678-6154)

Galeazzi PM, Mercadante ME, Silva JAIIV, Aspilcueta-Borquis RR, de Camargo GM, Tonhati H 2010 Genetic parameters for stayability in Murrah buffaloes. *Journal of Dairy Research* **77**, 252–256. doi:[10.1017/S0022029910000075](https://doi.org/10.1017/S0022029910000075)

Gonçalves AL, Lana RP, Vieira RAM, Henrique DS, Mancio AB, Pereira JC (2008) Avaliação de sistemas de produção de caprinos leiteiros na região sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia* **37**, 366–376. doi:[10.1590/S1516-35982008000200025](https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000200025)

Kaplan EL, Meier P (1958) Nonparametric estimation from incomplete observation. *Journal of the American Statistical Association* **53**, 457–481.

doi:[10.1080/01621459.1958.10501452](https://doi.org/10.1080/01621459.1958.10501452)

Kern EL, Cobuci JA, Costa CN, McManus Pimentel CM (2014a) Factor analysis of linear type traits and their relation with longevity in Brazilian Holstein cattle. *Asian Australasian Journal of Animal Science* **27**, 784–790. doi:[10.5713/ajas.2013.13817](https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13817)

Kern EL, Cobuci JA, Costa CN, McManus CM, Campos GS, Almeida TP, Campos RV (2014b) Genetic association between herd survival and linear type traits in Holstein cows

under tropical conditions. *Italian Journal of Animal Science* **13**, 665–672. doi:

[10.4081/ijas.2014.3419](https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3419)

Kern EL, Cobuci JA, Costa CN, McManus CM, Braccini Neto J (2015) Genetic association between longevity and linear type traits of Holstein cows. *Scientia Agricola* **72**, 203–209.

doi:[10.1590/0103-9016-2014-0007](https://doi.org/10.1590/0103-9016-2014-0007)

Larroque H, Ducrocq V (2001) Relationships between type and longevity in the Holstein breed. *Genetics Selection Evolution* **33**, 39–59. doi:[10.1186/1297-9686-33-1-39](https://doi.org/10.1186/1297-9686-33-1-39)

Lesnoff M, Lancelot R 2010. Assessment of age at first parturition by accounting censored data: the example of small ruminants in agropastoral herds in Senegal. *Tropical Animal Health and Production* **42**, 1155–1159. doi:[10.1007/s11250-010-9540-3](https://doi.org/10.1007/s11250-010-9540-3)

Luo MF, Wiggans GR, Hubbard SM (1997) Variance component estimation and multitrait genetic evaluation for type traits of dairy goats. *Journal of Dairy Science* **80**, 594–600.

doi:[10.3168/jds.S0022-0302\(97\)75975-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)75975-7)

Manfredi E, Piacere A, Lahaye P, Ducrocq V (2001) Genetic parameters of type appraisal in Saanen and Alpine goats. *Livestock Production Science* **70**, 183–189. doi:[10.1016/S0301-](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00180-4)

[6226\(01\)00180-4](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00180-4)

McLaren A, Mucha S, Mrode R, Coffey M, Conington J (2016) Genetic parameters of linear conformation type traits and their relationship with milk yield throughout lactation in mixed-breed dairy goats. *Journal of Dairy Science* **99**, 5516–5525. doi:[10.3168/jds.2015-](https://doi.org/10.3168/jds.2015-10269)

[10269](https://doi.org/10.3168/jds.2015-10269)

Montaldo HH, Valencia-Posadas M, Wiggans GR, Shepard L, Torres-Vázquez JA (2010) Short communication: Genetic and environmental relationships between milk yield and kidding interval in dairy goats. *Journal of Dairy Science* **93**, 370–372.

doi:[10.3168/jds.2009-2593](https://doi.org/10.3168/jds.2009-2593)

- Pérez-Cabal MA, Alenda R (2002) Genetic relationships between lifetime profit and type traits in Spanish Holstein cows. *Journal of Dairy Science* **85**, 3480–3491.  
doi:[10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74437-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74437-8)
- Pérez-Razo M, Sánchez F, Torres-Hernández G, Becerril-Pérez C, Gallegos-Sánchez J, González-Cosío F, Meza-Herrera C (2004) Risk factors associated with dairy goats stayability. *Livestock Production Science* **89**, 139–146.  
doi:[10.1016/j.livprodsci.2004.02.008](https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.02.008)
- Rocha GMF, Cobuci JA, Costa CN, Abreu LRA, Mota LFM, Pires AV, Villela SDJ, Martins PGMA 2018 Genetic association between stayability, and productive and reproductive traits in Holstein cows. *Animal Production Science* **58**, 1788–1793.  
doi:[10.1071/AN16563](https://doi.org/10.1071/AN16563)
- R Development Core Team (2014) ‘R: a language and environment for statistical computing.’ (R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria)
- Rupp R, Clément V, Piacere A, Robert-Granié C, Manfredi E (2011) Genetic parameters for milk somatic cell score and relationship with production and udder type traits in dairy Alpine and Saanen primiparous goats. *Journal of Dairy Science* **94**, 3629–3634.  
doi:[10.3168/jds.2010-3694](https://doi.org/10.3168/jds.2010-3694)
- Sarmiento JLR, Pimenta Filho EC, Ribeiro MN, Araújo CV, Breda FC, Pires AV, Torres Filho RA, Torres RA (2003) Fatores genéticos e de ambiente sobre o intervalo de partos de cabras leiteiras no semi-árido nordestino. *Revista Brasileira de Zootecnia* **32**, 875–879.  
doi:[10.1590/S1516-35982003000400012](https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000400012)
- Schoenfeld D (1982) Partial residuals for the proportional hazards regression model. *Biometrika* **69**, 239–241. doi:[10.1093/biomet/69.1.239](https://doi.org/10.1093/biomet/69.1.239)

- Seal , CJ; Reynolds, CK. (1993) Nutritional implications of gastrointestinal and liver metabolism in ruminants. *Nutrition Research Reviews* **6**, 185–208.  
doi:[10.1079/NRR19930012](https://doi.org/10.1079/NRR19930012)
- Sewalem A, Kistemaker GJ, Ducrocq V, Van Doormaal BJ (2005) Genetic analysis of herd life in Canadian dairy cattle on a lactation basis using a Weibull proportional hazards model. *Journal of Dairy Science* **88**, 368–375. doi:[10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72696-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72696-5)
- Sewalem A, Miglior F, Kistemaker GJ (2010) Analysis of the relationship between workability traits and functional longevity in Canadian dairy breeds. *Journal of Dairy Science* **93**, 4359–4365. doi:[10.3168/jds.2009-2969](https://doi.org/10.3168/jds.2009-2969)
- Silva RPA, Thaler Neto A, Cobuci JA, Valloto AA, Horst JÁ, Ribas Neto PG (2015) Correlações genéticas entre algumas características de tipo e intervalo de partos em vacas da raça Holandesa. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **67**, 166–172.  
doi:[10.1590/1678-6445](https://doi.org/10.1590/1678-6445)
- Valencia-Posadas M, Torrero-Garza Y, Vicencio-Reyes CV, Shepard L, Montaldo HH (2010) Relaciones fenotípicas entre características de conformación com la habilidad de permanencia a los 36 meses en cabras Alpinas. *Acta Universitaria* **20**, 40–44.
- Valencia-Posadas M, Torrero-Garza Y, Torres-Vázquez JA, Ángel-Sahagún CA, Gutiérrez-Chávez AJ, Shepard L, Montaldo HH (2017) Genetic parameters for functional stayability to 24 and 36 months of age and first lactation milk yield in dairy goats. *Small Ruminant Research* **149**, 209–213. doi:[10.1016/j.smallrumres.2017.02.010](https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.02.010)
- Vollema AR, Groen AF (1997) Genetic correlations between longevity and conformation traits in an upgrading dairy cattle population. *Journal of Dairy Science* **80**, 3006–3014.  
doi:[10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76267-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76267-2)

Vollema AR, Van Der Beek S, Harbers AGF, De Jong G (2000) Genetic evaluation for longevity of Dutch dairy bulls. *Journal of Dairy Science* **83**, 2629–2639.

doi:[10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75156-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75156-3)

Wald A (1939) Contributions to the theory of statistical estimation and testing hypotheses.

*The Annals of Mathematical Statistics* **10**, 299–326. doi:[10.1214/aoms/1177732144](https://doi.org/10.1214/aoms/1177732144)

Wiggans GR, Hubbard SM (2001) Genetic evaluation of yield and type traits of dairy goats in the United States. *Journal of Dairy Science* **84**, 69–73. doi:[10.3168/jds.S0022-](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70199-3)

[0302\(01\)70199-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70199-3)

Zavadilová L, Němcová E, Štípková M (2011) Effect of type traits on functional longevity of Czech Holstein cows estimated from a Cox proportional hazard model. *Journal of Dairy*

*Science* **94**, 4090–4099. doi:[10.3168/jds.2010-3684](https://doi.org/10.3168/jds.2010-3684)

## 5. Capítulo 2 - Análise de sobrevivência para *stayability* de cabras Saanen em ambiente tropical sobre efeitos das características de produção de leite

**Resumo:** Objetivou-se analisar como as características de produção de leite, efeitos dos grupos de contemporâneos e idade das cabras ao parto afetam a habilidade de permanência (*stayability*) de cabras Saanen em ambiente tropical, sobre o risco relativo de descarte. Para isso foi adotada a metodologia da análise de sobrevivência utilizando modelo animal de Weibull. A estimação dos componentes de variância, parâmetros genéticos, valores e tendências genéticas foram realizadas utilizando o modelo linear-limiar em análise bi característica para a capacidade das cabras permanecerem no rebanho (*stayability*) até os 28 meses de idade (STAY28). Dados provenientes de 3.344 cabras da raça Saanen, englobando a característica STAY28 e as características de produção: Duração da lactação (DL), Produção de leite (PL.305), Proteína (Prot.305), Lactose (Lact.305), Gordura (Gord.305) e Extrato seco total (Ext.305) foram analisados. O efeito de animal foi incluído como aleatório em todos os modelos. Nas análises com distribuição Weibull o grupo de contemporâneo foi considerado efeito aleatório e no modelo de linear-limiar fixo. O impacto das características de produção foi estudado considerando cinco classes de produção no modelo de risco Weibull, o efeito de idade ao parto foi significativo ( $p < 0,05$ ) para as variáveis produtivas das cabras. As análises foram realizadas separadamente para verificar a influência de cada característica produtiva utilizando o programa Survival Kit. Para o modelo de linear-limiar os componentes de (co)variância foram estimados por análises bivariadas, utilizando a abordagem bayesiana. As distribuições a posteriori dos componentes de interesse foram obtidos com o amostrador de Gibbs. Os efeitos genéticos aditivos e residuais foram considerados aleatórios e idade da cabra como covariável (linear e quadrática) foram incluídos nas análises. Das classes de produção de leite a de maior valor (classe 4) foi a que apresentou efeito significativo e associação com a *stayability* das cabras, reduzindo o risco de descarte das fêmeas no rebanho, utilizando o modelo de Weibull. As herdabilidades para STAY28 tanto no modelo de Weibull (0,05-0,09), quanto no modelo de linear-limiar (0,07) foram baixas. Estimativas de correlação genética entre STAY28 e as características de produção foram nulas no modelo de linear-limiar, porém a regressão dos valores genéticos demonstrou haver relação significativa entre as demais características e STAY28. O uso da STAY28 para seleção de animais com maiores valores genéticos é uma opção viável para aumentar a vida produtiva em cabras leiteiras refletindo em animais com maiores produções. Portanto, a melhora das características produtivas das cabras trazem efeitos positivos na *stayability* dos animais no rebanho.

**Palavras-chave:** modelo animal de Weibull; herdabilidade; modelo threshold, vida produtiva.

## **Survival analysis for stayability of cabras Saanen in tropical environment on effects of milk production traits**

**Abstract:** The objective of this study was to analyze how milk production traits and the effects of contemporary groups and age of goats at calving affect the stayability of Saanen goats in tropical environment on the relative risk of discarding. For this, we adopted the methodology of the survival analysis using Weibull animal model. The estimation of variance components, genetic parameters, genetic values and trends were performed using the linear-threshold model in bi-traits analysis for the ability of goats to remain in the herd (stayability) up to 28 months of age (STAY28). Data from 3,344 Saanen goats, including the STAY28 trait and production traits: Lactation duration (DL), Milk yield (PL.305), Protein (Prot.305), Lactose (Lact.305), Fat (Gord.305) and total dry extract (Ext.305) were analyzed. The animal effect was included as random in all models. In the analyzes with Weibull distribution, the contemporary group was considered random effect and in the linear-threshold model. The impact of the production traits was studied considering five production classes in the Weibull risk model, the effect of age at calving was significant ( $p < 0.05$ ) for goat productivity. The analyzes were performed separately to verify the influence of each productive trait using the Survival Kit. For the linear-threshold model, the components of (co)variance were estimated by bivariate analysis using the Bayesian approach. Subsequent distributions of the components of interest were obtained with the Gibbs sampler. The additive and residual genetic effects were considered random and goat age as covariate (linear and quadratic) were included in the analyzes. Of the classes of milk production of higher value (class 4) was the one that presented significant effect and association with the stayability of the goats, reducing the risk of discarding of the females in the herd, using the Weibull model. The heritabilities for STAY28 in both the Weibull model (0.05-0.09) and the linear-threshold model (0.07) were low. Estimates of genetic correlation between STAY28 and production traits were zero in the linear-threshold model, but regression of genetic values showed a significant relationship between these traits and STAY28. The use of the STAY28 feature to select animals with higher genetic values is a viable option to increase the productive life in dairy goats reflecting in animals with higher yields. Therefore, the improvement of the productive traits of the goats have positive effects on the stayability of the animals in the herd.

**Keywords:** Weibull animal model; heritability; threshold model; productive life.



## 5.1 Introdução

As três funções de vida de um organismo são: crescimento, sobrevivência e reprodução (Gadgil e Bossert, 1970; Stearns, 1992). Em organismos criados e explorados produtivamente essas funções são valorizadas de forma distinta, em detrimento do objetivo final da criação. No geral, os sistemas de produção leiteira exploram a capacidade de produção de leite das fêmeas e praticam seleção artificial para essa característica, priorizando os indivíduos (machos e fêmeas) com maiores valores genéticos para a produção de leite. Entretanto, a busca intensiva por animais mais produtivos bem relatado na bovinocultura leiteira (Wall et al., 2005; Perez-Cabal et al., 2006), pode afetar negativamente outras características importantes relacionadas à reprodução, saúde e a habilidade de permanência das fêmeas nos rebanhos (*stayability*).

A *stayability* de cabras leiteiras pode ser expressa pela duração da vida do animal até o abate, morte ou descarte, também pode ser expressa considerando números de partos ou produção até determinada idade (Imbayarwo-Chikosi et al., 2015), em bovinos leiteiros o critério de censura utilizado é a 5ª lactação da vaca (Kern et al., 2016). Apesar de ser uma característica pouco discutida na avaliação genética de caprinos leiteiros, a *stayability* tem mérito econômico por reduzir os custos de criação de animais de reposição (Castañeda-Bustos et al., 2014). Esses custos são inflacionados em sistemas produtivos de caprinos leiteiros (Borges, 2003), logo a inclusão da *stayability* avaliada no início da vida produtiva do animal, como critério de seleção em programas de melhoramento de caprinos leiteiros pode impactar positivamente na lucratividade dos sistemas de produção, acelerando a seleção e permitindo a deliberação de decisões precisas quanto ao descarte e ao direcionamento do acasalamento dos animais.

Além da inclusão da *stayability* como critério de seleção em programas de melhoramento genético, a avaliação conjunta destas características com outras frequentemente utilizadas como critérios de seleção na caprinocultura leiteira, principalmente com base nas associações genéticas entre elas, podem auxiliar na seleção de animais mais produtivos e escolhas de quais características devem ser utilizadas como critério de seleção. Dentre as características de maior interesse na caprinocultura leiteira estão àquelas relacionadas à produção de leite, como o volume de leite produzido, duração da lactação e produções de gordura, proteína, lactose e extrato seco total no leite.

Objetivou-se com esse estudo avaliar de forma precoce a magnitude dos riscos que as características relacionadas a produção de leite influenciam na *stayability* aos 28 meses de

idade (STAY28) de cabras Saanen controladas pelo Programa de Melhoramento de Caprinos Leiteiros no Brasil em ambiente tropical, realizar uma avaliação genética e tendências genéticas para essas características, e estimar as associações genéticas existentes.

## 5.2. Material e Métodos

### 5.2.1 Dados

Os dados utilizados neste estudo foram provenientes de 3.344 cabras da raça Saanen, nascidas entre 1995 e início de 2015, desta forma todos os animais avaliados tiveram as mesmas chances de serem observados e apresentarem no mínimo dois partos. O banco de dados das características de produção de leite foi fornecido pela Embrapa Caprinos e Ovinos, pertencentes a 34 rebanhos distintos. Foram avaliadas as características duração da lactação (DL), produções de leite (PL.305), proteína (Prot.305), lactose (Lact.305), gordura (Gord.305) e extrato seco total (Ext.305), em até os 305 dias de produção da primeira lactação controlada, e habilidade de permanência (*stayability*) por no mínimo 28 meses no rebanho (STAY28) – enquanto característica categórica (Tabela 1). Os 28 meses de idade foram definidos em função da curva de lactação de caprinos leiteiros. Até os 28 meses de vida as cabras estarão no máximo iniciando a sua terceira lactação, dado que para a espécie em estudo a idade ao primeiro parto varia entre 12 e 15 meses e o intervalo entre partos é de oito meses (Sarmiento et al., 2003; Gonçalves et al., 2008). Até a terceira lactação a produção leiteira das cabras se mantém alta, caindo bruscamente a partir da quarta lactação (Cabrita, 2013; Arnal et al., 2018).

A *stayability* foi obtida por meio da diferença entre a data de registro do último parto ou do descarte da cabra no rebanho de origem e a data de nascimento no mesmo rebanho. Para animais que a data do descarte ou morte era desconhecida, a data do último parto registrado no rebanho foi considerada como a data de descarte ou morte. Cabras que permaneceram no rebanho em que nasceram por no mínimo 28 meses foram classificadas como STAY28=1. Aquelas que permaneceram por menos de 28 meses e que ficaram por mais de 2550 dias ou mais que 7 anos ou ainda 85 meses no mesmo rebanho receberam classificação STAY28= 0.

Registros individuais para cada característica em que o intervalo excedia mais ou menos 3,5 desvios-padrão foram excluídos. Os grupos de contemporâneos foram constituídos das informações de ano de nascimento e rebanho de registro das cabras. Grupos de contemporâneos com menos de três animais e constituídos por filhas de apenas um reprodutor

foram excluídos, totalizando 161 grupos de contemporâneos. A matriz de parentesco foi composta por 4.738 animais.

**Tabela 1.** Estatística descritiva<sup>1</sup> da característica habilidade de permanência no rebanho (*stayability*) e das características produtivas<sup>2</sup> de cabras da raça Saanen em ambiente tropical

Características	n	$\bar{X}$	sd	CV(%)	Mínimo	Máximo
STAY28	3344	1*	-	-	0	1
DL (dias)	2527	331,57	123,97	30,49	150,00	745,00
PL.305 (kg)	2545	816,82	312,35	31,03	84,30	1761,17
Prot.305 (kg)	1836	22,28	8,54	30,06	2,58	50,00
Lact.305 (kg)	1680	32,93	12,70	31,36	5,36	72,34
Gord.305 (kg)	1923	27,00	10,82	32,73	3,19	59,55
Ext.305 (kg)	1723	89,38	33,89	30,47	9,95	192,96

<sup>1</sup>n = número de animais com dados;  $\bar{X}$  = média; sd= desvio-padrão; CV = coeficiente de variação; <sup>2</sup>STAY28 = *stayability* aos 28 meses de idade; DL = duração da lactação; PL.305 = produção de leite até os 305 dias de lactação; Prot.305 = produção de proteína até os 305 dias de lactação; Lact.305 = produção de lactose até os 305 dias de lactação; Gord.305 = produção de gordura até os 305 dias de lactação; Ext.305 = produção de extrato seco total até os 305 dias de lactação.

\*por ser uma característica categórica utilizou a moda como parâmetro descritivo.

Para STAY28 igual a 1, considerou-se que a cabra falhou ou atingiu o tempo mínimo de observação e seu registro não foi censurado (C=1), sendo esse grupo constituído por 2.000 animais. Por outro lado, fêmeas com STAY28 igual a 0 tiveram seu registro censurado (C=0), formando um grupo de 1.344 animais. Dessa forma, considerou-se que cabras com *stayability* inferior a 28 meses apresentaram morte prematura, ou problemas de saúde, ou não eram produtivas o suficiente para serem mantidas na propriedade. Cabras que não apresentaram os problemas supracitados foram mantidas pelo menos durante as lactações mais produtivas. A consistência dos dados foi realizada com a utilização do software R (The R Foundation for Statistical Computing, 2015), assim como a determinação dos efeitos fixos significativos no modelo estatístico para avaliação genética.

### 5.2.2. Análise de sobrevivência

A capacidade de cada característica produtiva em estudo aumentar ou reduzir o risco de descarte precoce das cabras – com menos de 28 meses de vida, foi estimada por meio de modelos de risco Weibull. O risco de descarte  $\lambda(t)$  de uma cabra no momento  $t$ , dado que o animal estava vivo antes de  $t$ , foi modelado usando uma função de perigo Weibull. O impacto de cada variável de produção na STAY28 foi estudado separadamente, dessa forma seis modelos distintos foram ajustados.

O modelo completo utilizado que descreve a relação entre as características produtivas e a *stayability* das cabras Saanen em ambiente tropical pode ser descrito como:

$$\lambda(t) = \lambda_{0,ls}(t) \exp\{pr_i + h_j + afl_k + lw_l\}$$

em que:  $\lambda(t)$ , representa a função de risco basal da cabra no tempo  $t$ , definida como uma função de perigo Weibull por meio da equação  $\lambda_{0,ls}(t) = \lambda \rho (\lambda t)^{\rho-1}$  com parâmetro de escala  $\lambda$  e parâmetro de forma  $\rho$  que define o aumento ou redução no risco de descarte dos animais. Dessa forma, valores de  $\rho > 1$  indicam que o risco de descarte aumenta com o aumento da idade dos indivíduos, valores de  $\rho < 1$  indicam que a taxa de descarte diminui com o tempo e a maioria das falhas ocorre nos primeiros estágios da vida e não nos últimos e quando  $\rho = 1$  o risco de descarte dos animais independe do tempo de vida (Rezende et al., 2014);  $pr_i$  é o efeito aleatório do grupo de contemporâneo  $i$  em que o animal está inserido;  $h$  representa o efeito fixo da característica produtiva cujo impacto sobre a STAY28 está sendo avaliado ( $h = DL, PL.305, Prot.305, Lact.305, Gord.305$  e  $Ext.305$ ), que é incluída no modelo em  $j = 5$  classes. As classes foram determinadas em função das produções em 1 (regular), 2 (bom), 3 (ótimo) ou 4 (excelente), sendo os limites das classes definidos pelos quartis observados para cada característica individualmente (Tabela 2) e a classe 0 - ausente foi incluída em cada característica para se referir às cabras sem medidas de produção;  $afl_k$ , é o efeito fixo da idade que a cabra tinha no momento do parto  $k$  e  $lw_l$ , representa o efeito genético aditivo para STAY28 do animal  $l$ . Para o efeito aleatório do grupo de contemporâneo assumiu-se distribuições a priori log-gama e distribuição normal multivariada para o efeito genético aditivo.

**Tabela 2.** Descrição das características de produção<sup>1</sup> de cabras Saanen em ambiente tropical analisadas de acordo com a sua classificação por classe<sup>2</sup>

Covariável <sup>1</sup>	Classe 1					Classe 2				
	N	Média	SD	Min	Max	n	Média	SD	Min	Max
DL	623	203,11	28,22	150,00	240,00	646	278,10	15,82	250,00	304,00
PL.305	623	430,15	95,12	84,30	568,50	643	688,02	64,57	569,50	797,00
Prot.305	424	11,79	2,63	2,58	15,48	500	18,70	1,75	15,50	21,50
Lact.305	424	17,73	4,13	5,36	23,45	454	28,15	2,57	24,56	32,50
Gord.305	464	13,87	3,09	3,19	18,49	469	22,07	2,04	18,53	25,49
Ext.305	421	48,07	11,27	10,09	63,42	439	75,43	6,54	63,54	86,49
Covariável <sup>1</sup>	Classe 3					Classe 4				
	N	Média	SD	Min	Max	n	Média	SD	Min	Max
DL	603	335,94	21,85	305,00	379,00	655	502,48	100,51	380,00	745,00
PL.305	643	908,02	65,61	799,50	1029,15	636	1233,60	165,99	1029,90	1761,17
Prot.305	451	24,43	1,75	21,50	27,50	461	33,73	5,22	27,50	50,00
Lact.305	390	36,79	2,61	32,56	41,50	412	50,19	7,15	41,50	72,34
Gord.305	477	29,41	2,27	25,51	33,49	513	41,15	6,12	35,50	59,55
Ext.305	427	98,57	7,10	87,86	111,32	436	134,33	19,34	111,51	192,96

<sup>1</sup>DL = duração da lactação (dias); PL.305 = produção de leite até os 305 dias de lactação (kg); Prot.305 = produção de proteína até os 305 dias de lactação (kg); Lact.305 = produção de lactose até os 305 dias de lactação (kg); Gord.305 = produção de gordura até os 305 dias de lactação (kg); Ext.305 = produção de extrato seco até os 305 dias de lactação (kg); SD= desvio-padrão.

A significância dos efeitos fixos de idade e das covariáveis de produção foi verificado por meio do teste de qui-quadrado. O efeito das classes sobre a taxa de risco foi estimado por meio da razão entre o risco de descarte estimado para cada classe desse efeito e o risco estimado para a classe referência. Para todas as características produtivas, objeto do presente estudo, a classe 3-ótimo foi considerada intermediária e classe referência para contraposição.

As variâncias foram obtidas pelo modelo animal de Weibull e a herdabilidade da sobrevivência das cabras foi estimada utilizando a fórmula:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_c^2 + 1}$$

em que:  $h^2$ , representa a herdabilidade para a STAY28 da cabra;  $\sigma_a^2$ , é a variância genética aditiva;  $\sigma_c^2$ , é a variância do efeito de grupo de contemporâneo dos animais e 1 é a variância ambiental padrão (Jenko et al., 2013).

A influência global de cada característica de produção na STAY28 foi avaliada por meio de testes de razão de verossimilhança, comparando um modelo completo incluindo cada característica de produção com um modelo reduzido sem a inclusão da característica. Todas

as análises foram realizadas utilizando o software Survival Kit versão 6.12 (Mészáros et al., 2013).

A contribuição percentual de cada característica produtiva sobre a sobrevivência foi feita utilizando-se o ajuste de cada modelo estudado, por meio da estatística  $-2\log L$ . Como o único fator que diferenciou os modelos é a característica produtiva utilizada como covariável, assumiu-se que as mudanças nos valores de  $-2\log L$  são decorrentes da contribuição de cada característica para o ajuste global do modelo. Assumiu-se que a característica incluída como covariável no modelo que apresentou maior valor absoluto de  $-2\log L$ , indicando o modelo de melhor ajuste, contribuiu com 100% para o risco de descarte, excluindo a classe 0. Os valores de  $-2\log L$  dos modelos que consideraram as demais características como covariável foram avaliados como proporção do valor de  $-2\log L$  do modelo de melhor ajuste, como forma de inferir sobre a contribuição dessas outras características para o risco de descarte em relação a de maior contribuição para o risco.

### 5.2.2 Avaliação genética tradicional

A análise genética das características de produção e *stayability* foram realizadas por meio do modelo animal linear-limiar, em análises bicaracterísticas. Foi utilizado um modelo animal de linear-limiar porque as características de produção eram contínuas e a STAY28 categórica (“*threshold*”). As análises foram realizadas entre a característica STAY28 e as características de produção (DL, PL.305, Prot.305, Lact.305, Gord.305, Ext.305).

O modelo estatístico geral utilizado nas análises pode ser descrito como:

$$Y_{ij} = \mu + b_1 id_i + GC_j + a_i + e_{ij}$$

em que:  $Y$ , representa o fenótipo do animal  $i$ ;  $\mu$ , a constante geral presente em todas as observações;  $b_1$ , é o coeficiente de regressão associado à idade no momento do parto;  $id_i$ , representa a idade da cabra no momento do parto, incluída como covariável para as características produtivas;  $GC_j$ , o grupo de contemporâneo  $j$ ;  $a_i$ , o efeito genético aditivo do animal  $i$ ; e  $e_{ij}$ , o erro associado a cada observação.

Em notação matricial, o modelo geral utilizado nas análises foi:

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & \emptyset \\ \emptyset & X_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_1 & \emptyset \\ \emptyset & Z_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \end{bmatrix}$$

em que:  $y_h$ , representa o vetor com as observações da característica  $h$  ( $h=1$  para *stayability*) ou ( $h=2$  para DL, PL.305, Prot.305, Lact.305, Gord.305 e Ext.305);  $X_h$ , matriz de incidência dos efeitos fixos da característica  $h$ ;  $b_h$ , vetor com a solução dos efeitos fixos;  $Z_h$ , matriz de incidência dos efeitos aleatórios genético aditivo direto para a característica  $h$ ;  $a_h$ , vetor com a solução do efeito genético aditivo direto para a característica  $h$ ;  $e_h$ , vetor dos resíduos associados a cada observação  $h$ .

As pressuposições assumidas para os efeitos aleatórios foram:

$$\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ e_1 \\ e_2 \end{bmatrix} \sim \left\{ \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} A\sigma_{a_1}^2 & A\sigma_{a_1,a_2} & 0 & 0 \\ & A\sigma_{a_2}^2 & 0 & 0 \\ & & I_1\sigma_{e_1}^2 & I_V\sigma_{e_1,e_2} \\ sim & & & I_2\sigma_{e_2}^2 \end{bmatrix} \right\}$$

em que:  $A$ , representa a matriz de parentesco (4.738 animais);  $\sigma_{a_h}^2$ , a variância genética aditiva direta para a característica  $h$ ;  $\sigma_{e_h}^2$ , a variância residual para a característica  $h$ ;  $\sigma_{h,h'}$ , a covariância entre os efeitos  $h$  e  $h'$ ;  $I_1$  e  $I_2$ , são matrizes identidade de ordens iguais aos números de observação das características  $h$ .

No modelo de limiar, considera-se que a escala subjacente apresenta distribuição normal contínua, representada como:  $U | \theta \sim N(W\theta, I\sigma_e^2)$ , em que  $U$  é o vetor da escala base de ordem  $r$ ;  $\theta = (\beta', a')$  é o vetor dos parâmetros de locação de ordem  $s$ , com  $\beta'$  definido sob o ponto de vista frequentista como efeitos fixos e ordem  $s$  e  $a'$  como efeitos aleatórios genéticos aditivos diretos;  $W$  é a matriz de incidência conhecida, de ordem  $r$  por  $s$ ;  $I$  é a matriz identidade de ordem  $r$ ; e  $\sigma_e^2$  é a variância residual. Quando se considera que a variável na distribuição subjacente não é observável, a parametrização  $\sigma_e^2 = 1$  é adotada para que se possa identificá-la na função de verossimilhança (Gianola e Sorensen, 2002). Tal pressuposição é padrão em análises para dados categóricos em modelo de limiar. Foi considerado, a priori, que  $\beta$  tem distribuição uniforme que reflete um conhecimento prévio vago sobre esse vetor. Considera-se que os componentes têm distribuições *Wishart* invertida, padrão adotado no programa THRGIBBS1F90 (Misztal et al., 2002).

As amostras das distribuições condicionais completas foram obtidas por meio do amostrador de Gibbs utilizando o programa THRGIBBS1F90 (Misztal et al., 2015). Foram consideradas cadeias de 1.100.000 amostras, com descarte inicial de 100.000 amostras e

amostragens dos valores dos componentes de covariância a cada 100 ciclos. O tamanho da cadeia foi definido em análises preliminares, segundo o método de Raftery e Lewis (1992), disponível no pacote BOA (Smith 2005), do software R (The R Foundation for Statistical Computing, 2015). A convergência das cadeias foi avaliada por intermédio do critério proposto por Geweke (1992) disponível no mesmo programa e por inspeção visual dos valores amostrados a cada iteração.

As tendências genéticas dos efeitos diretos para todas as características avaliadas foram calculadas por meio de regressões lineares dos valores genéticos estimados (EBV) em função do ano de nascimento dos animais, utilizando-se o software R (The R Foundation for Statistical Computing, 2015). As tendências foram feitas para os animais que possuíam informações fenotípicas. Os coeficientes das regressões das tendências genéticas foram testados utilizando a estatística *F*.

#### 5.2.3.1. Regressão dos valores genéticos estimados

Os EBVs dos efeitos diretos para as características produtivas (DL, PL.305, Prot.305, Lact.305, Gord.305 e Ext.305) foram regredidos como função do EBV do animal para a característica de sobrevivência. Foram consideradas as regressões de todos os valores genéticos de animais que tiveram informação fenotípica para ambas as características. Os EBVs na avaliação genética tradicional foram obtidos considerando-se as características produtivas como contínuas. Para destacar a relação entre os EBVs para as características produtivas e o risco de descarte estimado para as mesmas – enquanto medidas categóricas – na análise de sobrevivência, as diferentes classes foram destacadas por cores diferentes na demonstração visual dos EBVs regredidos em função da sobrevivência.

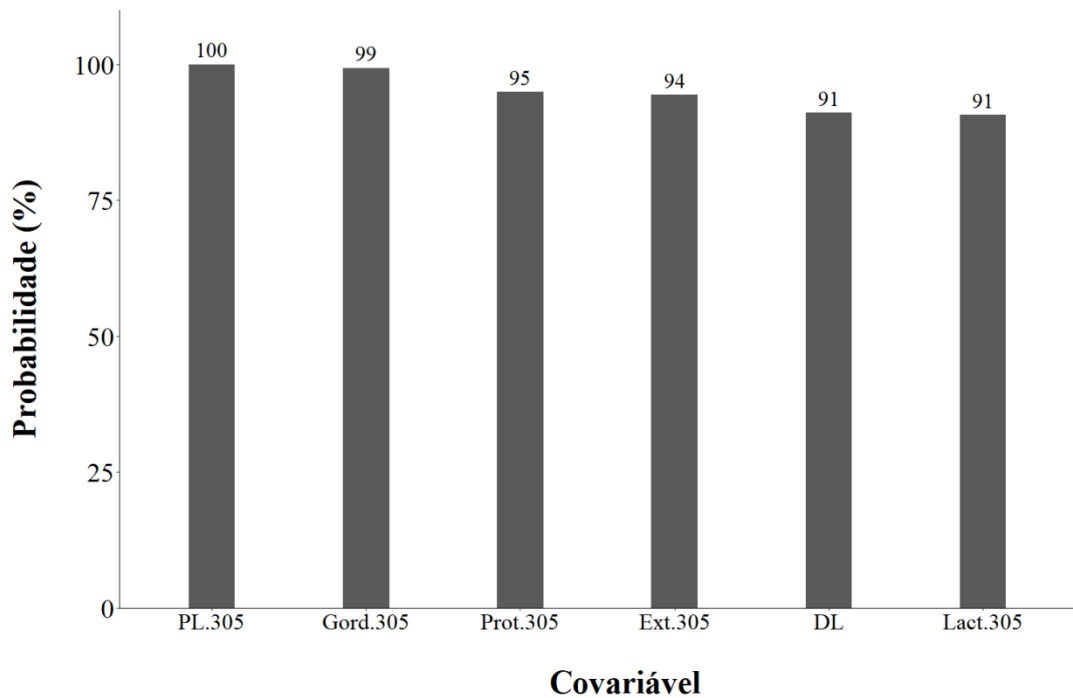
### 5.3 Resultados

#### 5.3.1 Análise de sobrevivência

Ao se considerar a STAY28 como indicadora de sobrevivência, 1.344 cabras tiveram o registro censurado, o que representa 40,20% do conjunto de dados. Houve efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) das características de produção e da idade ao parto inseridos no modelo para STAY28. O melhor ajuste foi indicado no modelo que considerou a contribuição de PL.305 para a sobrevivência das cabras no rebanho, sendo a contribuição de PL.305 como percentual para 100% em relação a contribuição relativa de cada uma das demais características de



produção na STAY28, temos a contribuição de cada covariável no risco de descarte, excluindo-se a contribuição da classe ausente (Figura 1). A característica Gord.305, foi a segunda covariável de maior contribuição para o risco de descarte, seguida de Prot.305 e Ext.305, DL e Lact.305 que apresentaram a mesma contribuição no risco de descarte para a STAY28 (Figura 1).



**Figura 1.** Probabilidade de contribuição das características de produção<sup>1</sup> expressa em porcentagem relativa a característica mais importante e excluindo a contribuição da classe de pontuação ausente. <sup>1</sup>duração da lactação (DL), produção de leite até os 305 dias de lactação (PL.305), produção de proteína até os 305 dias de lactação (Prot.305), produção de lactose até os 305 dias de lactação (Lact.305), produção de gordura até os 305 dias de lactação (Gord.305) e produção de extrato seco total até os 305 dias de lactação (Ext.305).

Foi confirmada diferença significativa entre a classe de dados perdidos (animais sem informação de produção) e a classe referência para as características DL e PL.305 individualmente (Tabela 3), assim como diferença entre a classe de produção 4 e a classe referência (3) para todas as variáveis, exceto para DL que demonstrou ter os mesmos riscos de descarte independente da classe. Para PL.305, Prot.305, Lact.305, Gord.305 e Ext.305 observou-se que classes de menor produção (classes 1 e 2), em relação a classe referência (3), não diferiram significativamente para o aumentar ou diminuir o risco de descarte dos animais (Tabela 3), exceto na classe de maior produção (classe 4) que os animais apresentaram risco menor de descarte que a classe referência, para as covariáveis de produção analisadas.

**Tabela 3.** Risco relativo de descarte considerando diferentes características de produção<sup>1</sup> (referência: classe 3), de cabras Saanen em ambiente tropical

Classe	Característica					
	DL	PL.305	Prot.305	Lact.305	Gord.305	Ext.305
1	0,92	1,04	0,86	0,88	1,06	0,93
2	1,05	0,97	0,86	0,80	0,85	0,86
3	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4	0,82	0,70*	0,68*	0,72*	0,70*	0,70*
Dado perdido	1,87*	1,82*	1,03	1,10	1,20	1,01

<sup>1</sup>DL = duração da lactação (dias); PL.305 = produção de leite até os 305 dias de lactação (kg); Prot.305 = produção de proteína até os 305 dias de lactação; Lact.305 = produção de lactose até os 305 dias de lactação; Gord.305 = produção de gordura até os 305 dias de lactação; Ext.305 = produção de extrato seco total até os 305 dias de lactação. Valores com um asterisco são significativamente diferentes da classe de referência em um nível de 0,05 pelo teste qui-quadrado. Apenas classes com um mínimo de 50 falhas não censuradas são demonstradas.

As variâncias e as herdabilidades para STAY28 foram baixas e similares, quando avaliada em função das diferentes características produtivas para STAY28 (Tabela 4).

**Tabela 4.** Parâmetros genéticos<sup>1</sup> para STAY28 de cabras Saanen em ambiente tropical avaliada em função das características produtiva <sup>2</sup> obtidas pelo modelo Weibull

Parâmetro	Característica					
	DL	PL.305	Prot.305	Lact.305	Gord.305	Ext.305
$\sigma_a^2$	0,18 (0,01)	0,16 (0,02)	0,14 (0,04)	0,10 (0,02)	0,17 (0,01)	0,12 (0,05)
$\sigma_c^2$	1,18 (0,07)	0,69 (0,07)	0,96 (0,06)	0,75 (0,08)	0,86 (0,08)	0,75 (0,07)
$h^2$	0,08 (0,02)	0,09 (0,01)	0,07 (0,06)	0,05 (0,01)	0,08 (0,03)	0,06 (0,01)

<sup>1</sup> $\sigma_a^2$  = variância genética do animal;  $\sigma_c^2$  = variância do efeito de grupo de contemporâneo;  $h^2$  = herdabilidade; <sup>2</sup>DL = duração da lactação (dias); PL.305 = produção de leite até os 305 dias de lactação (kg); Prot.305 = produção de proteína até os 305 dias de lactação (kg); Lact.305 = produção de lactose até os 305 dias de lactação (kg); Gord.305 = produção de gordura até os 305 dias de lactação (kg); Ext.305 = produção de extrato seco total até os 305 dias de lactação (kg).

### 5.3.2 Avaliação genética tradicional

As médias a posteriori (e intervalos de alta densidade com 90% das amostras – HPD90) das variâncias para cada característica em estudo por meio do modelo linear-linear (Tabela 1S), demonstram que o valor da variância genética aditiva para STAY28 foi muito baixa. As herdabilidades obtidas por meios destas estimativas (Tabela 5) foram de moderadas a altas para as características PL.305, Prot.305, Lact.305, Gord.305 e Ext.305, com médias a posteriori variando entre 0,23 e 0,29. Para DL e STAY28 observou-se baixas herdabilidades, de 0,06 (0,01; 0,11) e 0,07 (0,00; 0,17), respectivamente (Tabela 5). As correlações genéticas, fenotípicas e residuais entre STAY28 e as características produtivas em estudo foram nulas, uma vez que os HPD90 passou pelo zero (Tabela 5).

**Tabela 5.** Médias a posteriori (limites mínimos e máximos dos intervalos de alta densidade com 90% das amostras) das herdabilidades ( $h^2$ ) e correlações genéticas ( $r_g$ ), fenotípicas ( $r_p$ ) e residuais ( $r_e$ ) entre STAY28<sup>1</sup> e as características produtivas<sup>2</sup> de cabras Saanen em ambiente tropical

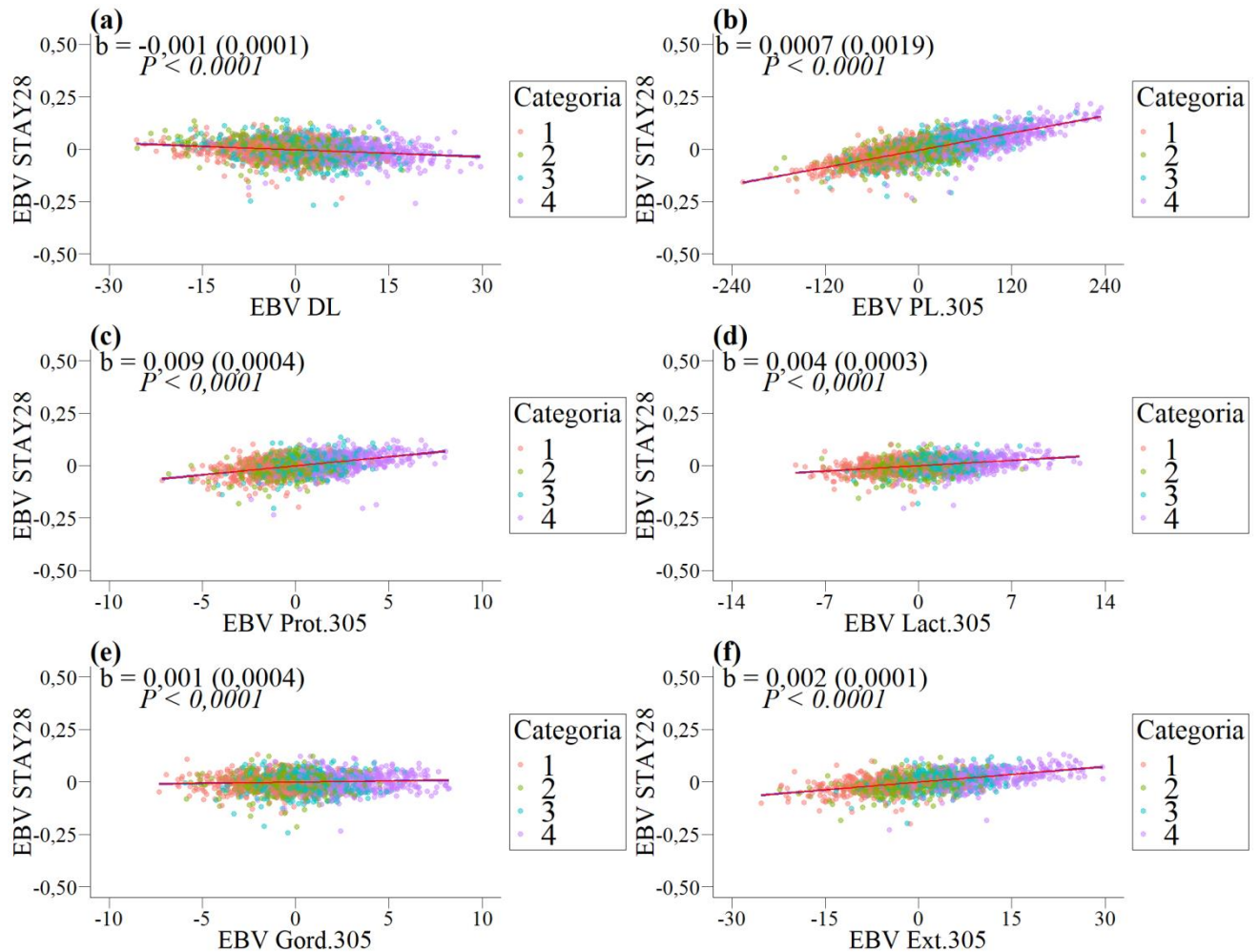
Característica	Parâmetro genético			
	$h^2$	$r_{g_{ln}}$	$r_{p_{ln}}$	$r_{e_{ln}}$
STAY28	0,07 (0,00; 0,17)			
DL	0,06 (0,01; 0,11)	-0,11 (-1,00; 0,91)	-0,06 (-0,15; 0,03)	-0,06 (-0,19; 0,05)
PL.305	0,23 (0,16; 0,30)	0,26 (-0,55; 1,00)	0,07 (-0,02; 0,16)	0,04 (-0,11; 0,17)
Prot.305	0,29 (0,19; 0,38)	0,11 (-0,76; 1,00)	0,00 (-0,10; 0,11)	-0,02 (-0,20; 0,17)
Lact.305	0,29 (0,19; 0,40)	0,11 (-0,76; 1,00)	0,03 (-0,08; 0,15)	0,03 (-0,15; 0,22)
Gord.305	0,26 (0,17; 0,35)	0,01 (-1,00; 0,78)	0,06 (-0,05; 0,15)	0,06 (-0,10; 0,22)
Ext.305	0,29 (0,19; 0,40)	0,17 (-0,71; 1,00)	0,01 (-0,09; 0,13)	-0,01 (-0,19; 0,18)

<sup>1</sup>DL = duração da lactação (dias); PL.305 = produção de leite até os 305 dias de lactação (kg); Prot.305 = produção de proteína até os 305 dias de lactação; Lact.305 = produção de lactose até os 305 dias de lactação; Gord.305 = produção de gordura até os 305 dias de lactação; Ext.305 = produção de extrato seco total até os 305 dias de lactação.

Para as características de produção os coeficientes das tendências genéticas dos EBV ao longo dos anos foram significativos ( $P < 0,0001$ ) e indicaram mudanças positivas de 2,59 kg/ano, 0,07 kg/ano, 0,10 kg/ano, 0,008 kg/ano e 0,22 kg/ano para PL.305, Prot.305, Lact.305, Gord.305, Ext.305, respectivamente, porém para DL a mudança foi muito baixa (0,06 dias/ano) mesmo sendo significativa (Figura 1S).

Dividindo os coeficientes angulares das equações de regressão (Figura 1S) pelos desvios padrões genéticos de cada característica, observou-se mudanças inferiores a 1,00% nas características, sendo 0,02% em PL305, Prot.305 e Lact.305 e 0,01% em Ext.305 ao longo dos anos avaliados. As características DL e Gord.305 sofreram modificações mais discretas no período avaliado, ambas com 0,002% de mudança ao ano. As tendências genéticas dos EBV dos efeitos diretos ao longo dos anos de nascimento para a característica STAY28 foram positivas e significativas ( $P < 0,0001$ ) (Figura 2S).

Apesar das correlações genéticas entre a característica de STAY28 e as características produtivas não serem diferentes de zero, ao regredir os EBV de STAY28 em função dos EBV das características produtivas observou-se que as regressões são significativas ( $P < 0,0001$ ) e ocorrem modificações na STAY28 de acordo com a produção (Figura 2). Para todas as características de produção, com exceção da DL, os aumentos das características de produção implicaram em aumento da STAY28 (Figura 2). O aumento de 1 kg no EBV da característica Lact.305 aumentará a STAY28 em média 0,004 unidades (Figura 2), interpretações semelhantes para as características Prot.305, Gord.305 e Ext.305 podem ser realizadas. A representação das classes no gráfico demonstrou separação entre elas, ou seja, os animais estão agrupados em classes distintas, quando se aproxima do valor zero para EBV inicia-se uma mistura entre as classes 1 com 2 e 3 com 4, mas com o avanço do valor genético dos animais no gráfico a separação das classes é retomada.



**Figura 2.** Variação dos valores genéticos (EBV) do efeito direto da característica de *stayability* aos 28 meses de idade (STAY28) em função dos EBV do efeito direto das características de produção - (a) Duração da lactação (DL), (b) Produção de leite até os 305 dias de lactação (PL.305), (c) Produção de proteína até os 305 dias de lactação (Prod.305), (d) Produção de lactose até os 305 dias de lactação (Lact.305), (e) Produção de gordura até os 305 dias de lactação (Gord.305) e (f) Produção de extrato seco total até os 305 dias de lactação (Ext.305); Regressão linear (linha vermelha) e intervalos de confiança (linha azul); b = coeficiente angular (desvio-padrão) e nível de significância são apresentados nas respectivas figuras.

## 5.4 Discussão

### 5.4.1. Avaliação genética Weibull

As características de produção detêm influências no prolongamento da vida da fêmea no rebanho (Roxström et al., 2003; Melendez e Pinedo, 2007; Pritchard et al., 2013 e Castañeda- Bustos et al., 2014; Kern et al., 2016). Destaca-se que as médias fenotípicas das características avaliadas nesse estudo estão dentro dos padrões da literatura (Castañeda-Bustos et al., 2014; Lôbo et al., 2017).

Após o início do controle leiteiro oficial, ocorrido em 2006 e com os primeiros resultados de avaliações genéticas em 2011 (Facó et al., 2011) foi possível identificar e selecionar os animais de forma precisa com base em seus valores genéticos para volume de leite produzido e também para as características de qualidade do leite. No Brasil o mercado ainda paga os produtores somente pelo leite fluido e não pela qualidade, por isso o objetivo de seleção de caprinos está focado na produção de leite e em dias de lactação, além da idade no início do primeiro parto, mas essa situação tende a mudar à medida que o mercado estiver pagando por sólidos totais e baixas contagens de células somáticas (Facó et al., 2011).

A PL.305 foi à covariável que mais afetou a STAY28 das cabras (Figura 1), fato que pode ser explicado pela seleção intensiva que vem sendo praticada diretamente para maior volume de leite produzido devido essa ser a característica de maior importância econômica (Facó et al., 2014). Os resultados do controle leiteiro oficial demonstram que também houve aumento no teor de proteína e gordura no leite ao longo dos anos a partir de 2002 até 2014, sendo que os valores mais altos para os componentes do leite tendem a ser observados na primeira lactação (Lôbo et al., 2017).

O risco relativo de descarte foi maior para a classe de animais sem informações de produção na característica PL.305. Os animais com informações fenotípicas pertencentes a classe 4, ou seja os que apresentaram as maiores produções (médias de 1.200 litros na lactação) foram os que tiveram os menores riscos de descarte no rebanho (Tabela 3). Sewalem et al. (2005) e Ducrocq (2005) com vacas Holandesas no Canadá e França, respectivamente, encontraram resultados opostos em bovinos leiteiros, pois a seleção para maior produção de leite é o principal fator que afeta a longevidade das vacas (Ducrocq 2005; Jenko et al. 2013; Pritchard et al., 2013; Kern et al., 2016).

Animais com menor desempenho classificados nas menores classes (1 e 2) para as características de produção tiveram as mesmas chances de descarte que os animais de desempenho intermediário classe (3) (Tabela 3). As decisões que cada produtor toma em relação a seleção podem ou não ocasionar maiores ou menores descartes dos animais menos produtivos. Em algumas situações como a ausência de matrizes de qualidade para reposição ou a falta de material genético no mercado para manutenção do plantel, devido as exigências que restringem a importação de materiais vivos do exterior, podem levar a retenção de fêmeas saudáveis por mais tempo no sistema, independente do seu nível de produção de leite. Nos rebanhos de cabras leiteiras há sempre a busca por animais com maiores produções de leite, por esse motivo considerar as ligações entre as características produtivas com o tempo que os animais permanecem no rebanho são importantes para obter lucratividade.

O parâmetro Weibull  $\rho$  descreve a forma da função de perigo da linha de base: quando é maior que 1, a função de perigo aumenta com o tempo e, quanto maior o parâmetro, mais acentuado é o aumento. A classe 3 foi utilizada como referência por ser um valor intermediário de produção dos animais permitindo a contraposição entre essa e as classes inferiores e superiores de desempenho (Tabela 3) e foi demonstrado haver diferenças entre ela e a classe 4 das características avaliadas. Animais que não tinham informação de produção de leite coletados para análises, nesse trabalho, foram classificados como 0 ou dado perdido, esses animais, foram os que tiveram significativamente os maiores riscos relativos, ou seja as maiores chances de não permanecerem no rebanho (Tabela 3). As classes extremas (0 e 4) foram as que revelaram resultado expressivos, mesmo não havendo diferenças nas classes intermediárias, demonstrando que existe diversidade de ambientes sob o qual os rebanhos produzem e variação no potencial genético, sendo validada ainda pela credibilidade do banco de dados utilizados ser oficial do controle leiteiro de caprinos, com mais de dez anos de execução no Brasil.

Os valores de herdabilidade para a STAY28 quando houve influência das características de produção no modelo animal de Weibull foram baixos (Tabela 4), mesmo assim relatos da literatura indicam que resposta a seleção pode ser alcançada se houver pressão de seleção para essa característica (Yazdi et al., 2002). Assim, observa-se que as características produtivas influenciam na herdabilidade da STAY28 e a sua avaliação torna-se importante para ter mais animais com maior vida produtiva, sugerindo que o valor fenotípico para as características de produção são um bom indicador do valor genético do animal e que suas filhas poderão permanecer por mais tempo no rebanho.

#### **5.4.2. Avaliação genética tradicional**

A avaliação genética para caprinos leiteiros iniciada em 2006 tem demonstrado relevância econômica para a espécie, pois os animais são selecionados de acordo com seus méritos genéticos, excluindo as influências por exemplo, de tratamento preferencial, como alimentação diferenciada para animais de maior produção de leite (Facó et al., 2011). A herdabilidade deste estudo para a característica STAY28 (0,07) foi similar às obtidas para *stayability* de cabras leiteiras nos Estados Unidos da América (EUA) aos 24 (0,08) e 36 (0,09) meses de idade (Valencia-Posadas et al., 2017).

Herdabilidade baixas e semelhantes para diferentes espécies e períodos de permanência são relatados na literatura (Kern et al., 2015; Rocha et al., 2018). Com isso pode-

se concluir que a *stayability* é uma característica que possui diversos fatores ambientais e/ou não genéticos que a influenciam e possivelmente características associadas a ela geneticamente e com maiores valores de herdabilidade devem responder melhor a seleção genética.

A *stayability* das cabras é uma característica que não é comumente avaliada, limitando as informações disponíveis sobre a vida produtiva dos caprinos leiteiros (Torrero, 2010). Correlações altas e positivas foram relatadas entre *stayability* e produção de leite com caprinos leiteiros nos EUA (Valencia-Posadas et al., 2017). Estudo avaliando a vida produtiva da cabra até os 72 meses de idade com a produção de leite obtiveram correlações genéticas e fenotípicas moderadas (Castañeda-Bustos et al., 2014). Diante dessas observações ao selecionar para outras características produtivas acarretará em melhoras na duração da vida produtiva das cabras. Se a cabra tiver maior produção de leite e de gordura, ela terá maior tempo de permanência no rebanho, de acordo com Castañeda-Bustos et al. (2014). Em bovinos leiteiros, Sewalem et al. (2004) comprovaram que quanto maior a produção de leite e proteína maior é a estabilidade da vaca no sistema. Porém nesse trabalho as correlações genéticas e fenotípicas entre a característica STAY28 e as características produtivas não foram diferentes de zero, indicando que essas características não são correlacionadas (Tabela 5).

Ao realizar a regressão dos EBV da STAY28 em função dos EBV das características produtivas pode-se comprovar as relações existentes entre essas características que não foram captadas pela correlação genética. A utilização de informações produtivas das fêmeas são opções que viabilizam a melhoria indireta na sobrevivência das cabras produtoras de leite e, portanto, são preditores eficazes da *stayability*. Os coeficientes de regressão dos efeitos genéticos diretos foram significantes para todas as características produtivas (Figura 2), sinalizando a presença de compensações genéticas entre sobrevivência e produção.

Ficou destacado que a seleção para estender a duração da lactação prejudica a permanência dos animais no rebanho, devido ao comportamento decrescente do valor genético dos animais quando ocorre o prolongamento dos dias da lactação (Figura 2). Assim, identificar as causas que comprometem a eficiência reprodutiva vão auxiliar na permanência do animal no rebanho e controlar os efeitos como o prolongamento de DL, que desfavorece o aumento da média de *stayability* da fêmea ao longo dos anos.

As informações fenotípicas de produção apresentados no presente estudo são de propriedades comerciais que, em parceria com a Embrapa, participam do controle leiteiro oficial de caprinos no Brasil. A seleção durante esses anos tem sido baseada em aumentar a



produção de leite produzida por fêmea no rebanho. Diante desse panorama a melhoria em PL.305 seguida de Ext.305, Lact.305, Prot.305 e Gord.305 apresentaram maior aumento na tendência genética em relação as outras características de produção (Figura 1S), como consequência da seleção direta. A variabilidade observada para os componentes do leite foi importante e deve ser considerado para o desenvolvimento da indústria de cabras leiteiras no Brasil, pois atualmente os produtores, cooperativas e indústrias tem buscado outras alternativas, como o desenvolvimento de produtos lácteos a partir do leite caprino.

Confirmou-se aumento discreto na tendência dos valores genéticos para a característica STAY28 (Figura 2S), mesmo não havendo seleção direta para a mesma. Torna-se assim viável selecionar para *stayability* diante da possibilidade de poder ter no mesmo animal o melhor da característica STAY, sem perder ou ter que ignorar as outras características de produção. Além de evidenciar que quando um animal conseguiu se manter por maior tempo no rebanho é porque esse atingiu a superioridade, tanto em produção quanto na capacidade de deixar progênes na fazenda. Se uma fêmea ficou mais que 28 meses no rebanho foi porque ela atingiu no mínimo dois partos e gerou cerca de 3,2 crias na fazenda.

#### **5.4.3. Avaliação genética Weibull vs. Avaliação genética tradicional**

A utilização do modelo animal permite estimar de forma precisa os efeitos genéticos e não genéticos que afetam múltiplas características (Henderson, 1973). Para obter estimativas adequadas que permitam concluir os resultados, o modelo animal desse estudo apoiou-se nos efeitos genético direto do animal e não-genéticos (idade e grupos de contemporâneos).

A utilização de análises bicaracterísticas em modelo linear-limiar possibilita avaliar os fatores genéticos que influenciam características contínuas e categóricas e suas associações. Isso proporciona avaliação mais consistente dos efeitos que interferem nos resultados, sugerindo que através de programas de seleção, benefícios expressivos sejam evidenciados para melhoria genética dos rebanhos.

O descarte dos animais tem que ser um equilíbrio entre produção de leite, partos e progresso genético. Os efeitos genéticos foram os responsáveis pelas diferenças quando os animais foram divididos em classes (Figura 2) ficando nítida a separação, no qual os animais que apresentam os maiores valores para as características de produção estão nas classes mais altas e também detêm os maiores valores genéticos.

O efeito contrário ocorreu para DL, quanto maior foi a extensão da lactação e também a classificação categórica do animal, menor foi seu valor genético para habilidade de

permanência no rebanho, demonstrando que longas durações da lactação não são vantajosas para sobrevivência das fêmeas (Figura 2). Animais classificados nas classes intermediárias (2 e 3) se misturam no gráfico ficando próximo aos animais da classe 1, constatando que melhorias genéticas para DL ocorrem nos animais que estão seccionados moderadamente. Essa afirmação foi possível devido a realização da avaliação genética, que permitiu detectar as características que quando são utilizadas como critério de seleção podem aumentar também a STAY28.

É comum em propriedades leiteiras os produtores amenizarem os problemas reprodutivos que acarretam na dificuldade de prenhez das fêmeas, aumentando o tempo de lactação das mesmas, mesmo sendo baixa a sua produção de leite e com diagnóstico de prenhez negativa, conseqüentemente esse comportamento reflete num intervalo de partos maior e reduz a quantidade de cabras que estarão em lactação na próxima estação (López-Gatius et al., 2002). Outras questões podem indiretamente levar a prorrogação da lactação, como aumento nas concentrações sanguíneas de corpos cetônicos e de ácidos graxos não esterificados após o parto, associados a problemas metabólicos de cetose (Rodrigues et al., 2007), além de problemas de manejo na fazenda como baixa detecção de estro (Morais et al., 2008). Ainda, o escore de condição corporal (ECC) é outro fator que influencia o potencial da cabra em ciclar novamente após o parto, influenciando dessa forma a duração da lactação, pois as mudanças hormonais interferem na maturação folicular e na ovulação comprometendo a fertilidade e a qualidade do embrião (Rodrigues et al., 2007).

Constatando que a escolha de animais com DL muito prolongadas prejudica a STAY28. A ampliação da DL é um investimento oneroso, pois há o aumento dos requisitos de energia para manutenção da produção de leite o que impacta na reprodução, diminuindo a quantidade de crias por cabra. Assim, um pequeno aumento na produção pode ser compensado pela combinação do ajuste de seleção com um ajuste da proporção da DL (Douhard et al., 2014).

Alguns animais que foram classificados nas classes dois (2) e três (3) para produção de leite apresentam valor genético semelhante a animais pertencentes a classe quatro (4) (Figura 2). A seleção de animais com melhores valores ou classificados em classes mais elevadas para essas características pode ser eficiente na melhoria indireta da vida produtiva em cabras leiteiras. Porém, existe a necessidade de que o animal seja criado em um ambiente favorável a expressão da sua produção para que essa não fique subdimensionada. Esse fato valida que o uso das informações fenotípicas é eficaz para melhoria na *stayability* das fêmeas no rebanho.

Entretanto, escolhas equivocadas dos reprodutores podem ocorrer sendo indicada a seleção dos animais com base no seu valor genético.

A análise de sobrevivência viabilizou conhecer a chance de o animal ser descartado, que é expressa em razão de risco. Entretanto, detectou diferenças somente para a classe 4 de animais de altas produções e a classe de animais sem informação de produção dentro de cada característica que foi significativa no modelo. A avaliação genética tradicional por meio de análise bicaracterística possibilitou conhecer a estrutura de variância e covariância que influenciam as características de *stayability* e as produtivas, ainda, favoreceu a estimativa da tendência genética pelo cálculo ao longo dos anos de nascimento e comprovou que o processo de seleção dos animais tem sido eficaz. E o ponto mais relevante da avaliação genética tradicional é que permitiu conhecer como os valores genéticos de duas características se comportam e quantificar de maneira adequada a influência das características de produção na STAY28.

Melhorando a vida produtiva das cabras leiteiras melhora-se também a eficiência da produção leiteira, diminuindo os custos de reposição, capturando maior potencial de produção de leite de cabras maduras, permitindo ainda que os produtores escolham quais animais devem ser retidos e criados no sistema. A preocupação com a saúde animal e bem-estar também tem um papel importante nos objetivos de longevidade, pois como demonstrado nos resultados, animais de alta produção permanecem mais tempo no rebanho e mais atenção deve ser dada a esse comportamento, para que a seleção somente para altos volumes de leite produzidos não afetem a saúde dessas fêmeas.

## 5.5 Conclusões

A característica STAY28 é eficiente para seleção de forma precoce para permanência no rebanho de caprinos leiteiros, sendo uma característica valiosa quando necessário a tomada de decisões no descarte de animais, ao invés da utilização de características que são expressas tardiamente na vida das fêmeas, portanto os criadores podem usa-la como critério de seleção de vida produtiva no rebanho.

As características relacionadas a produção de leite influenciam na *stayability* aos 28 meses de idade de cabras Saanen em ambiente tropical, desse modo os criadores podem selecionar os animais de alta produção de leite e seus constituintes, porque as fêmeas ficaram por mais tempo no rebanho, ou no mínimo por 28 meses de idade, alcançando dois partos no rebanho. Porém a seleção somente para volume de leite produzido merece atenção por estar privilegiando animais cada vez mais produtivos e de maiores estruturas corporais para o

sistema de produção, diante disso o equilíbrio entre produção, genética e saúde dos animais deve ser priorizado.

## 5.6. Referências Bibliográficas

ARNAL, M. ROBERT-GRANIÉ, C. AND LARROQUE, H. Diversity of dairy goat lactation curves in France. *J. Dairy Sci.* v. 10, p.1–12, 2018.

BORGES, C. H. P. Goat milk production costs in the southeastern region of Brazil. In: II Simpósio Internacional sobre Caprinos e Ovinos de Corte, I Simpósio Internacional sobre o Agronegócio da Caprinocultura Leiteira, 29/09 a 03/10 de 2003 – João Pessoa – PB – Brasil, 2003.

CABRITA, A.M.F.L. Curvas de lactação em cabras Saanen, Alpinas e cruzadas. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Zootécnica – Produção Animal, Lisboa, 2013.

CASTAÑEDA-BUSTO, V.J.; MONTALDO, H.H.; TORRES-HERNANDEZ, G. et al. Estimation of genetic parameters for productive life, reproduction, and milk-production traits in US dairy goats. *J DairySci.*, v.97, p.2462–2473, 2014.

DOUHARD, F.; TICHIT, M.; AMER, P.R. et al. Synergy between selection for production and longevity and the use of extended lactation: Insights from a resource allocation model in a dairy goat herd. *J. Anim. Sci.*, v.92, p.5251–5266, 2014.

DUCROCQ, V. An improved model for the French genetic evaluation of dairy bulls on length of productive life of their daughters. *Anim. Sci.* v. 80, p. 249–256, 2005.

FACÓ, O.; LÔBO, R.N.B.; GOUVEIA, A.M.G. et al. Breeding plan for commercial dairy goat production systems in southern Brazil. *Small Rumin. Res.* v. 98, p. 164–169, 2011.

GADGIL, M., AND W. H. BOSSERT. Life historical consequences of natural selection. *Am. Nat.* v. 104:1, p. 1-24, 1970.

GEWEKE, J. (1992). Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to the calculation of posterior moments. In: Bernardo JM, Berger JO, Dawid AP, Smit AFM (eds.) Bayesian

statistics. 4. *Proceedings of the 4th Valencia international meeting held in Peñíscola, Spain*, April 15-20, 1991, New York, NJ, USA, p. 169-193.

GIANOLA, D.; SORENSEN, D. Likelihood, bayesian, and MCMC methods in quantitative genetics. 2.ed. *Statistics for Biology and Health: Springer*, 2002. 740p

GONÇALVES, A.L., LANA, R.P.; VIEIRA; R.A. M. et al. 2008. Avaliação de sistemas de produção de caprinos leiteiros na região Sudeste do Brasil. *R. Bras. Zootec.* v. 37, p. 366-376, 2008.

HENDERSON CR. Sire evaluation and genetic trends. *J Anim Sci.* p. 10±41, 1973.

IMBAYARWO-CHIKOSI, V. E. et al. Genetic prediction models and heritability estimates for functional longevity in dairy cattle. *South African Journal of Animal Science*, Pretoria, v. 45, n. 2, p.105-121, 2015.

JENKO, J.; DUCROCQ, V.; KOVAČ, M. Comparison of piecewise Weibull baseline survival models for estimation of true and functional longevity in Brown cattle raised in small herds. *Animal*, v. 7, p. 1583–1591, 2013.

KERN, E.L.; COBUCCI, J.A.; COSTA, C.N. et al. Genetic association between longevity and linear type traits of Holstein cows. *Sci. Agric.*, v.72, n.3, p.203-209, 2015.

KERN, E.L.; COBUCCI, J.A.; COSTA, C.N. et al. Survival analysis of productive life in Brazilian Holstein using a piece wise Weibull proportional hazard model. *Livest. Sci.*, v.185, p.89-96, 2016.

LAWRENCE, R.C. Processing conditions. Factors affecting the yield of cheese. Brussels: *In D.B. Emmons. International Dairy Federation*, p. 64-78, 1993.

LÔBO, A.M.B.O., LÔBO, R.N.B., FACÓ, O. et al. Characterization of milk production and composition of four exotic goat breeds in Brazil. *Small Rumin. Res.* v. 153, p. 9–16, 2017.

LÓPEZ-GATIUS, F.; SANTOLARIA, P.; YÁNIZ, J. et al. Factors affecting pregnancy loss from gestation day 38 to 90 in lactating dairy cows from a single herd. *Anim. Reprod. Sci.*, v. 57, p. 1251-61, 2002.

MELLENDEZ, P.; PINEDO, P. The Association between reproductive performance and milk yield in Chilean Holstein cattle. *J Dairy Sci.*, v.90, p.184–192, 2007.

MÉSZÁROS, G.; SÖLKNER, J.; DUCROCQ, V. The Survival Kit: Software to analyze survival data including possibly correlated random effects. *Computer Methods and Programs in Biomedicine. Amsterdam*, v. 110, p. 503–510, 2013.

MISZTAL, I., TSURUTA, S., STRABEL, T. et al. (2015) BLUPF90 and related programs (BGF90). In: *Proc 7th World Congr Genet Appl Livest Prod*, Montpellier, France communication 28-07.

MORAIS, D. A. E. F, LIMA, F. R. G., VASCONCELOS, A. M. et al. Manifestação de estro, fertilidade e desempenho reprodutivo de cabras leiteiras de diferentes raças em ambiente quente. *Caatinga*, v.21, p. 62 - 67, 2008.

PÉREZ-CABAL, M. A., GARCÍA, C., GONZÁLEZ-RECIO, O. and ALENDA, R. Genetic and phenotypic relationships among locomotion type traits, profit, production, longevity, and fertility in Spanish dairy cows. *J. Dairy Sci.* v. 89, p. 1776–1783, 2006.

PRITCHARD, T.; COFFEY, M.; MRODE, R.; WALL, E. Understanding the genetics of survival in dairy cows. *J Dairy Sci.*, v.96, p.3296–3309, 2013.

RAFTERY, A.L.; LEWIS, S. One long run with diagnostics: implementation strategies for Markov chain Monte Carlo. *Statistical Science*, v.7, p.493-497, 1992.

ROCHA, G. M. F., COBUCCI, J. A., COSTA, C. N. et al. Genetic association between *stayability*, and productive and reproductive traits in Holstein cows. *Anim Prod Sci.* p. A-F, 2017.

RODRIGUES, C.A.F.; RODRIGUES, M.T.; BRANCO, R.H. et al. Avaliação do consumo e de metabolitos plasmáticos de cabras gestantes com duas condições corporais alimentadas com dietas formuladas com diferentes níveis de energia. *Rev. bras. zootec*, v. 36, p. 945-952, 2007.

ROXSTROM, A.; DUCROCQ, V.; STRANDBERG, E. Survival analysis of longevity in dairy cattle on a lactation basis. *Genet Select Evol.*, v.35, p.305-318, 2003.

R Development Core Team (2015) 'R: a language and environment for statistical computing.' (R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria)

SARMENTO, J. L. R., PIMENTA FILHO, E. C., RIBEIRO, M.N. et al. Fatores Genéticos e de Ambiente Sobre o Intervalo de Partos de Cabras Leiteiras no Semi-Árido Nordeste. *R. Bras. Zootec.*, v.32, p.875-879, 2003.

SEWALEM, A. et al. Analysis of the relationship between type traits and functional survival in Canadian Holsteins using a Weibull Proportional Hazards Model. *J Anim Sci.*, v. 87, p. 3938-3946, 2004.

SEWALEM, A.; KISTEMAKER G.J.; DUCROCQ V.; VAN DOORMAAL B.J. Genetic analysis of herd life in Canadian dairy cattle on a lactation basis using a Weibull proportional hazards model. *J Dairy Sci.*, v.88, p.368-375, 2005.

SMITH, B.J. Bayesian output analysis program (BOA) version 1.1 user's manual. University of Iowa, Iowa City, IA, 2005.

STEARNS, S. C. The evolution of life histories. *Oxford Univ. Press, Oxford, UK.* 1992.

TORRERO, G. Y. Estimación de covarianzas para características de longevidad y producción en cabras. *MS Thesis.* Universidad de Guanajuato, Irapuato, Gto. México, 2010.

VALENCIA-POSADAS, M.; TORRERO-GARZAB, Y.; TORRES-VÁZQUEZCET, J.A. et al. Genetic parameters for functional *stayability* to 24 and 36 months of age and first lactation milk yield in dairy goats. *Small Rumin. Res.*, v.149, p.209–213, 2017.

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

WALL, E., WHITE, I.M.S., COFFEY, M.P., BROTHERSTONE, S. The Relationship Between Fertility, Rump Angle, and Selected Type Information in Holstein-Friesian Cows. *J Dairy Sci.* v. 88, p. 1521-1528, 2005.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia da análise de sobrevivência assim como da avaliação genética dos animais, aplicadas nessa tese, para o estudo da habilidade de permanência (*stayability*), geraram resultados satisfatórios que poderão ser vastamente utilizados no intuito de beneficiar o Programa de Melhoramento Genético de Caprinos Leiteiros no Brasil. Esta pesquisa ainda traz as vantagens de auxiliar os produtores de cabras leiteiras em seus criatórios no momento da seleção dos reprodutores e matrizes.

O modelo de regressão de Cox e o estimador Kaplan-Meier forneceram resultados significativos quando estudadas as características morfométricas e de tipo leiteiro em caprinos, indicando aquelas que surtem efeitos de aumentar ou diminuir o risco de descarte das fêmeas. Essas variáveis já são habitualmente mensuradas no sistema de criação e tem a importância de agregar maior valor as matrizes leiteiras.

As estimativas da herdabilidade apresentaram valores baixos para *stayability* tanto no uso do modelo animal de Weibull, quanto no modelo de linear-limiar. A variável produção de leite apresentou destaque ao influenciar o risco de descarte dos animais. Apesar de pequenas alterações serem verificadas para as características ao longo dos anos, uma tendência genética positiva para a permanência dos animais no rebanho foi observada. Mesmo não havendo correlação entre a STAY28 e as características produtivas a análise de regressão dos valores genéticos dos animais permitiu conhecer a relação que existe entre elas, demonstrando que animais distribuídos nas classes mais altas de produção permanecem por mais tempo no rebanho, portanto os criadores podem usar a característica STAY28 como forma de seleção precoce de fêmeas que ficaram mais tempo no rebanho.

Ressalta-se, que tem se tornado uma prática comum na bovinocultura de corte no Brasil a estimação dos parâmetros e dos valores genéticos para característica *stayability*, e o que foi determinante para a decisão de usar essa variável na seleção dos animais, foram às diversas pesquisas científicas em torno dessa característica categórica. Hoje os programas mais conceituados aplicam um valor econômico alto no índice de seleção para *stayability* de vacas de corte que expressa a capacidade da fêmea permanecer até os 76 meses de idade no rebanho, parindo pelo menos três vezes. Diante desse enfoque a importância de adotar essa característica também para caprinos poderá trazer consequências positivas para o rebanho leiteiro no Brasil, assim como já vem ocorrendo com outras espécies. Mas uma atenção deve ser dada a seleção baseada somente no volume de leite produzido pelas fêmeas, por estar



selecionado animais cada mais produtivos e maiores em estatura e conseqüentemente em exigências nutricionais para o sistema de produção, nessa situação a busca pelo equilíbrio entre produção, genética e saúde dos animais deve ser priorizado.

## 7. ANEXOS

### A- Comprovante de submissão do artigo 1

**Caixa de entrada**

- Com estrela
- Adiados
- Importante
- Enviados
- Rascunhos 4
- Catennrias
- Talita +
- Idalmo Pereira

**Animal Production Science** <onbehalf@manuscriptcentral.com> para eu

qui, 29 de nov 02:52 ☆ ↶ ⋮

inglês > português Traduzir mensagem Desativar para: inglês x

29-Nov-2018

Dear Ms Ferreira:

Your manuscript AN18738, entitled "Proportional hazard models associated with the survival of tropical dairy goats" has been unsubmitted to Animal Production Science.

To update the submission please do the following:

1) Animal Production Science has recently changed its requirements for manuscript abstracts. Structure the Abstract as explained in the Author Instructions at <http://www.publish.csiro.au/an/forauthors/AuthorInstructions#16>. Abstracts of research articles and methods papers should be formatted to include the following labelled sections: Context, Aims; Methods; Key results; Conclusions; Implications.

For information on Journal submission please consult the Author Instructions at <http://www.publish.csiro.au/an/forauthors/AuthorInstructions>

Your manuscript is located in the 'Unsubmitted Manuscripts' section in the 'My Manuscripts' area of your Author Centre. Find the submission that needs updating and click on the 'Continue Submission' button. Please DO NOT delete the submission.

Please contact the Editorial Office if you have any queries regarding this process.

Sincerely,  
Animal Production Science Editorial Office

**ANIMAL PRODUCTION SCIENCE**

Home Author Review

Author Dashboard

**Author Dashboard**

- 1 Submitted Manuscripts >
- 6 Manuscripts I Have Co-Authored >
- Start New Submission >
- Legacy Instructions >
- 5 Most Recent E-mails >

## Submitted Manuscripts

STATUS	ID	TITLE	CREATED	SUBMITTED
EA: Cummins, Meghan	AN18738	Proportional hazard models associated with the survival of tropical dairy goats	26-Nov-2018	03-Dec-2018
Under Review		<a href="#">View Submission</a>		
Copyright Non-US Govt. Empl. Completion submitted (13-Dec-2018) - view		<a href="#">Cover Letter</a>		



**PADRÃO RACIAL SAANEN**

	IDEAL	PERMISSIVEL	DESCCLASSIFICANTE
<b>I. CABEÇA</b>	Média, cônica, alongada e fina; testa bem proporcionada e descarnada. No macho, barba longa; e na fêmea, pequena. Focinho grande e largo.		
PERFIL	Sub-Côncavo ou retilíneo.		Convexo, côncavo.
ORELHAS	Pequenas ou médias, eretas.	Na horizontal.	Grandes e pendentes, mal implantadas e dobradas.
CHIFRES	Com chifres ou amochados.	Mocho.	
OLHOS	Grandes, castanhos claros.		
<b>II. PESCOÇO</b>	Nos machos, forte e bem implantado. Proporcional ao corpo. Nas fêmeas, delgado e harmonioso. Com ou sem brinco.		
<b>III. TRONCO</b>	Bem conformado, longo e profundo.		
PEITO	Saliente e amplo, bem largo no macho.		
LINHA DORSO-LOMBAR	Retilínea.		
TÓRAX	Amplo, profundo, costelas bem arqueadas. Grande perímetro do tórax.		
VENTRE	Amplo, profundo e de boa capacidade.		
ANCAS	Bem separadas.		
GARUPA	Longa e larga, suavemente inclinada.		Curta, muito inclinada.

	IDEAL	PERMISSIVEL	DESCCLASSIFICANTE
<b>IV. MEMBROS</b>	Fortes, bem proporcionados, alongados e bem apumados.		
CASCOS	Fortes, amarelo claro	Rajados	Pretos
<b>V. ÓRGÃOS GENITAIS</b>			
TESTÍCULOS	Normalmente desenvolvidos e móveis.		
BOLSA ESCROTAL	Tamanho médio, pele solta e flexível.		
VULVA	Rosada, normalmente desenvolvida.		
<b>VI. APARELHO MAMÁRIO</b>			
ÚBERE	Globoso, volumoso, bem inserido, livre de carnosidade e simétrico. Veias mamárias, longas, grossas e tortuosas.		
TETOS	Simétricos apontando para baixo e um pouco para frente.		
<b>VII PELAGEM</b>	Branca com pelos curtos, finos, cerrados, podendo ser um pouco mais longos na linha do dorso-lombar e nas partes baixas do corpo.	Pequenas manchas escuras no úbere e orelhas. Pintas pretas de até 1 cm em qualquer parte do corpo. Pelagem creme uniforme ou não.	Outras pelagens.
PELE	Rósea.		
MUCOSA	Róseas ou com pequenas manchas escuras.		
<b>VIII. APTIDÃO</b>	Leiteira.		

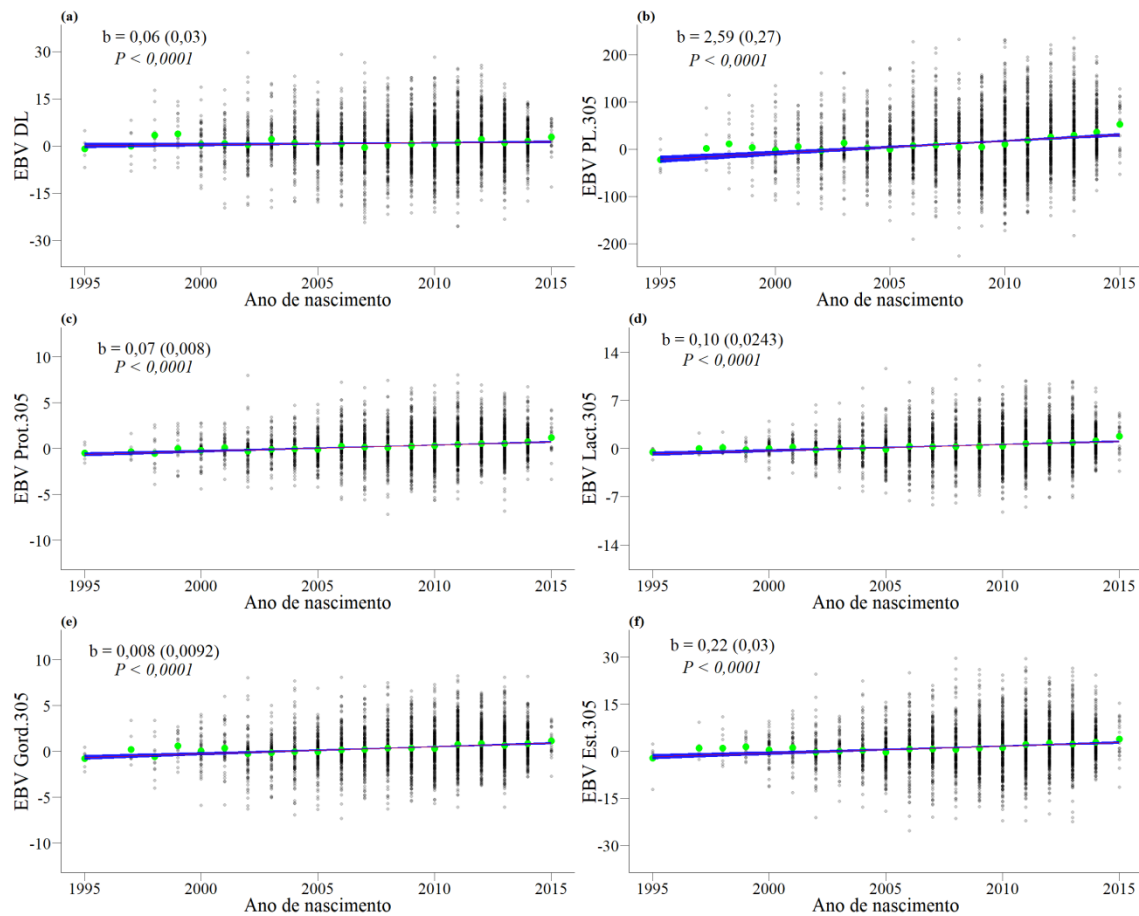
**C- Tabela suplementar artigo 2**

**Tabela 1S.** Médias a posteriori (limites inferior e superior dos intervalos de alta densidade com 90% das amostras – HPD90) para variâncias genética ( $\sigma_a^2$ ), residual ( $\sigma_e^2$ ) e fenotípica ( $\sigma_p^2$ ) de cabras da raça Saanen em ambiente tropical

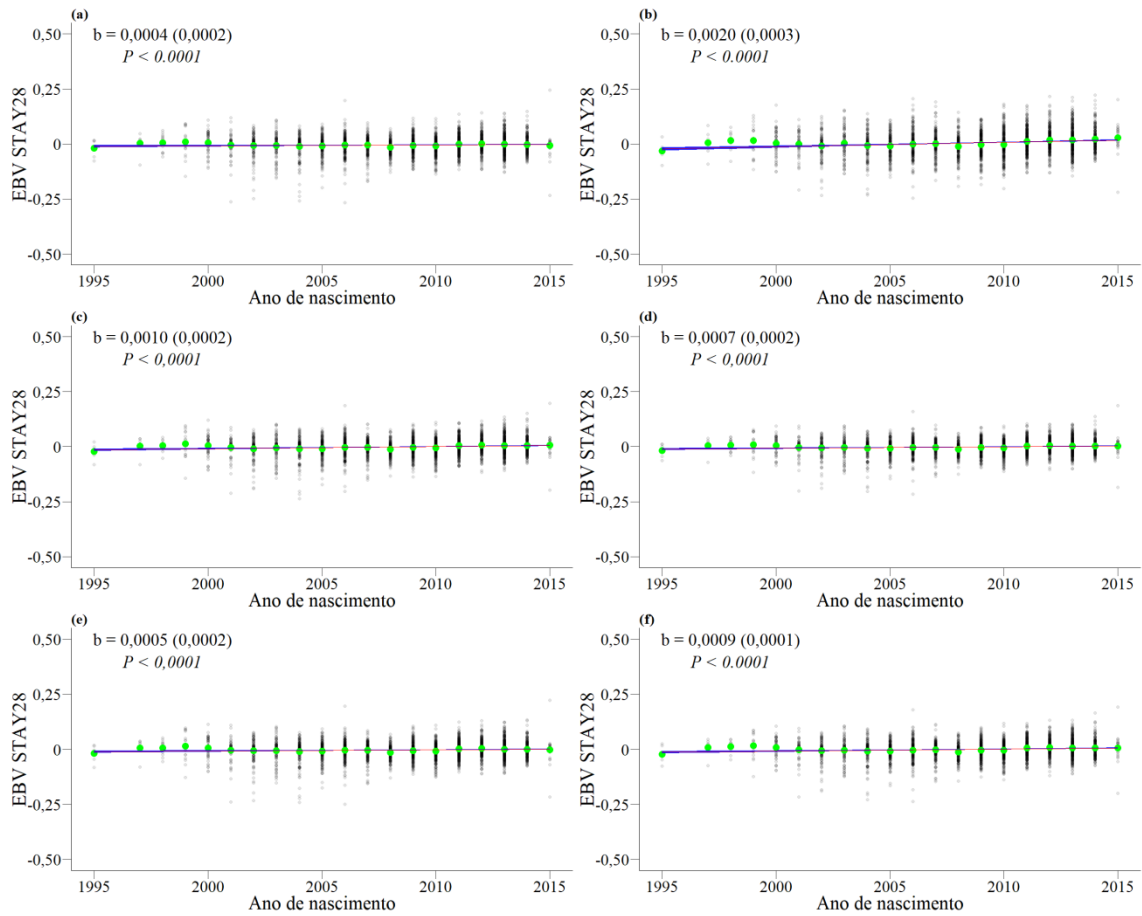
Característica <sup>1</sup>	$\sigma_a^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_p^2$
STAY28	0.08 (0.00; 0.20)	0.97 (0.92; 1.03)	1.06 (0.93; 1.19)
DL	608 (95; 1011)	9368 (8785; 10000)	9976 (9493; 10441)
PL.305	13672 (9356; 17910)	45402 (41270; 9390)	59074 (56120; 61990)
Prot.305	13.60 (8.73; 18.28)	33.33 (29.01; 37.63)	46.93 (44.28; 49.86)
Lact.305	30.79 (19.86; 42.66)	74.26 (63.89; 84.22)	105.05 (98.55; 111.76)
Gord.305	20.09 (12.66; 27.21)	57.75 (51.08; 64.66)	77.84 (73.20; 82.21)
Ext.305	220 (136; 304)	543 (467; 616)	763 (715; 810)

<sup>1</sup>DL = duração da lactação (dias); PL.305 = produção de leite até os 305 dias de lactação (kg); Prot.305 = produção de proteína até os 305 dias de lactação (kg); Lact.305 = produção de lactose até os 305 dias de lactação (kg); Gord.305 = produção de gordura até os 305 dias de lactação (kg); Ext.305 = produção de extrato seco total até os 305 dias de lactação (kg).

## D - Figuras Suplementares artigo 2



**Figura 1S.** Variação do valor genético (EBV) das características duração da lactação (DL), produção de leite até os 305 dias de lactação (PL.305), produção de proteína até os 305 dias de lactação (Prod.305), produção de até os 305 dias de lactação (Lact.305), produção de gordura até os 305 dias de lactação (Gord.305), produção de extrato seco total até os 305 dias de lactação (Ext.305) ao longo dos anos de nascimento; médias dos EBV por ano, tendência genética dos (EBV) e intervalos de confiança;  $b$  = coeficiente angular (desvio-padrão) e nível de significância são apresentados nas análises. (a) – corresponde a análise bicaracterística entre STAY28 e DL; (b) – corresponde a análise bicaracterística entre STAY28 e Prod.305; (c) – corresponde a análise bicaracterística entre STAY28 e Prod.305; (d) – corresponde a análise bicaracterística entre STAY28 e Lact.305; (e) – corresponde a análise bicaracterística entre STAY28 e Gord.305; (f) – corresponde a análise bicaracterística entre STAY28 e Ext.305.



**Figura 2S.** Variação do valor genético (EBV) do efeito direto para a característica de *stayability* aos 28 meses de idade (STAY28) ao longo dos anos de nascimento; médias dos EBV por ano, tendência genética dos (EBV) e intervalos de confiança;  $b$  = coeficiente angular (desvio-padrão) e nível de significância são apresentados nas análises. (a) – corresponde a análise bicaracterística entre STAY28 e DL; (b) – corresponde a análise bicaracterística entre STAY28 e Prod.305; (c) – corresponde a análise bicaracterística entre STAY28 e Prot.305; (d) – corresponde a análise bicaracterística entre STAY28 e Lact.305; (e) – corresponde a análise bicaracterística entre STAY28 e Gord.305; (f) – corresponde a análise bicaracterística entre STAY28 e Ext.305.