

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**CARACTERIZAÇÃO DOS MOTIVOS DE DESCARTE E ESTIMATIVAS DE
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA LONGEVIDADE DE VACAS
DA RAÇA HOLANDÊS**

TAIANA CORTEZ DE SOUZA

**SALVADOR – BAHIA
DEZEMBRO – 2024**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**CARACTERIZAÇÃO DOS MOTIVOS DE DESCARTE E ESTIMATIVAS DE
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA LONGEVIDADE DE VACAS
DA RAÇA HOLANDÊS**

TAIANA CORTEZ DE SOUZA

Zootecnista

**SALVADOR – BA
DEZEMBRO – 2024**

TAIANA CORTEZ DE SOUZA

**CARACTERIZAÇÃO DOS MOTIVOS DE DESCARTE E ESTIMATIVAS DE
PARÂMETROS GENÉTICOS PARA LONGEVIDADE DE VACAS
DA RAÇA HOLANDÊS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Área de Concentração: Melhoramento Animal.

Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando Batista Pinto

**SALVADOR – BA
DEZEMBRO – 2024**

Dados internacionais de catalogação-na-publicação
(SIBI/UFBA/Biblioteca Universitária Reitor Macedo Costa)

Souza, Taiana Cortez de.

Caracterização dos motivos de descarte e estimativas de parâmetros genéticos para longevidade de vacas da raça Holandês / Taiana Cortez de Souza. - 2024.

124 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Luís Fernando Batista Pinto.

Tese (doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Salvador, 2024.

1. Zootecnia. 2. Produção animal. 3. Bovinos de leite - Melhoramento genético. 4. Bovinos de leite - Produtividade. 5. Bovinos de leite - Reprodução. 6. Holandês (Bovino) - Reprodução. I. Pinto, Luís Fernando Batista. II. Universidade Federal da Bahia. Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

CDD - 636.20824

CDU - 636.235

**CARACTERIZAÇÃO DOS MOTIVOS DE DESCARTE E
ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS PARA LONGEVIDADE
DE VACAS DA RAÇA HOLANDÊS**

Taiana Cortez de Souza

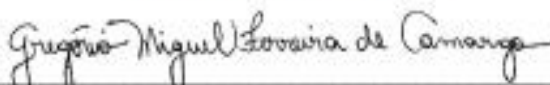
**Tese defendida e aprovada para obtenção do grau de
Doutor em Zootecnia**

Salvador, 20 de dezembro de 2024

Comissão examinadora:



**Dr. Luis Fernando Batista Pinto
Universidade Federal da Bahia
Orientador / Presidente**



**Dr. Gregório Miguel Ferreira de Camargo
Universidade Federal da Bahia**



**Dr. Luiz Fernando Brito
Purdue University**



**Dra. Hinayah Rojas de Oliveira
Purdue University**



**Dr. Flávio Schramm Schenkel
University of Guelph**

BIOGRAFIA DA AUTORA

Taiana Cortez de Souza, filha de Ricardo Antonio Appolinário de Souza e Vera Regina Cortez de Souza, nascida em 31 de março de 1993, na cidade de Salvador, estado da Bahia. Concluiu o curso de formação geral em 2010, e iniciou o curso de Zootecnia em 2011, concluindo a graduação em 2016. Em 2017 ingressou no programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pela Universidade Federal da Bahia, como bolsista CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior), sob a orientação do Professor Dr. Luís Fernando Batista Pinto, defendendo a dissertação intitulada “Associação Genômica Ampla para Identificação de Genes Candidatos Relacionados com Metabólitos Proteicos em Ovinos Santa Inês” em abril de 2019.

**“Expresse gratidão com palavras e atitudes.
Sua vida mudará muito de modo positivo”.
(Masaharu Taniguchi)**

Deus, muito obrigada!

DEDICATÓRIA

Dedico esta tese aos meus pais e à minha família, pelo apoio incondicional, incentivo constante e compreensão em todas as etapas ao longo desses anos. Sou eternamente grata por acreditarem em minhas escolhas e por sempre me apoiarem, confiantes de que eu estava fazendo o melhor para o meu futuro. Vocês foram e continuam sendo um exemplo em cada fase da minha vida. Agradeço por serem meus maiores incentivadores e por serem a razão do meu orgulho e inspiração a cada passo que avanço. Agradeço também a todos que, de forma direta ou indireta, me inspiraram ao longo desta trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela dádiva da vida, pela força e sabedoria concedidas ao longo da minha jornada. Aos meus pais, expresso minha eterna gratidão pelo incentivo constante e apoio incondicional em todos os momentos da minha trajetória. Obrigada por existirem e tornarem cada dia da minha vida mais especial, eu amo muito vocês.

Um agradecimento especial aos meus irmãos Guido, Gabriela e Tatiana minha profunda gratidão por serem companheiros incríveis e estarem sempre presentes com seu apoio e carinho. Vocês tornam a vida mais leve e repleta de alegrias. Um agradecimento especial à minha irmã gêmea, que compartilhou comigo todos os desafios e conquistas do período do doutorado, realizando sua própria jornada acadêmica em paralelo. Fomos amigas e parceiras, tanto na vida acadêmica quanto pessoal, e essa experiência foi enriquecedora. Amo vocês.

Agradeço a Pedro, por ser um parceiro e companheiro dedicado em todos os momentos, obrigada por todo o suporte e compreensão ao longo dessa jornada, agradeço de coração, muito obrigada. Agradeço a todos os meus familiares por sempre acreditarem e me apoiarem em diversos momentos e decisões na minha vida. Amo vocês!

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Luís Fernando por toda orientação ao longo dessa trajetória acadêmica. Seu conhecimento e expertise foram de valor inestimável para enriquecer minha formação e contribuir significativamente para o meu crescimento profissional e pessoal. Obrigada por sua dedicação e apoio durante todo o percurso.

Agradeço ao Prof. Dr. Luiz Fernando Brito por todo o conhecimento transmitido e pela orientação ao longo da minha trajetória de doutorado. Sou especialmente grata pela gentileza com que me recebeu durante o período do Doutorado Sanduíche, tornando essa experiência nos Estados Unidos não apenas enriquecedora do ponto de vista profissional, mas também pessoal. Muito obrigada por seu apoio e dedicação.

Agradeço de coração a todos os integrantes do grupo carinhosamente chamado de Projeto Bahia. Minha gratidão especial vai ao Prof. Dr. Flávio Schenkel, por sua confiança e por contribuir com seu vasto conhecimento, sempre demonstrando gentileza ao explicar e transmitir ensinamentos valiosos.

À Prof. Dra. Hinayah Rojas, expresso minha profunda gratidão por sua disponibilidade em agendar reuniões e me explicar de maneira sempre gentil sobre a análise dos dados. Sua paciência e cuidado em educar foram inestimáveis, sou muito grata por cada momento em que compartilhou seu conhecimento comigo.

Aos demais membros do grupo — Prof. Dr. Vítor Pedrosa, Dra. Tatiane Chud, Dr. Gérson Oliveira, e Dra. Valdecy da Cruz — minha sincera gratidão por todo o suporte e apoio prestado durante a análise de dados e o desenvolvimento do projeto. A todos vocês, meu muito obrigada pelo compromisso e pela colaboração que fizeram toda a diferença nessa jornada.

Agradeço a todos os docentes do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e a todos os docentes que passaram pela minha trajetória acadêmica por ministrarem aulas excelentes e por transmitirem conhecimentos em diversas disciplinas. Sua dedicação contribuiu significativamente para o meu desenvolvimento acadêmico e formação profissional. Sou imensamente grata.

Aos amigos que fiz ao longo da vida acadêmica, meu sincero agradecimento. Vocês foram fundamentais para compartilhar experiências, conhecimentos e tornar essa jornada mais leve e enriquecedora. A parceria e o apoio de cada um de vocês contribuíram de maneira especial para o meu crescimento pessoal e acadêmico. Sou grata por cada momento que dividimos.

Agradeço ao Grupo de Pesquisa em Melhoramento Genético Animal (GEMA) por tornar cada reunião um momento de aprendizado. A troca de ideias e o ambiente acolhedor proporcionaram não apenas conhecimento, mas também momentos agradáveis que enriqueceram minha experiência acadêmica. Sou grata a todos os integrantes.

Gratidão a Henrique Mulim, que conheci no início da jornada de doutorado, e a Tatiana Cortez. Juntos formamos um grupo unido e parceiro, construímos uma amizade verdadeira e duradoura. Somos confidentes, amigos de verdade, e essa conexão é leve e de imenso valor para mim. Muito obrigada pela amizade sincera e pelo apoio de vocês.

Agradeço a todos os meus amigos por tornarem cada momento que passamos juntos leve, descontraído e repleto de alegria. Sou imensamente grata por cada riso compartilhado e pelo carinho que sempre demonstram. Obrigada por estarem ao meu lado e fazerem parte dessa caminhada.

Agradeço a todos os profissionais que, em cada etapa da minha vida, contribuíram tanto para o meu crescimento pessoal quanto profissional. Cada um de vocês fez e continua fazendo parte essencial da construção do meu conhecimento. Sou imensamente grata por tudo, que recebi ao longo dessa jornada.

Muito Obrigada!

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 01

	Página
Figura 1 - Distribuição dos motivos de descarte de vacas Holandês por ano	42
Figura 2 - Distribuição dos motivos de descarte de vacas Holandês por estação	43
Figura 3 - Distribuição dos motivos de descarte nas quatro principais províncias produtoras de leite do Canadá	44
Figura 4 - Distribuição dos motivos de descarte por regiões climáticas no Canadá (BSk = clima semiárido frio, Cfb = clima oceânico temperado, Csb = clima mediterrâneo de verão quente, Dfa = clima continental de verão quente e úmido, Dfb = clima continental de verão frio e úmido, Dfc = clima subártico e ET = clima de tundra)	46
Figura 5 - Distribuição dos motivos de descarte de vacas Holandês por ecorregiões do Canadá.....	47
Figura 6 - Distribuição dos motivos de descarte de vacas Holandês por classes de idade	50

Capítulo 02

	Página
Figura 1 - Estimativas dos componentes de variância devido ao efeito de ambiente, em cada classe de idade de descarte de vacas Holandês, sendo cada linha uma causa de descarte específica.....	79
Figura 2 - Estimativas dos componentes de variância devido ao efeito de grupo de contemporâneos, em cada classe de idade de descarte de vacas Holandês, sendo cada linha uma causa de descarte específica	80
Figura 3 - Estimativas dos componentes de variância devido ao efeito genético aditivo, em cada classe de idade de descarte de vacas Holandês, sendo cada linha uma causa de descarte específica.....	81
Figura 4 - Estimativas dos componentes de variância residual de cada causa de descarte de vacas Holandês	81

Figura 5 - Estimativas de herdabilidades ao longo das diferentes classes de idade de descarte de vacas Holandês, sendo cada linha uma causa de descarte específica.....	83
Figura 6 - Correlações genéticas entre as classes de idade 1 a 15 para vacas Holandês descartadas por: a) Motivos relacionados à idade, b) Funcionalidade, c) Econômico, d) Conformação, e) Produção, f) Saúde, g) Reprodução e h) Desconhecido	91
Figura 7 - Tendências genéticas da longevidade de vacas Holandês descartadas por motivo de motivos relacionados à idade	92
Figura 8 - Tendências genéticas da longevidade de vacas Holandês descartadas por problemas de funcionalidade.....	93
Figura 9 - Tendências genéticas da longevidade de vacas Holandês descartadas por motivo econômico.....	94
Figura 10 - Tendências genéticas da longevidade de vacas Holandês descartadas por problemas de conformação	95
Figura 11 - Tendências genéticas da longevidade de vacas Holandês descartadas por problemas de produção	96
Figura 12 - Tendências genéticas da longevidade de vacas Holandês descartadas por problemas de saúde	97
Figura 13 - Tendências genéticas da longevidade de vacas Holandês descartadas por problemas de reprodução	98
Figura 14 - Tendências genéticas da longevidade de vacas Holandês descartadas por causa desconhecida	99

LISTA DE TABELAS

Capítulo 01

	Página
Tabela 1 - Distribuição das frequências dos oito motivos de descarte por classes de idade em vacas Holandês	41
Tabela 2 - Distribuição das frequências dos oito motivos de descarte de vacas Holandês por província do Canadá	45
Tabela Suplementar 1 - Distribuição das frequências dos oito motivos de descarte de vacas Holandês por ano no Canadá	54
Tabela Suplementar 2 - Distribuição de frequências para os oito motivos de descarte de vacas Holandês por estação.....	56
Tabela Suplementar 3 - Distribuição de frequências para os oito motivos de descarte de vacas Holandês por província do Canadá	57
Tabela Suplementar 4 - Distribuição de frequências para os oito motivos de descarte por regiões climáticas em gado holandês	58
Tabela Suplementar 5 - Frequências de oito motivos de descarte de vacas Holandês por ecozona do Canadá.....	59

Capítulo 02

	Página
Tabela 1 - Número de vacas Holandês em cada motivo de descarte	72
Tabela 2 – Efeitos sistemáticos incluídos nas análises de cada causa de descarte	73
Tabela 3 - Comparação de modelos de regressão aleatória por grupos com diferentes ordens de polinômios de Legendre	78
Tabela 4 - Estimativas de herdabilidade (h^2) e respectivos desvios-padrão a posteriori (PSD), bem como intervalo das mais altas densidades a posteriori (HPD) para longevidades de vacas da raça Holandês descartadas por motivos relacionados à idade, funcionalidade, econômica e conformação nas classes das idades de 1 a 15	84
Tabela 5 - Estimativas de herdabilidade (h^2) e respectivos desvios-padrão a posteriori (PSD), bem como intervalo das mais altas densidades a posteriori (HPD) para longevidades de vacas da raça Holandês descartadas por razões relacionadas à produção, saúde, reprodução e causas desconhecidas nas classes das idades de 1 a 15.....	85

LISTA DE SIGLAS

BF - Fator de Bayes

Bsk - clima semiárido frio

CG – Grupo de contemporâneo

Cfb - clima oceânico temperado

Csb - clima mediterrâneo de verão quente

Dfa - clima continental de verão quente e úmido

Dfb - clima continental de verão frio e úmido

Dfc - clima subártico

DIC - Critério de informação de desvio

ET - clima de tundra

MCMC - Monte Carlo via Cadeias de Markov

PMP - Modelo de probabilidade posterior

RRM - Análise de Regressão Aleatória

SCC - Contagem de células somáticas

SUMÁRIO

	Página
Caracterização dos motivos de descarte e estimativas de parâmetros genéticos para longevidade de vacas da raça holandês	
Resumo geral.....	18
Abstract	19
Introdução geral	20
Revisão de literatura geral.....	22
A importância da raça holandês e o avanço das tecnologias genômicas no melhoramento do gado leiteiro.....	22
Importância da longevidade em vacas leiteiras.....	23
Definições para os tipos de descartes e os diferentes motivos para o descarte.....	25
A regressão aleatória na estimativa dos componentes de variância para indicadores de longevidade	27
Referências bibliográficas.....	28

Capítulo 01

Uma caracterização abrangente da longevidade e dos motivos de descarte em gado Holandês Canadense com base em vários fatores sistemáticos	
Resumo.....	34
Abstract	35
Introdução	36
Material e métodos	38
Declaração de ética	38
Conjunto de dados e controle de qualidade	38
Análises estatísticas.....	40

Resultados	40
Distribuição das razões de descarte por idade das vacas	40
Distribuição dos motivos de descarte por estação	42
Distribuição dos motivos de descarte por província	43
Distribuição dos motivos de descarte por região climática.....	46
Distribuições dos motivos de descarte por ecozona.....	47
Discussão	48
Conclusões	53
Agradecimentos.....	53
Referências bibliográficas.....	60

Capítulo 02

Estimativas de parâmetros genéticos e tendências genéticas para longevidade em função de várias causas de descarte de vacas da raça Holandês criadas no Canadá usando modelos de regressão aleatória

Resumo.....	67
Abstract	68
Introdução	69
Material e métodos.....	71
Declaração de ética	71
Conjuntos de dados e controle de qualidade.....	71
Estimativa de componentes de variância	72
Comparação de modelos	74
Valores genéticos e as comparações de classificação	76
Resultados e discussão	77
Definição do modelo	77
Componentes de variância	78

Estimativas de herdabilidade.....	81
Correlações genéticas entre as idades dentro de cada grupo de descarte.....	89
Tendências genéticas nos diferentes grupos de descarte.....	89
Conclusões	101
Agradecimentos.....	102
Referências bibliográficas.....	102
Considerações finais geral.....	106
Anexo	108

Caracterização dos motivos de descarte e estimativas de parâmetros genéticos para longevidade de vacas da raça holandês

RESUMO GERAL

A longevidade das vacas leiteiras impacta diretamente a rentabilidade e o bem-estar animal, tornando fundamental a identificação das causas de descarte e a estimativa de parâmetros genéticos relacionados. Uma análise das causas de descarte pode melhorar o manejo e a seleção em programas de melhoramento genético de gado leiteiro. O estudo avaliou 34 motivos de descarte em rebanhos leiteiros da raça Holandês. Foram analisados dados de 3.096.872 vacas Holandês descartadas em 9.683 rebanhos canadenses entre 1996 e 2020. Os principais motivos de descartes foram por problemas reprodutivos (23,02%), seguidos por produção de leite (20,82%) e saúde (20,39%). Cerca de 58% das vacas foram descartadas após os 47 meses de idade. Descartes por fatores econômicos tiveram frequências menores do que o esperado até 2014 e maiores entre 2015 e 2020. Problemas reprodutivos foram predominantes no outono, inverno e primavera, no verão prevaleceram problemas de saúde. Problemas reprodutivos e produção leiteira foram as principais causas de descarte na maioria das ecozonas, exceto no Boreal Shield e Atlantic Maritime, onde problemas de saúde predominaram (25,12% e 23,75%, respectivamente). Parâmetros genéticos para oito indicadores de longevidade por motivos relacionados à idade, funcionalidade, econômico, conformação, saúde, reprodução, produção e causas desconhecidas, foram estimados por meio de modelo de regressão aleatória (RRM) com polinômio de Legendre de quinta ordem. As herdabilidades variaram de baixa a alta, conforme a idade e a causa de descarte: motivos relacionados à idade (0,17-0,38), funcionalidade (0,04-0,52), econômico (0,002-0,20), conformação (0,02-0,28), produção (0,02-0,26), saúde (0,02-0,25), reprodução (0,02-0,24) e desconhecido (0,02-0,22). As correlações genéticas foram positivas em idades próximas e negativas em idades distantes. As tendências genéticas indicaram ganhos nas idades mais jovens e perdas nas idades mais avançadas. Os resultados encontrados destacam a importância de considerar as causas de descarte nos programas de melhoramento genético, possibilitando maior eficiência na seleção de vacas da raça Holandês para maior longevidade e produtividade.

Palavras-chave: desempenho reprodutivo, funcionalidade, produtividade, rebanho leiteiro, rebanho de reposição

Characterization of culling reasons and estimates of genetic parameters for longevity of Holstein cows

ABSTRACT

The longevity of dairy cows directly impacts profitability and animal welfare, making it essential to identify culling reasons and estimate related genetic parameters. Analyzing culling reasons can improve management and selection in dairy cattle breeding programs. This study evaluated 34 culling reasons in Holstein dairy herds. Data from 3,096,872 Holstein cows culled in 9,683 Canadian herds between 1996 and 2020 were analyzed. The main culling reasons were reproductive problems (23.02%), followed by milk production (20.82%) and health issues (20.39%). About 58% of the cows were culled after 47 months of age. Economic-related culling frequencies were lower than expected until 2014 and higher between 2015 and 2020. Reproductive problems were predominant in fall, winter, and spring, while health issues prevailed in summer. In Quebec, health was the main culling reason, whereas in Ontario, milk production was the primary factor. Reproductive problems and milk production were the leading causes of culling in most ecozones, except in the Boreal Shield and Atlantic Maritime regions, where health issues predominated (25.12% and 23.75%, respectively). Genetic parameters for eight longevity indicators associated with age, functionality, economic factors, conformation, health, reproduction, production, and unknown reasons were estimated using random regression models (RRM) with fifth-order Legendre polynomials. Heritability estimates ranged from low to high, depending on age and culling reason: age-related (0.17–0.38), functionality (0.04–0.52), economic (0.002–0.20), conformation (0.02–0.28), production (0.02–0.26), health (0.02–0.25), reproduction (0.02–0.24), and unknown reasons (0.02–0.22). Genetic correlations were positive for nearby ages and negative for distant ages. Genetic trends indicated gains at younger ages and losses at older ages. These findings highlight the importance of considering culling reasons in breeding programs, enabling more efficient selection of Holstein cows for increased longevity and productivity.

Keywords: reproductive performance, functionality, productivity, dairy herd, replacement herd

INTRODUÇÃO GERAL

Diversos critérios de seleção são utilizados para otimizar o desempenho produtivo de vacas leiteiras, com ênfase na produção de leite e características associadas ao tipo leiteiro. Esses critérios têm sido amplamente investigados e aplicados na seleção de bovinos especializados em produção de leite. Entretanto, há um crescente interesse por critérios de seleção que, historicamente, foram menos explorados, devido à sua baixa herdabilidade ou à dificuldade na mensuração de fenótipos de interesse. Nesse contexto, destacam-se as características indicadoras de longevidade em vacas leiteiras (SEWALEM et al., 2008; ZHANG et al., 2016), que apresentam baixa herdabilidade devido à forte influência de fatores ambientais (STRAPÁK et al., 2011).

A longevidade em vacas leiteiras refere-se à capacidade do animal de manter-se produtivo e saudável no rebanho por um período prolongado. Esse atributo é crucial para aumentar a eficiência econômica, reduzir os custos com reposição de animais e promover maior sustentabilidade nos sistemas de produção. A longevidade pode ser definida como o período em que uma vaca permanece no rebanho, compreendendo o intervalo entre o início da produção na primeira lactação e o momento de seu descarte (VANRADEN; KLAASKATE, 1993). A seleção voltada para a longevidade pode aumentar o número de ciclos produtivos, trazendo benefícios econômicos indiretos à pecuária leiteira, como a redução dos custos anuais de reposição, permitindo que os animais alcancem seu pico produtivo e promovendo também o bem-estar do próprio animal (ZHANG et al., 2016). Além disso, a emissão de metano tem ganhado destaque nos sistemas de produção atuais. Grandl et al. (2016) destacam que análises do ciclo de vida em sistemas de produção de leite devem considerar as mudanças na emissão de metano com a idade e os custos ambientais relacionados à substituição de vacas descartadas.

A melhoria da longevidade produtiva pode mitigar problemas sanitários e de infertilidade, que são os principais fatores de descarte precoce e geram significativos prejuízos ao sistema de produção (SEWALEM et al., 2008). O principal objetivo da seleção para longevidade é reduzir o descarte precoce ou involuntário de vacas, permitindo assim um maior descarte voluntário e a manutenção dos animais mais produtivos no rebanho (MIGLIOR et al., 2017). Altas taxas de abate involuntário são preocupantes tanto para o bem-estar animal quanto para a economia das fazendas leiteiras

(WEIGEL et al., 2003). Reduzir essas taxas pode aumentar a substituição voluntária, potencialmente elevando os lucros (SEWALEM et al., 2008). A longevidade está diretamente relacionada à lucratividade no sistema de produção de leite (SEWALEM et al., 2008). Vacas com maior longevidade podem permanecer anos produzindo leite no mesmo rebanho, o que torna essa característica de mensuração tardia, já que é preciso aguardar o tempo até que o descarte ocorra (JAIRATH et al., 1998).

Weigel et al. (2003) observaram que o risco de abate involuntário era menor em rebanhos com mão-de-obra familiar e com tecnologias adequadas, resultando em menor descarte de vacas produtivas e lucrativas. De acordo com Gröhn et al., (1998), vacas com maior produção de leite tendem a permanecer no rebanho por mais tempo. Além disso, a concepção desempenha um papel crucial, pois vacas com múltiplas gestações reduzem significativamente o risco de descarte. De Vries e Marcondes (2020) também relatam que baixa eficiência na produção de leite, enfermidades e problemas de fertilidade podem levar ao descarte antecipado de vacas destinadas à produção leiteira.

As razões para o descarte de vacas podem estar relacionadas a diversos fatores como doenças, baixa fertilidade, acidentes, baixa produção, problemas de conformação ou funcionalidade, dentre outros. Vários estudos têm sido conduzidos para estimar componentes de variância para indicadores de longevidade em vacas leiteiras, empregando diferentes metodologias para avaliar geneticamente a longevidade em bovinos (PRITCHARD et al., 2013; LIU et al., 2008; VANRADEN e KLAASKATE, 1993). Veerkamp et al. (2001) demonstraram que o modelo de regressão aleatória (RRM) é equivalente ao modelo de sobrevivência quando há muitos intervalos de sobrevivência definidos. A principal vantagem do RRM é sua capacidade de ajustar múltiplos efeitos genéticos em um contexto linear, permitindo modelar a longevidade como uma característica genética correlacionada ao longo da vida produtiva da vaca. Van Pelt et al. (2015) investigaram a longevidade usando um modelo de regressão aleatória para analisar como fatores genéticos influenciam a duração da vida produtiva das vacas. Oliveira et al. (2020) destacam que a eficácia preditiva do modelo de regressão aleatória (RRM) está condicionada à escolha da ordem polinomial para modelar as regressões fixas e aleatórias, além da definição apropriada do número de classes para a variância residual, sendo esses fatores geralmente específicos da população e da característica estudada.

Vários estudos já desenvolvidos com longevidade em gado leiteiro não consideraram diferentes causas de descarte, as quais geralmente não são anotadas pelos criadores. Avaliar as causas de descarte pode trazer benefícios para a avaliação genética de indicadores de longevidade. Oliveira et al. (2020) estimaram parâmetros genéticos para longevidade em função de diferentes causas de descarte de vacas da raça Angus e constaram que as estimativas de herdabilidade variavam em função das causas de descarte e havia uma baixa correlação entre as diferentes causas de descarte. O fato da herdabilidade não ser a mesma para as diferentes causas de descarte significa que algumas delas podem ter um componente genético maior do que outras. O fato de a correlação genética ser baixa indica que cada causa de descarte deve ser um alvo específico das avaliações genéticas. Assim, este estudo teve como principais objetivos descrever as frequências dos diferentes motivos de descarte de vacas da raça Holandês criadas no Canadá e avaliar o impacto de fatores sistemáticos como idade, ano, estação, província, clima e ecozona na frequência desses motivos de descartes. Também objetivou-se avaliar a longevidade em bovinos leiteiros da raça Holandesa utilizando a metodologia do modelo de regressão aleatória (RRM), focando em identificar se os motivos de descarte em diferentes idades influenciam a longevidade analisando os componentes genéticos associados. Através dessa abordagem, buscamos identificar os melhores períodos para realizar a seleção de vacas leiteiras e compreender o impacto das razões de descarte na estimativa de componentes de variância e parâmetros genéticos para indicadores de longevidade.

REVISÃO DE LITERATURA GERAL

A importância da raça Holandês e o avanço das tecnologias genômicas no melhoramento do gado leiteiro

A raça Holandês é amplamente reconhecida como uma das mais produtivas para a produção de leite, característica que a tornou uma das mais difundidas raças leiteiras em sistemas de produção, dominando a produção leiteira mundial em diversos países

(MIRANDA e FREITAS, 2009). De acordo com Brito et al. (2021), a raça Holandês se destaca como a mais eficiente na produção de leite em sistemas de produção intensiva.

A seleção para características de longevidade é crucial para maximizar o valor produtivo dos animais, otimizando os retornos econômicos das fazendas e desempenhando um papel importante no fortalecimento da indústria de laticínios (HU et al., 2021). Uma vida útil mais longa em vacas leiteiras reduz significativamente os custos anuais de reposição e permite que elas alcancem seu máximo potencial de desempenho ao atingir a maturidade. Além disso, vacas saudáveis e férteis têm menor necessidade de tratamentos e menor risco de abate involuntário, ampliando as possibilidades de abate voluntário. No entanto, em muitas populações de gado leiteiro, a longevidade foi prejudicada devido a um foco maior na seleção de características produtivas (ESSL, 1998).

A seleção em programas de melhoramento genético de gado leiteiro teve como principais objetivos a melhoria da produção e da composição do leite (MIGLIOR et al., 2017). Historicamente, as características prioritárias na seleção de vacas leiteiras incluíam a produção de leite, seguida de atenção para aspectos como a conformação do úbere, a estrutura dos pés e pernas e o teor de gordura do leite (SHANKS et al., 1983). Tecnologias genômicas podem otimizar as estratégias de melhoramento, ampliando o progresso genético no gado leiteiro, principalmente para características de baixa herdabilidade e medidas mais tardiamente na vida do animal, como a longevidade (FLEMING et al., 2019).

Importância da longevidade em vacas leiteiras

A longevidade impacta substancialmente a economia das fazendas leiteiras, sendo vantajoso manter vacas em idade mais avançada nos rebanhos. Essa abordagem é atraente devido ao potencial de maior produtividade demonstrado por vacas mais velhas em comparação com vacas mais jovens presentes no rebanho (LANGFORD; STOTT, 2012). Diversos critérios de seleção têm sido empregados para otimizar o desempenho produtivo de vacas leiteiras, com foco crescente também em características de saúde, bem-estar e sustentabilidade (BRITO et al., 2021).

Observa-se um interesse crescente em critérios de seleção que historicamente foram menos utilizados, seja devido à sua baixa herdabilidade ou à dificuldade em mensurar os fenótipos de interesse. Nesse contexto, destacam-se as características

associadas à longevidade das vacas leiteiras (SEWALEM et al., 2008; WILLIAMS et al., 2022; ZHANG et al., 2016). Melhorar a longevidade produtiva pode reduzir problemas sanitários e de infertilidade, principais fatores de descarte precoce que acarretam grandes prejuízos ao sistema de produção (SEWALEM et al., 2008). A seleção usando critérios indicadores de longevidade pode aumentar o número de ciclos produtivos, trazendo benefícios econômicos indiretos à pecuária leiteira, ocasionar redução dos custos de reposição anual, permitindo assim que os animais alcancem seu pico produtivo e consequentemente melhor bem-estar animal (ZHANG et al., 2016). O objetivo principal da seleção para longevidade é minimizar o descarte involuntário de vacas no rebanho. Ao diminuir o descarte involuntário, é possível aumentar o descarte voluntário, mantendo assim apenas os animais mais produtivos (MIGLIOR et al., 2017).

A longevidade está diretamente associada à lucratividade do sistema de produção de leite (SEWALEM et al., 2008). Para muitos, a longevidade funcional, que se refere à habilidade de uma vaca em evitar o descarte causado pela baixa produção, é o objetivo de seleção mais importante de bovinos (JOVANOVAČ et al., 2013). Contudo, as características indicadoras de longevidade geralmente apresentam baixa herdabilidade devido à forte influência ambiental (STRAPÁK et al., 2011). A longevidade das vacas leiteiras é uma característica econômica fundamental que complementa o valor genético das características produtivas e está relacionada à capacidade da vaca de conceber e manter a gestação, ao tempo de permanência no rebanho e à produção total de leite ao longo da vida das vacas leiteiras (RILANTO et al., 2022).

Vacas com maior longevidade podem passar anos produzindo leite dentro de um mesmo rebanho, o que faz da longevidade uma variável de mensuração tardia, pois é necessário esperar o tempo necessário para que o descarte ocorra (JAIRATH et al., 1998). Além disso, a substituição de uma vaca do rebanho representa um custo significativo na operação das fazendas leiteiras (FETROW et al., 2006). É desejável que os rebanhos mantenham as vacas até que atinjam a maturidade produtiva, o que normalmente ocorre em torno da quinta lactação, quando o pico de produção de leite é observado (GRANDL et al., 2019).

Segundo dados da Lactanet Canadá, o custo de criação de uma novilha de 24 meses foi relatado como CAD\$ 2.650 (FLEMING et al., 2019). Na Grã-Bretanha, enquanto um quarto dos produtores de leite recuperou os custos de criação de novilhas

após a primeira lactação, aproximadamente 68% conseguiram fazê-lo durante a segunda lactação das vacas (BOULTON et al., 2017). Ademais, de acordo com Grandl et al. (2019), cerca de 70% das vacas primíparas não conseguiam cobrir os custos de produção.

Em síntese, os custos para a manutenção de novilhas no rebanho é um ônus considerável para as operações das fazendas leiteiras, destacando a importância de estratégias eficazes de gestão de custos e de seleção genética para maximizar a eficiência e a rentabilidade.

Definições para os tipos de descartes e os diferentes motivos para o descarte

A longevidade pode ser definida como o tempo de vida de uma vaca no rebanho, ou seja, o intervalo de tempo entre o início da produção de leite na primeira lactação e o seu descarte (VANRADEN; KLAASKATE, 1993). No sistema de produção, o produtor rural tem a decisão de manter ou descartar uma vaca leiteira do rebanho. Os motivos para o descarte podem ser classificados como voluntários ou involuntários (FETROW et al., 2006; ZHANG et al., 2016). Esses descartes são definidos como voluntário quando a fêmea é removida, por exemplo, devido à baixa produção de leite. O descarte se torna involuntário quando os motivos são problemas diversos como enfermidades que comprometem a produção de leite ou baixa fertilidade (SEWALEM et al., 2008; WEIGEL et al., 2003).

Altas taxas de descarte involuntário são motivo de preocupação nas fazendas leiteiras, tanto em termos de bem-estar animal quanto do ponto de vista econômico (COMPTON et al., 2017; WEIGEL et al., 2003). Reduzir a taxa de descarte involuntário permite aumentar a taxa de substituição voluntária, potencialmente elevando os lucros de uma exploração leiteira (SEWALEM et al., 2008). O descarte pode ser evitado a depender do manejo na propriedade. Weigel et al. (2003) observaram que o risco de abate involuntário de vacas produtivas e lucrativas era menor em rebanhos com mão-de-obra familiar, além disso, rebanhos que contavam com mais tecnologias também apresentavam menores riscos de descarte de vacas de alto rendimento.

Segundo Fetrow et al. (2006), os principais motivos de descarte de vacas leiteiras são três: venda, descarte para consumo humano ou outros fins e morte na fazenda. As vacas leiteiras em sistema comercial têm sua primeira cria aos 2 anos de idade, o que estende sua vida útil total, do nascimento até o descarte, para cerca de 4,5 a 6 anos. No

entanto, sua expectativa de vida natural é de aproximadamente 20 anos (DE VRIES; MARCONDES, 2020). Logo, há uma grande diferença entre a expectativa de vida natural e tempo de vida real em uma vaca em sistema de produção comercial. Ocorre que no sistema de produção comercial é preciso selecionar os animais para que eles se tornem mais produtivos e deem maior retorno econômico ao criador. Assim, vacas com maior produção de leite conseguem manter-se no rebanho por mais tempo Gröhn et al. (1998).

Segundo Brito et al. (2021), o retorno financeiro decorrente do aumento na produção de leite tem sido o principal incentivo para a continuidade da seleção genética visando maior produtividade leiteira. Logo, fatores como baixa eficiência na produção de leite, doenças e dificuldades reprodutivas podem levar ao descarte precoce de vacas destinadas à produção leiteira (AHLMAN et al., 2011; DE VRIES e MARCONDES, 2020; RILANTO et al., 2020). Ahlman et al. (2011) avaliando a principal causa de descarte de vacas de rebanhos em sistemas de produção orgânicos, verificaram que o principal motivo foi a saúde do úbere, enquanto nos rebanhos convencionais o motivo mais comum foi a baixa fertilidade. No entanto, Fernandes et al. (2021) relataram que a contagem de células somáticas (CCS) elevada no primeiro mês de lactação prejudicou a produção de leite e a sobrevivência de vacas em rebanhos de sistema de produção orgânicos do USDA, mas não influenciou o desempenho reprodutivo.

Problemas metabólicos também estão entre as causas comuns de descarte de animais, como pode-se verificar no estudo de Probo et al. (2018) com vacas leiteiras Holstein-Friesian. Esses autores mostraram que doenças como febre do leite e deslocamento do abomaso aumentaram significativamente o risco de descarte, especialmente nos primeiros 120 dias de lactação. Rilanto et al. (2020) observaram que o período pós-parto inicial apresenta o maior risco de descarte de vacas leiteiras, sendo as doenças metabólicas uma das causas mais frequentes para o descarte. De acordo com De Vries e Marcondes, (2020), problemas de saúde em vacas jovens, como retenção de placenta, metrite, deslocamento de abomaso e cetose, são frequentemente associados ao motivo de descarte classificado como “doença”.

Problemas referentes a conformação também estão entre as causas frequentes de descarte em rebanhos de alta produção. Produtores da Estônia relataram que a maior causa de descarte das vacas dos rebanhos é por distúrbios de pés/casco (RILANTO et al., 2020), Kulkarni et al. (2023) reportaram, em um estudo realizado na Holanda, que vacas

multíparas de aptidão leiteira foram predominantemente descartadas devido a problemas relacionados à reprodução, saúde do úbere e saúde do casco, podendo então indicar que são fatores determinantes para a decisão de descarte em vacas de mais de uma lactação. Perisic et al. (2020) também observaram que o descarte precoce de vacas em rebanhos leiteiros é amplamente motivado por problemas reprodutivos, saúde do úbere e questões de pernas e pés. A importância desses fatores varia de acordo com o tipo de produção e o nível de tecnologia utilizado no manejo, o que influencia de maneira significativa as decisões de descarte em diferentes sistemas de criação.

A regressão aleatória na estimativa dos componentes de variância para indicadores de longevidade

Dentre as abordagens existentes para estimar componentes de variância para indicadores de longevidade encontra-se os modelos de regressão aleatória (RRM). Os RRM são amplamente utilizados na análise de dados longitudinais, permitindo o estudo da variabilidade genética ao longo do tempo e a seleção de indivíduos para modificar padrões de resposta. As principais vantagens dos RRM em relação a outras abordagens estatísticas residem na sua capacidade de ajustar os efeitos genéticos e ambientais aleatórios ao longo do tempo (SCHAEFFER, 2004). RRM permite a estimativa de efeitos genéticos e não genéticos ao considerar a estrutura de pedigree e incorporar efeitos aleatórios, modelando simultaneamente efeitos fixos e aleatórios. Foi inicialmente proposto por Henderson, (1982) e Laird e Ware (1982) e, posteriormente, Veerkamp et al. (1999) aplicaram o RRM na análise de sobrevivência em bovinos leiteiros, investigando a sobrevivência até a quarta lactação e ajustando variáveis dependentes do tempo. Nesse estudo, os registros das lactações de 1 a 4 foram codificados como 1 quando a lactação subsequente estava presente e 0 quando ausente.

Sánchez-Castro et al. (2019) demonstraram que o RRM apresentou desempenho preditivo superior na avaliação da retenção de vacas, ao prever a probabilidade de permanência no rebanho até os 6 anos de idade, superando modelos tradicionais de limiar. Mrode e Swanson (2003) aplicaram o modelo de regressão aleatória com o método do amostrador de Gibbs para estimar os parâmetros genéticos da CCS, incluindo as variâncias genéticas e ambientais nos diferentes estágios da lactação, concluindo que essa

abordagem é eficaz na identificação de variações genéticas e ambientais ao longo da lactação, permitindo uma análise mais detalhada da hereditariedade da CCS. Lidauer et al. (2003) descrevem modelos de regressão aleatória como uma ampliação dos modelos de repetibilidade, permitindo que o efeito genético aleatório de cada animal varie ao longo de diferentes períodos. No entanto, modelos de regressão aleatória exigem alta capacidade computacional (SOUSA JÚNIOR et al., 2014), amostras maiores para estimativas precisas e depende de suposições, como a distribuição normal dos efeitos aleatórios e a linearidade entre variáveis dependentes e independentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHLMAN, T. et al. Culling reasons in organic and conventional dairy herds and genotype by environment interaction for longevity. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 3, p. 1568–1575, mar. 2011.
- BOULTON, A. C. et al. An empirical analysis of the cost of rearing dairy heifers from birth to first calving and the time taken to repay these costs. **Animal**, v. 11, n. 8, p. 1372–1380, 2017.
- BRITO, L. F. et al. Review: Genetic selection of high-yielding dairy cattle toward sustainable farming systems in a rapidly changing world. **Animal**, v. 15, p. 100292, dez. 2021.
- COMPTON, C. et al. Invited review: A systematic literature review and meta-analysis of mortality and culling in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 1–16, 2017.
- DE VRIES, A.; MARCONDES, M. I. Review: Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. **Animal**, v. 14, p. s155–s164, 2020.
- ESSL, A. Longevity in dairy cattle breeding: a review. **Livestock Production Science**, v. 57, n. 1, p. 79–89, dez. 1998.
- FERNANDES, L. et al. Effect of subclinical mastitis detected in the first month of lactation on somatic cell count linear scores, milk yield, fertility, and culling of dairy cows in certified organic herds. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 2, p. 2140-2150, Feb. 2021.

- FETROW, J.; NORDLUND, K. V.; NORMAN, H. D. Invited Review: Culling: Nomenclature, Definitions, and Recommendations. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 6, p. 1896–1905, jun. 2006.
- FLEMING, A. et al. Symposium review: The choice and collection of new relevant phenotypes for fertility selection. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 4, p. 3722–3734, abr. 2019.
- GRANDL, F. et al. Biological implications of longevity in dairy cows: 2. Changes in methane emissions and efficiency with age. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 5, p. 3472–3485, 2016.
- GRANDL, F. et al. Impact of longevity on greenhouse gas emissions and profitability of individual dairy cows analysed with different system boundaries. **Animal**, v. 13, n. 1, p. 198–208, 2019.
- GRÖHN, Y. T. et al. Effect of Diseases on the Culling of Holstein Dairy Cows in New York State. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 4, p. 966–978, abr. 1998.
- HENDERSON, C. R. Analysis of covariance in the mixed model: higher-level, nonhomogeneous, and random regressions. **Biometrics**, v. 38, n. 3, p. 623–40, set. 1982.
- HU, H. et al. Analysis of Longevity Traits in Holstein Cattle: A Review. **Frontiers in Genetics**, v. 12, 3 ago. 2021.
- JAIRATH, L. et al. Genetic Evaluation for Herd Life in Canada. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 2, p. 550–562, fev. 1998.
- JOVANOVAČ, S. et al. Genetic evaluation for longevity of Croatian Simmental bulls using a piecewise Weibull model. **Archives Animal Breeding**, v. 56, n. 1, p. 89–101, 10 out. 2013.
- KULKARNI, P. S. et al. Dutch dairy farmers' perspectives on culling reasons and strategies. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 218, p. 105997, set. 2023.
- LAIRD, N. M.; WARE, J. H. Random-effects models for longitudinal data. **Biometrics**, v. 38, n. 4, p. 963, dez. 1982.
- LANGFORD, F.; STOTT, A. Culled early or culled late: economic decisions and risks to welfare in dairy cows. **Animal Welfare**, v. 21, n. S1, p. 41–55, 1 maio 2012.

- LIDAUER, M.; MÄNTYSAARI, E. A.; STRANDÉN, I. Comparison of test-day models for genetic evaluation of production traits in dairy cattle. **Livestock Production Science**, v. 79, n. 1, p. 73–86, jan. 2003.
- LIU, Z. et al. Genetic evaluation of fertility traits of dairy cattle using a multiple-trait animal model. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 11, p. 4333–4343, nov. 2008.
- MIGLIOR, F. et al. A 100-Year Review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 10251–10271, 2017.
- MIRANDA, J. E. C.; FREITAS, A. F. Raças e tipos de cruzamentos para produção de leite: Heterose ou vigor de híbrido. **Circular Técnica**, Juiz de Fora, MG, v. 98, p. 98, ago. 2009. ISSN 1678-07X.
- MRODE, R. A.; SWANSON, G. J. T. Estimation of genetic parameters for somatic cell count in the first three lactations using random regression. **Livestock Production Science**, v. 79, n. 2–3, p. 239–247, fev. 2003.
- OLIVEIRA, H. R. et al. Using Random Regression Models to Genetically Evaluate Functional Longevity Traits in North American Angus Cattle. *Animals*, v. 10, n. 12, p. 2410, 16 dez. 2020.
- PERISIC, P. et al. Problems of early culling of cows in breeding stocks for milk production. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 36, n. 4, p. 381–392, 2020.
- PRITCHARD, T. et al. Genetic parameters for production, health, fertility and longevity traits in dairy cows. **Animal**, v. 7, n. 1, p. 34–46, 2013.
- PROBO, M. et al. Association between metabolic diseases and the culling risk of high-yielding dairy cows in a transition management facility using survival and decision tree analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 10, p. 9419–9429, out. 2018.
- RILANTO, T. et al. Culling reasons and risk factors in Estonian dairy cows. **BMC Veterinary Research**, v. 16, n. 1, p. 173, 1 dez. 2020.
- RILANTO, T. et al. Attitudes and personality of farm managers and association with cow culling rates and longevity in large-scale commercial dairy farms. **Research in Veterinary Science**, v. 142, p. 31–42, jan. 2022.
- SÁNCHEZ-CASTRO, M. A. et al. Stability of genetic predictions for stayability using random regression models that include end points beyond 6 yr of age. **Translational Animal Science**, v. 3, n. Supplement_1, p. 1678–1682, 1 dez. 2019.

- SCHAEFFER, L. R. Application of random regression models in animal breeding. **Livestock Production Science**, v. 86, n. 1–3, p. 35–45, mar. 2004.
- SEWALEM, A. et al. Relationship Between Reproduction Traits and Functional Longevity in Canadian Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 4, p. 1660–1668, abr. 2008.
- SHANKS, R. D.; ROONEY, K. A.; HUTJENS, M. F. Breeding practices on Illinois Holstein farms. **Journal of Dairy Science**, v. 66, n. 5, p. 1209-1217, May 1983.
- SOUSA JÚNIOR, S. C. DE et al. Aplicação de modelos de regressão aleatória utilizando diferentes estruturas de dados. **Ciência Rural**, v. 44, n. 11, p. 2058–2063, nov. 2014.
- STRAPÁK, P. et al. The relationship between the length of productive life and the body conformation traits in cows. **Journal of Central European Agriculture**, v. 12, n. 2, p. 239–254, 2011.
- VAN PELT, M. L. et al. Genetic analysis of longevity in Dutch dairy cattle using random regression. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 6, p. 4117–4130, jun. 2015.
- VANRADEN, P. M.; KLAASKATE, E. J. H. Genetic evaluation of length of productive life including predicted longevity of live cows. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 9, p. 2758–2764, set. 1993.
- VEERKAMP, Roel; BROTHERSTONE, S.; MEUWISSEN, T. H. E. Survival analysis using random regression models. In: **Proceedings International Workshop on EU Concerted Action Genetic Improvement of Functional Traits in Cattle (GIFT); Longevity**, Jouy-en-Josas, France, May 1999. Bulletin 21, p. 36-40, 1999.
- VEERKAMP, R. F. et al. Analysis of censored survival data using random regression models. **Animal Science**, v. 72, n. 1, p. 1–10, 18 fev. 2001.
- WEIGEL, K. A. et al. Investigation of Factors Affecting Voluntary and Involuntary Culling in Expanding Dairy Herds in Wisconsin using Survival Analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 4, p. 1482–1486, abr. 2003.
- WILLIAMS, M. et al. Re-assessing the importance of linear type traits in predicting genetic merit for survival in an aging Holstein-Friesian dairy cow population. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 9, p. 7550–7563, set. 2022.

ZHANG, Q. et al. Genome-wide association study for longevity with whole-genome sequencing in 3 cattle breeds. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 9, p. 7289–7298, set. 2016.

CAPÍTULO 01

Uma caracterização abrangente da longevidade e dos motivos de descarte em gado Holandês Canadense com base em vários fatores sistemáticos

Uma caracterização abrangente da longevidade e dos motivos de descarte em gado Holandês Canadense com base em vários fatores sistemáticos

RESUMO

A decisão de descarte prematuro de vacas impacta diretamente a rentabilidade das fazendas leiteiras. Uma caracterização abrangente das principais causas de descarte melhoraria significativamente tanto os objetivos de manejo quanto os de seleção nos programas de melhoramento genético de gado leiteiro. Portanto, este estudo teve como objetivo analisar as frequências temporais de 34 motivos de descarte de vacas Holandês. Após a edição e o controle de qualidade dos dados, registros de 3.096.872 vacas descartadas de 9.683 rebanhos espalhados pelo Canadá foram utilizados para as análises, cobrindo o período de 1996 a 2020. Problemas reprodutivos foram a principal razão de descarte, representando 23,02%, seguidos por produção de leite (20,82%), saúde (20,39%), problemas de conformação (13,69%), fatores econômicos (13,10%), acidentes (5,67%), motivos relacionados à idade (1,67%) e funcionalidade (1,63%). Quase 58% das vacas foram descartadas após os 47 meses de idade. As frequências observadas de descarte devido a fatores econômicos foram menores do que o esperado de 1996 a 2014 e maiores do que o esperado entre 2015 e 2020. Problemas reprodutivos apresentaram as maiores frequências de descarte durante o outono (24,54%), inverno (24,02%) e primavera (22,51%), enquanto problemas de saúde foram a razão mais frequente de descarte no verão (22,51%). Problemas de saúde (25,50%) e produção de leite (27,71%) foram os motivos de descarte mais frequentes nas províncias de Quebec e Ontário, respectivamente. Problemas reprodutivos apresentaram a maior frequência em todos os climas com base na classificação climática de Köppen, exceto para Csb (clima mediterrâneo de verão quente) e Bsk (clima semiárido frio), que correspondem a pequenas regiões do Canadá, onde a produção foi o motivo de descarte mais frequente (29,42% e 21,56%, respectivamente). Problemas reprodutivos e de desempenho leiteiro foram os dois principais motivos de descarte na maioria das ecozonas, exceto nas regiões do Boreal Shield e Atlantic Maritime, onde problemas de saúde apresentaram as maiores frequências (25,12% e 23,75%, respectivamente). Esses resultados podem contribuir para melhorar as práticas de manejo e as decisões seletivas, visando reduzir o descarte involuntário de vacas Holandês no Canadá.

Palavras-chave: vaca leiteira, durabilidade, reposição de rebanho, vida produtiva, falha reprodutiva, permanência

A comprehensive characterization of longevity and culling reasons in Canadian Holstein cattle based on various systematic factors

ABSTRACT

The decision of premature culling cows directly impacts the profitability of dairy farms. A comprehensive characterization of the primary causes of culling reasons would greatly improve both management and selection objectives in dairy cattle breeding programs. Therefore, this study aimed to analyze the temporal frequencies of 34 culling reasons in Canadian Holstein cows. After data editing and quality control, records from 3,096,872 cows culled from 9,683 herds spread across Canada were used for the analyses covering the periods from 1996 to 2020. Reproductive issues were the main culling reason accounting for 23.02%, followed by milk production (20.82%), health (20.39%), conformation problems (13.69%), economic factors (13.10%), accidents (5.67%), age-related causes (1.67%), and workability (1.63%). Nearly fifty-eight percent of cows were culled after 47 months of age. The observed frequencies of culling due to economic factors were lower than expected from 1996 to 2014 and higher than expected between 2015 and 2020. Reproduction issues had the highest culling frequencies during fall (24.54%), winter (24.02%), and spring (22.51%), while health issues were the most frequent (22.51%) culling reason in the summer season. Health issues (25.50%) and milk production (27.71%) were the most frequent culling reasons in the provinces of Quebec and Ontario, respectively. Reproductive issues showed the highest frequency across climates based on the Köppen climate classification, except for Csb (Warm-summer Mediterranean climate) and Bsk (Cold semi-arid climate), which correspond to small regions in Canada, where production was the most frequent culling reason (29.42% and 21.56%, respectively). Reproductive and milk performance issues were the two main culling reasons in most ecozones, except in Boreal Shield and Atlantic Marine, where health issues had the highest frequencies (25.12 and 23.75%, respectively). These results could contribute to improve management practices and selective decisions to reduce involuntary culling of Holstein cows.

Keywords: dairy cow, durability, herd replacement, productive life, reproductive failure, stayability

INTRODUÇÃO

Fatores como baixa produtividade de leite, doenças e infertilidade podem levar ao descarte prematuro de vacas leiteiras (DE VRIES e MARCONDES, 2020). Os motivos de descarte podem ser classificados como voluntários ou involuntários (ZHANG et al., 2016). O descarte voluntário ocorre quando não há razões problemáticas aparentes para o criador decidir descartar sua vaca, enquanto doenças, problemas reprodutivos, baixa produtividade de leite e conformação inadequada foram alguns dos motivos classificados como descarte involuntário (FETROW et al., 2006). O descarte involuntário pode estar associado ao aumento dos custos de produção (ZHANG et al., 2016) e reduzir esse tipo de descarte pode aumentar a rentabilidade das fazendas leiteiras. Além disso, taxas mais altas de descarte também têm impacto ambiental, pois é necessário criar novilhas adicionais para reposição, reduzindo a quantidade de leite por unidade de metano emitido (ou seja, menor eficiência ambiental).

A reposição de vacas é um custo de produção importante nas fazendas leiteiras (FETROW et al., 2006). A Lactanet Canadá relatou um custo de CAD \$2.650 para criar uma novilha de 24 meses (FLEMING et al., 2019). Na Grã-Bretanha, um quarto dos produtores de leite recuperou os custos inerentes ao manejo de novilhas após a primeira lactação, enquanto os 68% restantes recuperaram esses custos durante a segunda lactação das vacas (BOULTON et al., 2017). Grandl et al. (2019) também observaram que cerca de 70% das vacas primíparas não conseguiram pagar os custos de produção. Além disso, as vacas múltiparas tiveram uma produção média diária de leite (38,85 kg/dia) maior do que as vacas primíparas (30,93 kg/dia) (MARUMO et al., 2022). Portanto, as vacas maduras são as que podem pagar seus custos de criação do nascimento ao parto e gerar um retorno financeiro para o produtor leiteiro.

Problemas reprodutivos estão entre as principais causas de descarte prematuro em vacas leiteiras. A seleção genética intensiva para produção de leite contribuiu para a redução das taxas de fertilidade e aumento da incidência de problemas reprodutivos em vacas leiteiras (PRYCE et al., 2004), uma tendência que agora está sendo revertida, especialmente com a implementação mais recente da seleção genômica para características de fertilidade e reprodução (BRITO et al., 2021; MA et al., 2019). Uma condição corporal inadequada também pode levar a problemas em vacas leiteiras durante

a lactação, incluindo maior suscetibilidade a distúrbios metabólicos e fertilidade comprometida (WEIGEL, 2006). Os principais distúrbios reprodutivos em vacas leiteiras são metrite, aborto, retenção placentária, distocia e doenças uterinas (ABDISA, 2018; GUARINI et al., 2019). Um exemplo de doenças relacionadas à reprodução é a metrite, que impacta negativamente a produção de leite (DERVISHE et al., 2016) e o bem-estar animal. A mastite (MARTIN et al., 2018), distúrbios nas pernas e pés e doenças metabólicas e respiratórias (HU et al., 2021) também estão entre as principais doenças que afetam a longevidade das vacas leiteiras. Apesar dos avanços no manejo da mastite, ela continua sendo a doença bacteriana mais cara do gado leiteiro (RUEGG, 2017) e a principal doença registrada nas fazendas leiteiras (KOECK et al., 2012; MARTIN et al., 2018). A presença de mastite está associada à redução da produção de leite, seguida pelos custos de descarte e ações preventivas (AGHAMOHAMMADI et al., 2018), além do maior uso de antibióticos. A mastite clínica tem sido relatada como um dos principais fatores de risco para o descarte precoce em rebanhos leiteiros de Quebec (HAINE et al., 2017). Doenças metabólicas são outro fator crucial para o descarte prematuro, uma vez que está associada à redução da produção de leite e ao comprometimento do desempenho reprodutivo (PAIANO et al., 2019).

Aproximadamente 32% das vacas leiteiras são descartadas anualmente no Canadá, e uma grande proporção disso se deve ao descarte involuntário, sendo 37,4% por motivos reprodutivos e 21,46% por mastite (CDIC, 2021a). A Lactanet Canada (Guelph, ON e St Anne de Bellevue, QC, Canadá), uma organização sem fins lucrativos de propriedade dos agricultores que atende a indústria e os produtores de leite canadenses, tem registrado os motivos de descarte de vacas leiteiras no Canadá, mas este banco de dados ainda não foi avaliado de forma abrangente em relação a todas as principais causas de descarte em gado Holandês. A análise desse banco de dados pode orientar ações de manejo eficazes para reduzir o descarte involuntário precoce de vacas leiteiras e, talvez, refinar os objetivos de melhoramento atuais. Por exemplo, estudos recentes em gado Angus da América do Norte relataram diferentes componentes de variância e herdabilidades estimadas para a longevidade, dependendo do motivo de descarte (OLIVEIRA et al., 2020a, 2020b). Assim, os principais objetivos deste estudo foram descrever as frequências dos diferentes motivos de descarte de vacas Holandês e avaliar

o impacto de fatores sistemáticos, como idade da vaca, ano, estação, província, clima e ecozona nas frequências dos diferentes motivos de descarte.

MATERIAL E MÉTODOS

Declaração de Ética

O presente estudo foi conduzido utilizando informações fenotípicas e de pedigree existentes no banco de dados da Lactanet (www.lactanet.ca; Guelph, ON, e St Anne de Bellevue, QC, Canadá). Portanto, nenhum experimento com animais foi realizado e a aprovação do comitê de ética no uso de animais em pesquisa não foi necessária.

Conjunto de Dados e Controle de Qualidade

Inicialmente, o presente estudo analisou 7.188.910 registros de motivos de descarte de vacas Holandês, que foram registrados entre 1996 e 2021. As seguintes informações estavam disponíveis: pedigree, data de nascimento das vacas, datas de entrada e saída de cada vaca em um rebanho, motivo do descarte das vacas, localização do rebanho e período do ano em que as vacas foram descartadas. O controle de qualidade dos dados foi realizado mantendo as informações que passaram pelos seguintes critérios: 1) vacas com registros de data tanto de entrada quanto de saída dos rebanhos onde foram criadas, 2) rebanhos com motivos de descarte registrados ao longo dos anos (para esse filtro, um pedigree que retrocedia pelo menos três gerações conhecidas no mesmo rebanho foi utilizado para evitar a inclusão de rebanhos que registraram informações por um período curto), 3) Vacas com idades entre 12 e 180 meses (para evitar novilhas muito jovens e vacas com idades muito acima do intervalo de gerações, 4) vacas que não nasceram no mesmo rebanho em que tiveram seu motivo de descarte registrado no banco de dados, dado que sua data de entrada no rebanho de descarte ocorreu até 24 meses de idade, garantindo que sua primeira lactação ocorresse pelo menos parcialmente no rebanho de descarte, e 5) descartes registrados antes de 1996 foram excluídos porque a frequência de anotações das causas de descarte antes desse ano era limitada.

Após a edição do banco de dados, permaneceram 3.096.872 vacas de 9.683 rebanhos, sendo 704.145 com motivos de descarte desconhecidos e 2.392.727 com registros de motivos de descarte conhecidos, avaliando-se os períodos de 1996 a 2020 (Tabela Suplementar 1). Um total de 34 motivos de descarte foi mantido, com as classes de motivos “Desconhecido” e “Outro” agrupadas como “Faltando”. Os outros 32 motivos de descarte foram agrupados em oito categorias, mesclando motivos de descarte menos frequentes com outros de maior frequência. Algumas vacas podem ter sido descartadas devido a múltiplos motivos, mas apenas o principal (registrado pelo produtor) foi considerado para o estudo. As categorias finais de motivos de descarte foram definidas da seguinte forma: 1) acidente (lesão no úbere/tetos, lesão, envenenamento e eletrocussão), 2) fatores econômicos (alugadas, exportadas, transferidas, rebanho fora de teste e vendidas para carne de vitela), 3) motivos relacionadas à idade, 4) produção (produção de leite, baixa produção de leite, baixo teor de gordura no leite e baixo teor de proteína no leite), 5) reprodução (dificuldades reprodutivas e de parto), 6) funcionalidade (temperamento ruim e vaca lenta para ordenha), 7) conformação (conformação geral, pés e pernas, e conformação do úbere), e 8) saúde (mastite, febre do leite, doença de Johne, leucose, peritonite, pneumonia, deslocamento do abomaso, artrite, enfermidade, *Staphylococcus aureus* e distensão abdominal). As vacas foram criadas em rebanhos localizados em todas as províncias do Canadá. Seis regiões climáticas diferentes foram definidas com base na classificação climática de Köppen, incluindo BSk = clima semiárido frio, Cfb = clima oceânico temperado, Csb = clima mediterrâneo de verão quente, Dfa = clima continental úmido de verão quente, Dfb = clima continental de verão frio e úmido, Dfc = clima subártico, e ET = clima de tundra (Government of Canada, 2022). Além disso, sete ecozonas terrestres diferentes foram encontradas neste conjunto de dados final, incluindo Atlantic Maritime, Boreal Plain, Boreal Shield, MixedWood Plain, Montane Cordillera, Pacific Maritime e Prairie (Statistics Canada, 2017). As estações de descarte foram definidas como: primavera (de 20 de março a 20 de junho), verão (de 21 de junho a 22 de setembro), outono (de 23 de setembro a 20 de dezembro) e inverno (de 21 de dezembro a 19 de março).

Análises Estatísticas

O teste qui-quadrado foi utilizado para avaliar os efeitos dos fatores (idade da vaca, ano, estação, província, clima e ecozona) sobre as frequências dos oito grupos de razões de descarte (ou seja, acidente, econômico, motivos relacionados à idade, produção, reprodução, funcionalidade, conformação e saúde). Isso foi feito comparando as frequências de descarte observadas com as esperadas em cada nível do fator analisado. Um nível de significância de 5% foi utilizado em todos os testes. Todas as edições de dados, controle de qualidade e preparação de tabelas e figuras foram realizadas utilizando o software R (R Core Team, 2022).

RESULTADOS

Distribuição das Razões de Descarte por Idade das Vacas

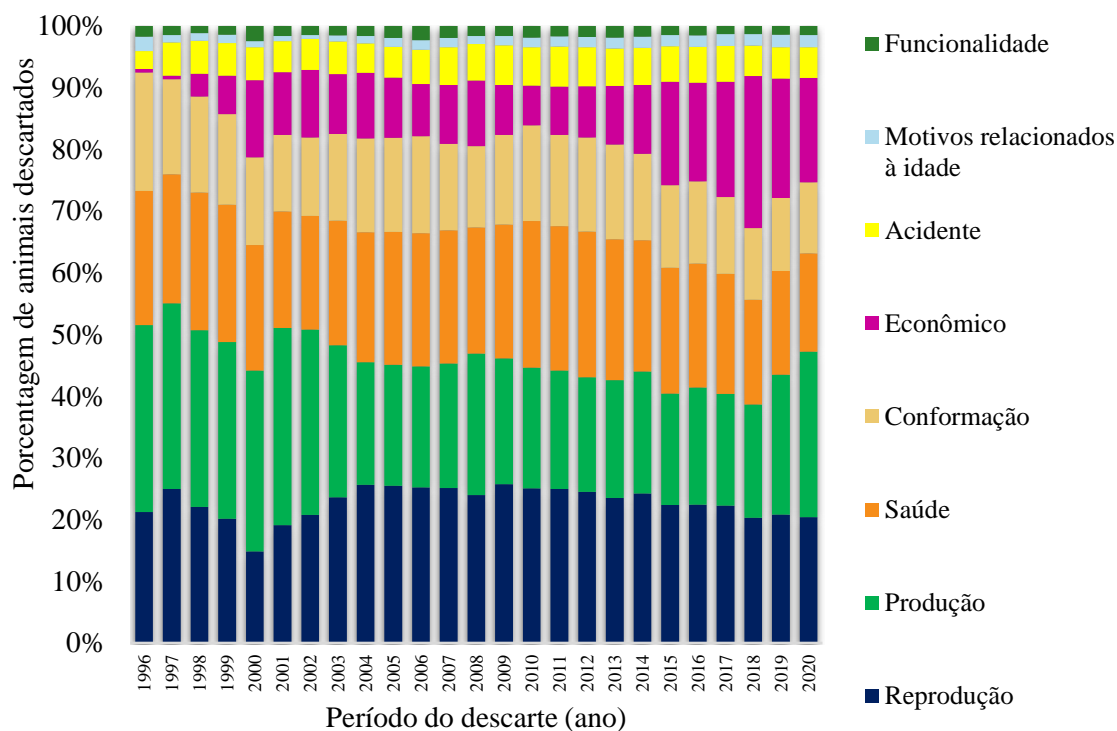
A reprodução foi a principal causa de descarte com uma frequência de 23,02%, seguida por problemas de produção de leite (20,82%), questões de saúde (20,39%), problemas de conformação (13,69%), razões econômicas (13,10%), acidentes (5,67%), descarte relacionado à idade (1,67%) e funcionalidade (1,63%) (Tabela 1). A maioria dos descartes ocorreu em animais com 48 meses ou mais, totalizando 58,09%. A razão de descarte econômico foi maior em animais entre 12 e 23 meses de idade, representando 41,33% dos registros totais de descarte nesse período, enquanto a produção de leite foi a principal razão de descarte (33,36%) em animais entre 24 e 35 meses de idade. A partir dos 36 meses de idade, questões de saúde e problemas reprodutivos tornaram-se as principais razões para o descarte, exceto em vacas com mais de 120 meses, onde o descarte relacionado à idade superou tanto as questões de saúde quanto os problemas reprodutivos. A frequência observada de descarte por razões econômicas entre 12 e 23 meses foi significativamente maior do que a esperada (observado = 81.383 e esperado = 25.804) ($P < 0,0001$). Além disso, a frequência de descarte de vacas entre 24 e 35 meses de idade devido a problemas de saúde foi maior do que o esperado (observado = 172.390 e esperado = 107.554) ($P < 0,0001$).

Tabela 1 - Distribuição das frequências dos oito motivos de descarte por classes de idade em vacas Holandês

Razões de descarte	Idade do descarte (meses)										Frequência total	
	12-23	24-35	36-47	48-59	60-71	72-83	84-95	96-107	108-119	≥120		
Reprodução	32,596	79,255	126,846	116,169	81,573	52,897	31,339	16,094	8,034	6,038	550,841	23,02%
Produção	52,764	172,390	105,666	69,276	44,261	26,637	14,532	7,007	3,228	2,316	498,077	20,82%
Saúde	10,270	77,784	98,185	103,345	84,059	55,954	31,701	15,540	6,883	4,213	487,934	20,39%
Conformação	9,708	58,166	59,841	63,819	55,615	39,455	22,834	11,094	4,715	2,425	327,672	13,69%
Econômico	81,383	76,602	58,913	40,738	25,743	15,028	8,037	3,869	1,783	1,440	313,536	13,10%
Acidente	8,253	35,231	28,190	23,489	17,560	11,331	6,294	3,184	1,327	924	135,783	5,67%
Motivos relacionados à idade	136	456	776	1,737	3,859	6,246	7,565	6,874	5,295	7,010	39,954	1,67%
Funcionalidade	1,813	16,798	7,726	5,321	3,536	2,022	1,037	432	157	88	38,930	1,63%
Frequência total	196,923	516,682	486,143	423,894	316,206	209,570	123,339	64,094	31,422	24,454	2,392,727	100%
	8,23%	21,59%	20,32%	17,72%	13,22%	8,76%	5,15%	2,68%	1,31%	1,02%		

A distribuição das razões de descarte por ano mostrou um aumento significativo no total de registros de razões de descarte, passando de 2.329 registros em 1996 para 164.794 registros em 2020 (Tabela Suplementar 1). As razões econômicas tornaram-se uma das principais causas de descarte a partir de 2015 (Figura 1). Um teste qui-quadrado para comparar o período de 1996 a 2014 com o de 2015 a 2020 revelou uma diferença significativa ($P < 0,0001$) entre os períodos. De 1996 a 2014, o número de vacas descartadas por razões econômicas foi menor que o esperado (observado = 128.222 e esperado = 184.889). Por outro lado, o número de vacas descartadas devido a razões econômicas entre 2015 e 2020 foi maior do que o esperado (observado = 185.314 e esperado = 128.647) ($P < 0,0001$). Como ilustrado na Figura 1, após a implementação da seleção genômica no Canadá em 2009, a frequência de descarte baseada em problemas de saúde, reprodução e conformação diminuiu, enquanto o descarte por razões econômicas aumentou (Figura 1).

Figura 1 - Distribuição dos motivos de descarte de vacas Holandês por ano

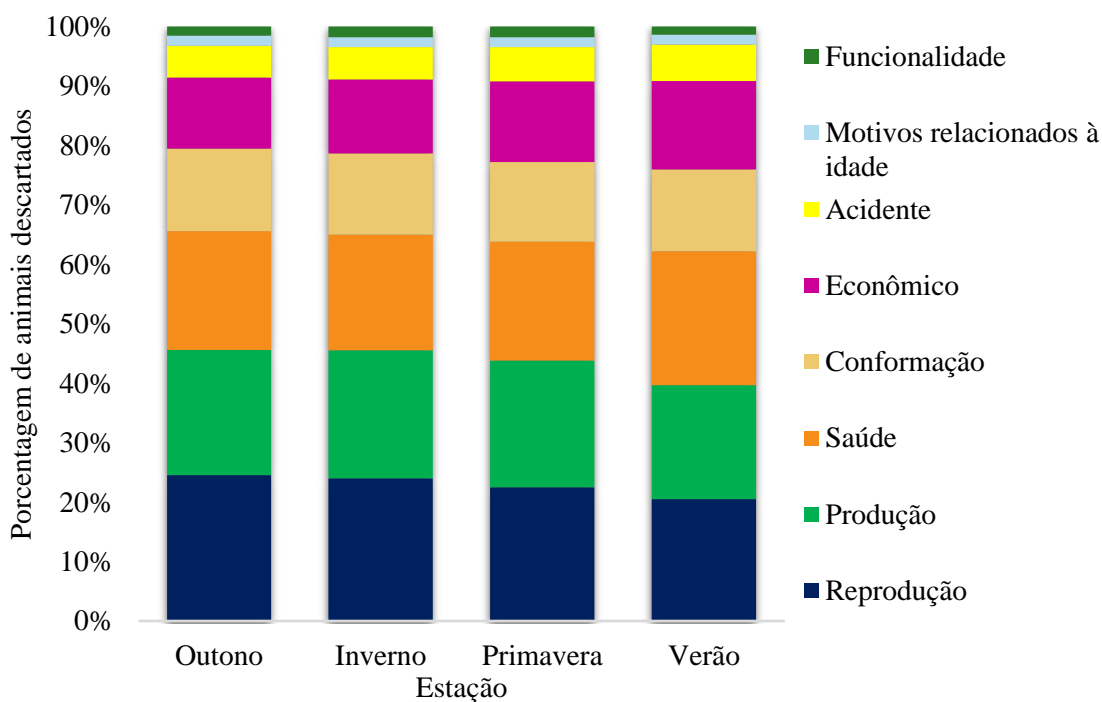


Distribuição dos motivos de descarte por estação

O inverno e o outono apresentaram frequências de descarte de 27,30% e 26,65%, respectivamente, que foram ligeiramente superiores às frequências observadas na

primavera (23,72%) e no verão (22,33%) (Tabela Suplementar 2). As questões reprodutivas foram as principais causas de descarte no outono (24,54%), no inverno (24,02%) e na primavera (22,51%), enquanto problemas de saúde foram a principal razão no verão (22,51%) (como ilustrado na Figura 2). Durante o verão, o número de vacas descartadas devido a problemas de produção de leite (observado = 102.197; esperado = 111.198) e questões reprodutivas (observado = 109.615; esperado = 122.977) ficou abaixo dos níveis esperados ($P < 0,0001$). Por outro lado, os descartes devido a problemas de conformação (observado = 79.436; esperado = 69.998) e problemas de saúde (observado = 120.259; esperado = 108.933) foram maiores que o esperado na estação de verão ($P < 0,0001$).

Figura 2 - Distribuição dos motivos de descarte de vacas Holandês por estação



Distribuição dos motivos de descarte por província

A distribuição das frequências de descarte das vacas por províncias também foi analisada (Tabela 2 e Tabela Suplementar 3). Como era de se esperar, Quebec, Ontário, Alberta e Colúmbia Britânica concentraram o maior número de registros de descarte (2.135.824), ou seja, 89,26% do total, pois são os maiores produtores de gado leiteiro do Canadá. Quebec apresentou 37,0% dos registros de descarte e 4.548 fazendas, seguido por Ontário com 32,1% e 3.298 fazendas, Alberta com 8,9% e 488 fazendas, e Colúmbia

Britânica com 8,9% e 461 fazendas em 2020-2021 (CDIC, 2021b, 2021c). Quebec teve o descarte por problemas de saúde como a maior frequência (25,00%), enquanto Ontário apresentou a produção de leite (27,75%) como o principal motivo de descarte (Figura 3). O teste do qui-quadrado indicou um efeito significativo da província nas frequências dos diferentes motivos de descarte ($P < 0,0001$). Em Ontário, o número de vacas descartadas por problemas de saúde (observado = 166.215 e esperado = 194.091), acidentes (observado = 36.154 e esperado = 54.012) e problemas de conformação (observado = 118.406 e esperado = 130.342) foi menor do que o esperado; enquanto a frequência de descarte devido à produção de leite foi maior do que o esperado (observado = 263.767 e esperado = 198.125) ($P < 0,0001$). Em Quebec, as frequências de descarte devido a problemas de saúde (observado = 182.164 e esperado = 145.691) e acidentes (observado = 64.785 e esperado = 40.543) foram maiores do que o esperado; enquanto a frequência de descarte devido à produção de leite foi menor do que o esperado (observado = 80.985 e esperado = 148.720) ($P < 0,0001$).

Figura 4 - Distribuição dos motivos de descarte nas quatro principais províncias produtoras de leite do Canadá

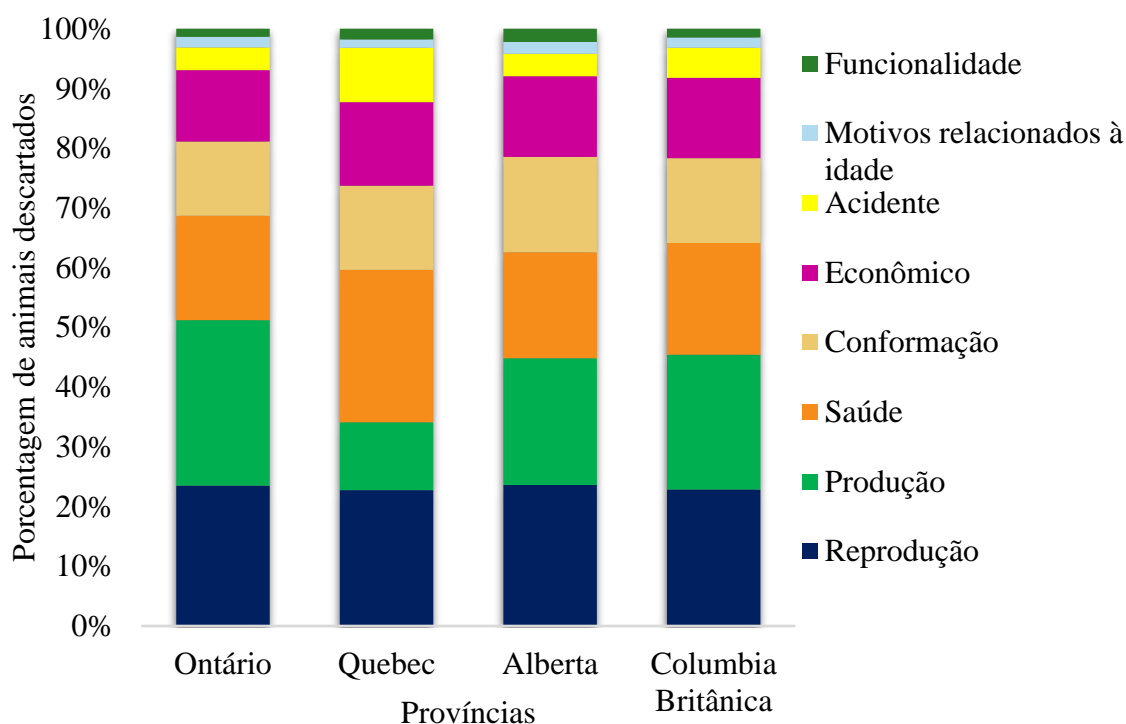


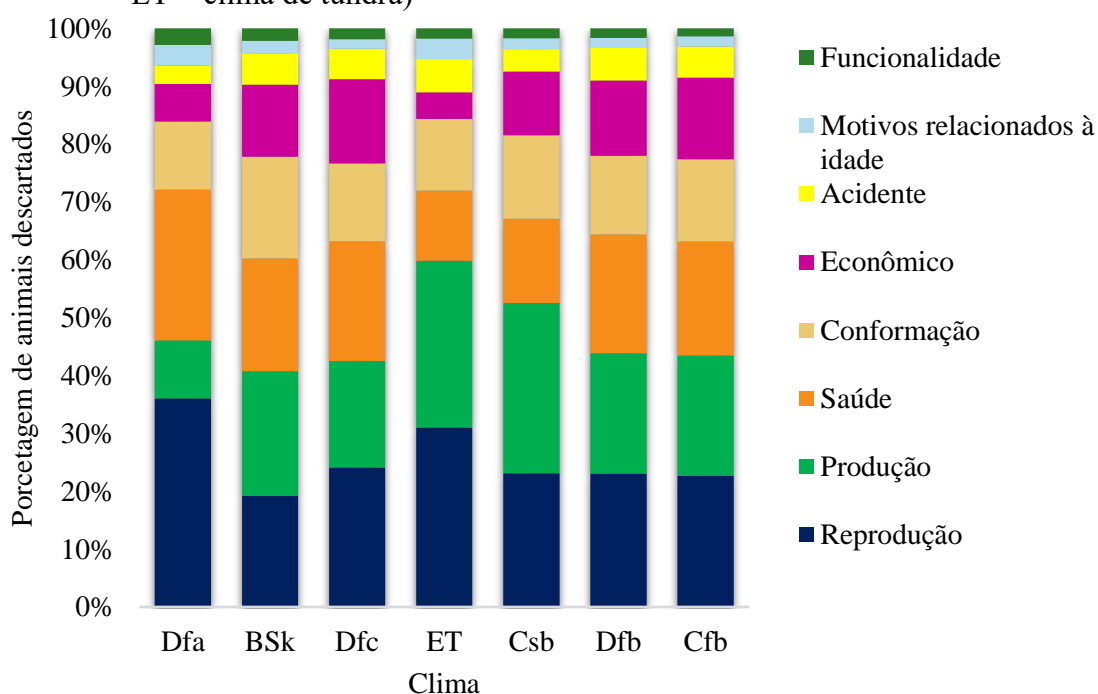
Tabela 2 - Distribuição das frequências dos oito motivos de descarte de vacas Holandês por província do Canadá

Razões de descarte	Província									
	Ontário	Quebec	Alberta	Columbia Britânica	Manitoba	Sascachevão	Nova Brunswick	Nova Escócia	Ilha do Príncipe Eduardo	Terra Nova e Labrador
Reprodução	223.594	162.685	58.635	50.575	22.443	12.339	7.263	6.885	5.756	666
Produção	263.767	80.985	52.758	49.898	16.596	13.850	6.138	7.035	6.463	587
Saúde	166.215	182.164	44.064	41.424	20.736	12.817	6.995	6.921	5.951	647
Conformação	118.406	100.926	39.683	31.372	15.452	9.274	4.388	4.506	3.351	314
Econômico	113.762	100.025	33.567	29.729	13.282	10.969	4.448	4.324	3.315	115
Acidente	36.154	64.785	9.227	11.201	4.301	3.412	2.632	2.458	1.413	200
Motivos relacionados à idade	16.936	10.227	4.898	3.804	1.678	1.116	500	322	429	44
Funcionalidade	12.946	12.642	5.558	3.212	2.114	1.156	492	433	310	67
Frequência total	951.780	714.439	248.390	221.215	96.602	64.933	32.856	32.884	26.988	2.640
	39,78%	29,86%	10,38%	9,25%	4,04%	2,71%	1,37%	1,37%	1,13%	0,11%

Distribuição dos motivos de descarte por região climática

As vacas foram criadas em sete regiões climáticas (Figura 4, Tabela Suplementar 4 e Anexo 2), com 2.105.755 registros (88,01%) na Dfb (clima continental de verão frio e úmido). Problemas reprodutivos foram o principal motivo de descarte em todos os climas, exceto na Csb (clima mediterrâneo de verão quente), onde a produção de leite foi o principal motivo de descarte (29,42%) e na BSk (clima semiárido frio), onde a produção de leite também se destacou (21,56%). O descarte devido a problemas reprodutivos apresentou uma variação interessante entre os climas, com frequências mais altas na Dfa (clima continental de verão quente e úmido) (36,07%) e frequências mais baixas na BSk (19,18%). A frequência de descarte por problemas de saúde (26,07%) foi especialmente alta no clima Dfa. O clima foi outro fator significativo que afetou as frequências de descarte ($P < 0,0001$). As maiores diferenças entre as frequências observadas e esperadas foram encontradas para a produção de leite (observado = 6.889 e esperado = 4.875) e para problemas de saúde (observado = 3.409 e esperado = 4.775) no clima Csb.

Figura 7 - Distribuição dos motivos de descarte por regiões climáticas no Canadá (BSk = clima semiárido frio, Cfb = clima oceânico temperado, Csb = clima mediterrâneo de verão quente, Dfa = clima continental de verão quente e úmido, Dfb = clima continental de verão frio e úmido, Dfc = clima subártico e ET = clima de tundra)



DISCUSSÃO

Estudos anteriores investigaram a mortalidade e os motivos de descarte em gado leiteiro (HEISE et al., 2016; PINEDO et al., 2010; ZHANG et al., 2019). No entanto, poucos estudos foram baseados em um número tão grande de vacas com motivos de descarte conhecidos ao longo de tantos anos. Neste estudo, as frequências de 34 motivos de descarte foram calculadas usando um banco de dados de mais de 2,3 milhões de vacas Holandês descartadas ao longo de 25 anos (1996 a 2020). Em seguida, os motivos de descarte foram agrupados em oito grupos de principais motivos de descarte para análises adicionais. Os efeitos de seis fatores sistemáticos (ou seja, ano e estação de descarte, idade da vaca, província, clima e ecozona) sobre as frequências dos motivos de descarte foram avaliados. Problemas reprodutivos, de saúde e de produção de leite foram os principais motivos de descarte observados no Canadá durante o período avaliado. O'Bleness e Yan (1992) e Pinedo et al. (2010) também relataram motivos produtivos e reprodutivos como os principais motivos de descarte em vacas Holandês na América do Norte.

Após a implementação da seleção genômica no Canadá em 2009, a frequência de descarte com base em saúde, reprodução e conformação diminuiu, enquanto o descarte baseado em razões econômicas aumentou (Figura 1). Isso corrobora com Miglior et al. (2017), que afirmaram que ao longo do tempo, com a inclusão de características funcionais nos índices de seleção e a introdução da seleção genômica no Canadá, foi alcançado um aumento no progresso genético em características tradicionalmente mais difíceis de selecionar. Além disso, o aumento do uso de sêmen sexado juntamente com a seleção genômica após 2015 (SWEETT e VAN DOORMAAL, 2022) é uma estratégia utilizada para acelerar os ganhos genéticos, aumentando o número de bezerras substitutas de alta qualidade, sendo que o excesso de fêmeas é vendido. Além disso, o uso de sêmen de bovinos de corte em gado leiteiro aumentou substancialmente desde 2011, visando produzir bezerros cruzados para venda a preços premium (SWEETT e VAN DOORMAAL, 2022).

O descarte devido a problemas reprodutivos foi a causa mais frequente de descarte de vacas, com 23,02% (Tabela 1), o que indica a importância de continuar a seleção por uma fertilidade melhorada na raça Holandês. Adamczyk et al. (2018) e Ahlman et al. (2011) relataram taxas de descarte por reprodução iguais a 24,8% e 39,6% nas populações

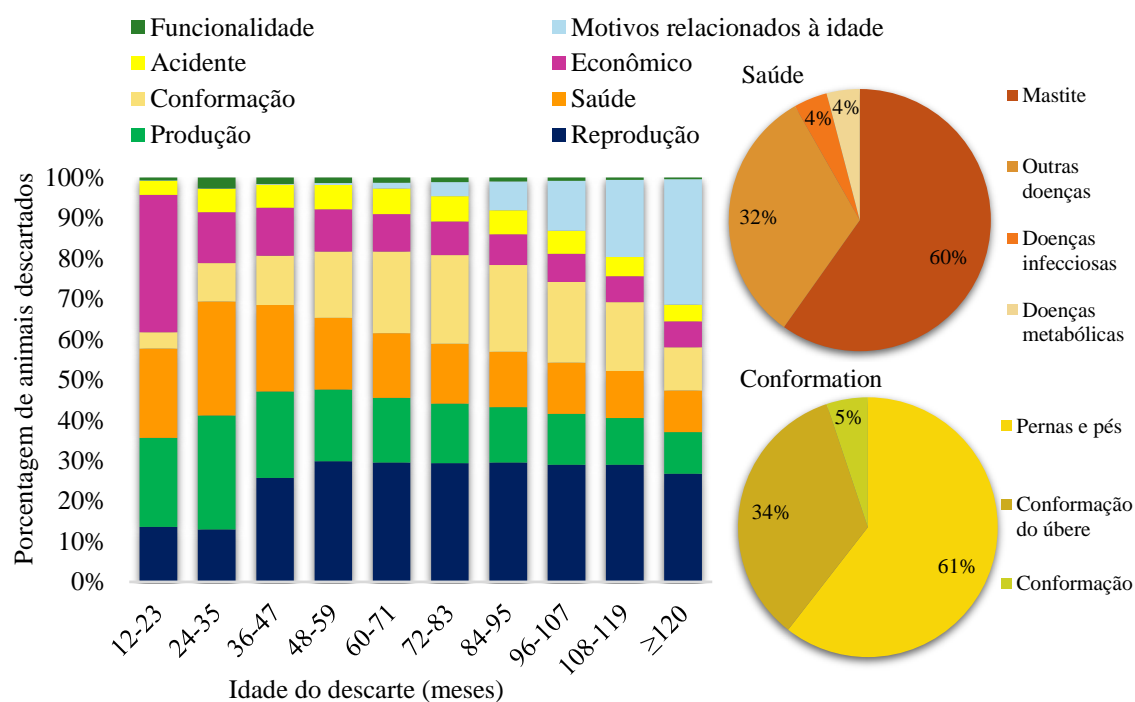
de Holandês na Suécia e Polônia, respectivamente. A melhoria da fertilidade e da eficiência reprodutiva é um objetivo fundamental nos programas modernos de melhoramento de gado leiteiro, uma vez que estudos anteriores relataram uma correlação genética desfavorável entre a produção de leite e as características indicadoras da eficiência reprodutiva (MIGLIOR et al., 2017; OLIVEIRA JUNIOR et al., 2021; PRYCE et al., 2004). Por exemplo, existe uma correlação genética desfavorável ($0,43 \pm 0,01$) entre a produção de leite e os dias em aberto (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2021) e as tendências genéticas para fertilidade estavam diminuindo em gado Holandês da América do Norte até que as características reprodutivas foram adicionadas aos índices de seleção (BRITO et al., 2021; MIGLIOR et al., 2017). No Canadá, mais de 15 características de fertilidade e reprodução foram adicionadas aos esquemas de avaliação genética (VAN DOORMAAL et al., 2007), incluindo idade na primeira inseminação, facilidade de parto e dias desde a primeira inseminação até a concepção (JAMROZIK et al., 2006).

A baixa produção foi a razão mais frequente para o descarte de vacas com idade entre 24 e 35 meses. No estudo sobre a vida produtiva das vacas, Ducrocq (1994) observou que as razões para o descarte não estão necessariamente relacionadas à idade na primeira lactação, mas sim às fases de lactação e à baixa produção de leite. Isso indica que um número significativo de vacas, cerca de 50% (Tabela 1) do total de vacas descartadas, foram descartadas antes da terceira lactação, ou seja, antes de alcançarem a maturidade produtiva observada por volta da quinta lactação, quando há os maiores rendimentos de leite (GRANDL et al., 2016). Além de não atingirem o pico produtivo, essas vacas também estão sendo descartadas antes de compensar os custos de criação e manutenção. Uma vaca gera custos para a propriedade leiteira ao longo de toda a sua vida, mas é logo após o parto que ela começa a gerar receita com a venda de leite e, eventualmente, com a venda de sua prole. No Canadá, a receita gerada pelas vacas supera seus custos quando elas estão com cerca de 42 meses de idade, ou seja, quando já estão em sua segunda lactação.

A principal razão de descarte por motivos de saúde foi a mastite, que representou 59,82% dos registros de descarte por problemas de saúde (Figura 6). Nos últimos 5 anos (2016–2020), a mastite respondeu por 10,67% do total de descartes reportados. Gröhn et al. (1998) também relataram a mastite como a principal razão de descarte por questões de saúde. Segundo Haine et al. (2017), a mastite clínica é um fator de risco importante para

o descarte de vacas leiteiras em Quebec, analisando rebanhos com pelo menos 10% de incidência de mastite clínica durante a lactação. Koeck et al. (2012) identificaram que a maior taxa de doenças ocorre no primeiro mês de lactação, e a mastite teve a maior prevalência (12,6%) nos rebanhos leiteiros canadenses. Esta é uma das doenças infecciosas mais frequentes e onerosas em gado leiteiro (HALASA et al., 2007). Problemas de saúde, especialmente doenças metabólicas e da glândula mamária, podem também ser uma consequência da seleção intensiva para maior produção de leite. Por exemplo, correlações genéticas positivas desfavoráveis foram observadas entre a produção de leite e o escore de células somáticas em gado leiteiro de diferentes raças (CHEGINI et al., 2019; SABEDOT et al., 2018). Decréscimos significativos na produção de leite são observados em vacas com mastite (PUERTO et al., 2021). Além disso, vacas com mastite frequentemente apresentam taxas de gestação mais baixas (AHMADZADEH et al., 2009).

Figura 13 - Distribuição dos motivos de descarte de vacas Holandês por classes de idade



As vacas leiteiras costumam parir pela primeira vez por volta dos dois anos de idade (DE VRIES, 2020) e sua expectativa de vida produtiva varia de 3 a 4,5 anos (DE VRIES e MARCONDES, 2020; KERSLAKE et al., 2018). Os resultados encontrados aqui mostram que 42% das vacas são descartadas entre 24 e 47 meses de idade (Tabela 1), ou

seja, muito antes da sua expectativa de vida produtiva (DE VRIES; MARCONDES, 2020).

A seleção para reduzir o descarte precoce aumentará a vida produtiva das vacas, resultando em melhorias na rentabilidade da indústria leiteira, além de proporcionar um maior bem-estar animal. No entanto, parte desse descarte precoce é voluntário. Por exemplo, no presente estudo, o fator econômico foi a razão de descarte mais frequente (41,32%) para vacas com idades entre 12 e 23 meses (Tabela 1). Overton e Dhuyvetter (2020) indicaram que os avanços na gestão reprodutiva e o uso de sêmen sexado levaram a um aumento no número de novilhas de reposição nos rebanhos leiteiros dos EUA. Segundo De Vries e Marcondes (2020), o excedente de novilhas que são criadas e vendidas muitas vezes resulta em perdas econômicas para os produtores quando comparado aos altos custos de criação. Aumentar a permanência das novilhas pode ter benefícios econômicos significativos para as fazendas leiteiras, já que criar novilhas de reposição representa um custo considerável (VANRADEN et al., 2021). No entanto, alternativas podem ser implementadas para reduzir esses custos, como vender novilhas mais jovens, criar menos novilhas sobressalentes ou recrutar parte do rebanho com sêmen de gado de corte. Também deve ser alcançado um compromisso entre a melhoria genética e a taxa de reposição.

Pequenas diferenças nas razões de descarte foram observadas ao longo das estações, com outono e inverno apresentando as maiores taxas de descarte (27,30% e 26,65%, respectivamente), enquanto primavera e verão tiveram as menores taxas de descarte (23,72% e 22,33%, respectivamente). Existem estudos que mostram que o momento da concepção da vaca pode influenciar a vida da progênie. Pinedo e De Vries (2017) observaram uma diferença na sobrevivência e no desempenho da progênie de acordo com o tempo de concepção, onde vacas Holandês que conceberam no inverno apresentaram melhores resultados do que aquelas que conceberam no verão. Esse efeito sazonal pode estar relacionado ao estresse térmico, que influencia a produção, a reprodução, a saúde, o desenvolvimento placentário e a imunidade dos descendentes (TAO e DAHL, 2013). O estresse térmico pode afetar os níveis de progesterona no sangue, com um impacto negativo na reprodução (DE RENSIS; SCARAMUZZI, 2003). Pinedo et al. (2010) relataram um aumento nas taxas de descarte por razões reprodutivas após o verão, provavelmente porque as vacas não engravidaram durante aquela estação.

Este estudo também mostrou que a localização geográfica do rebanho pode influenciar as frequências das razões de descarte. Por exemplo, nas duas principais províncias leiteiras do Canadá, Quebec e Ontário, há uma predominância de descartes por razões de saúde e produção, respectivamente. A maior frequência de descarte devido a problemas de saúde em Quebec pode estar simplesmente relacionada ao seu sistema de registro de saúde, que é baseado em registros veterinários, em contraste com o registro feito pelos produtores em Ontário (KOECK et al., 2012). Além disso, o governo de Quebec tem adotado medidas para melhorar a saúde do gado por meio do Programa de Melhoria da Saúde Animal em Quebec (ASAQ Agreement) (DOMAINE BIOALIMENTAIRE QUÉBÉCOIS e AVIAIRE, 2021).

Os efeitos das regiões climáticas e ecozonas também foram significativos e podem estar associados a mudanças na fisiologia das vacas leiteiras devido ao estresse térmico. Um estudo realizado na Alemanha indicou que a taxa de concepção em vacas leiteiras é afetada pelo estresse térmico (SCHÜLLER et al., 2014). Em Quebec, Ouellet et al. (2019) relataram que vacas Holandês criadas em clima continental úmido apresentaram uma redução nos rendimentos de proteína e gordura, mas com pouco efeito na produção de leite. Além disso, Campos et al. (2022) investigaram os efeitos do estresse térmico nas características de produção de leite nas províncias de Quebec e Ontário usando dados meteorológicos e encontraram uma diminuição significativa nos rendimentos de leite, gordura e proteína, o que causou perdas econômicas.

Muitas razões para o descarte ainda são desconhecidas (Tabela Suplementar 1), destacando a necessidade de melhorias no sistema de registro atual. É essencial continuar aprimorando as estratégias de manejo e selecionar para maior longevidade, o que tem implicações econômicas e ambientais para a indústria leiteira. Ao avaliar a longevidade geral das vacas e a longevidade das vacas com base nas diferentes razões de descarte, fatores como ano, província, estação, região climática e ecozona devem ser considerados, pois eles afetaram significativamente as frequências das razões de descarte das vacas Holandês no Canadá.

CONCLUSÕES

A frequência das razões de descarte em gado Holandês canadense mudou ao longo do tempo e variou com base em fatores como ano, idade das vacas, província, região climática e ecozona. As principais razões para o descarte são problemas reprodutivos, produção de leite e problemas de saúde. A caracterização das razões de descarte indica a necessidade de um contínuo aprimoramento nos índices de seleção nacionais, com uma ênfase maior em características de reprodução, saúde e bem-estar para aumentar a vida produtiva das vacas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem sinceramente pelo apoio financeiro fornecido pelo Agricultura e Agroalimentação do Canadá (Ottawa, ON, Canadá), além das contribuições adicionais dos Dairy Farmers of Canada (Ottawa, ON, Canadá), Lactanet (Guelph, ON, Canadá) e da Canadian Dairy Commission (Ottawa, ON, Canadá) no âmbito da Iniciativa de Agri-Science Clusters. De acordo com o contrato de pesquisa, os pesquisadores mantêm a independência na condução de seus estudos, possuem seus dados e relatam os resultados independentemente dos achados. A decisão de publicar os resultados cabe exclusivamente aos pesquisadores. O primeiro autor também agradece a bolsa recebida da FAPESB, processo número: BL0459/2020. E ao CNPq pela bolsa de doutorado sanduíche, processo número: 402895/2022-3. Luís Fernando Batista Pinto e Victor Breno Pedrosa são beneficiários de bolsas de produtividade em pesquisa do CNPq (PQ).

Tabela Suplementar 1 - Distribuição das frequências dos oito motivos de descarte de vacas Holandês por ano no Canadá

(Continua)

Ano	Razão do descarte								Frequência Total	
	Reprodução	Produção	Saúde	Conformação	Econômico	Acidente	Motivos relacionados à idade	Funcionalidade		
1996	494	706	506	448	13	68	54	40	2.329	0,10%
1997	2.429	2.924	2.032	1.499	54	525	114	143	9.720	0,41%
1998	2.535	3.293	2.567	1.792	422	614	148	130	11.501	0,48%
1999	2.759	3.926	3.048	2.011	848	725	190	191	13.698	0,57%
2000	3.225	6.371	4.423	3.088	2.711	1.163	217	531	21.729	0,91%
2001	6.636	11.126	6.578	4.304	3.537	1.751	282	573	34.787	1,45%
2002	10.627	15.396	9.446	6.512	5.595	2.569	339	744	51.228	2,14%
2003	11.850	12.383	10.124	7.048	4.879	2.648	499	757	50.188	2,10%
2004	16.194	12.573	13.305	9.606	6.732	3.013	737	1.030	63.190	2,64%
2005	18.195	14.048	15.386	10.901	6.959	3.559	1.050	1.363	71.461	2,99%
2006	20.846	16.243	17.834	13.012	6.991	4.587	1.290	1.914	82.717	3,46%
2007	21.343	17.104	18.345	11.892	8.105	5.184	1.281	1.628	84.882	3,55%
2008	23.444	22.477	19.996	12.871	10.416	5.808	1.288	1.562	97.862	4,09%
2009	26.151	20.689	22.013	14.767	8.246	6.486	1.558	1.642	101.552	4,24%
2010	31.182	24.294	29.529	19.310	7.965	7.777	1.905	2.355	124.317	5,20%
2011	31.615	24.335	29.667	18.716	9.955	8.203	2.084	2.122	126.697	5,30%
2012	36.061	27.319	34.717	22.454	12.221	9.337	2.452	2.617	147.178	6,15%
2013	37.754	30.710	36.636	24.612	15.269	9.735	2.834	3.055	160.605	6,71%
2014	37.662	30.709	33.004	21.809	17.304	9.356	2.769	2.713	155.326	6,49%

Tabela Suplementar 1 - Distribuição das frequências dos oito motivos de descarte de vacas Holandês por ano no Canadá

(Continuação)

2015	35.738	28.872	32.592	21.427	26.782	9.149	2.908	2.371	159.839	6,68%
2016	34.818	29.501	31.177	20.728	24.818	9.066	2.908	2.333	155.349	6,49%
2017	33.469	27.161	29.244	18.702	28.079	8.744	2.880	1.978	150.257	6,28%
2018	37.413	33.827	31.345	21.421	45.439	9.032	3.505	2.371	184.353	7,70%
2019	34.812	37.882	28.110	19.771	32.349	8.473	3.381	2.390	167.168	6,99%
2020	33.589	44.208	26.310	18.971	27.847	8.211	3.281	2.377	164.794	6,89%

Tabela Suplementar 2 - Distribuição de frequências para os oito motivos de descarte de vacas Holandês por estação

Razão de descarte	Estação			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Reprodução	160.294	153.177	127.755	109.615
Produção	137.691	137.357	120.832	102.197
Saúde	130.327	123.971	113.377	120.259
Conformação	90.823	87.115	76.132	73.602
Econômico	77.895	79.240	76.965	79.436
Acidente	35.117	34.724	32.937	33.005
Motivos relacionados à idade	11.263	10.812	9,230	8.649
Funcionalidade	9.829	11.354	10.325	7.422
Frequência total	653.239 27,30%	637.750 26,65%	567.553 23,72%	534.185 22,33%

Tabela Suplementar 3 - Distribuição de frequências para os oito motivos de descarte de vacas Holandês por província do Canadá

Razão do descarte	Ontário	Quebec	Alberta	Colúmbia Britânica	Manitoba	Sascachevã	Nova Brunswick	Nova Escócia	Ilha do Príncipe Eduardo	Terra Nova e Labrador
Reprodução	223.594	162.685	58.635	50.575	22.443	12.339	7.263	6.885	5.756	666
Produção	263.767	80.985	52.758	49.898	16.596	13.850	6.138	7.035	6.463	587
Saúde	166.215	182.164	44.064	41.424	20.736	12.817	6.995	6.921	5.951	647
Conformação	118.406	100.926	39.683	31.372	15.452	9.274	4.388	4.506	3.351	314
Econômico	113.762	100.025	33.567	29.729	13.282	10.969	4.448	4.324	3.315	115
Acidente	36.154	64.785	9.227	11.201	4.301	3.412	2.632	2.458	1.413	200
Motivos relacionados à idade	16.936	10.227	4.898	3.804	1.678	1.116	500	322	429	44
Funcionalidade	12.946	12.642	5.558	3.212	2.114	1.156	492	433	310	67
Frequência total	951.780	714.439	248.390	221.215	96.602	64.933	32.856	32.884	26.988	2.640
	39,78%	29,86%	10,38%	9,25%	4,04%	2,71%	1,37%	1,37%	1,13%	0,11%

Tabela Suplementar 4 - Distribuição de frequências para os oito motivos de descarte por regiões climáticas em gado holandês

Razões do descarte	Clima						
	BSk	Cfb	Csb	Dfa	Dfb	Dfc	ET
Reprodução	6,045	34,573	5,417	101	485,614	18,881	210
Produção	6,798	31,842	6,889	28	437,876	14,449	195
Saúde	6,150	30,051	3,409	73	431,974	16,195	82
Conformação	5,546	21,754	3,376	33	286,338	10,541	84
Econômico	3,910	21,487	2,584	18	274,132	11,374	31
Acidente	1,718	8,241	908	9	120,720	4,148	39
Motivos relacionados à idade	680	2,721	432	10	34,823	1,264	24
Funcionalidade	677	2,066	404	8	34,278	1,485	12
Frequência total	31,524	152,735	23,419	280	2,105,755	78,337	677
	1,32%	6,38%	0,98%	0,01%	88,01%	3,27%	0,03%

BSk = Clima semiárido frio, Cfb = Clima oceânico temperado, Csb = Clima mediterrâneo de verão quente, Dfa = clima continental de verão quente e úmido, Dfb = clima continental de verão frio e úmido, Dfc = Clima subártico e ET = Clima de tundra

Tabela Suplementar 5 - Frequências de oito motivos de descarte de vacas Holandês por ecozona do Canadá

Razões do descarte	Ecozonas						
	MixedWood Plain	Atlantic Maritime	Prairie	Pacific Maritime	Boreal Shield	Boreal Plain	Montane Cordillera
Reprodução	312,974	69,744	77,888	40,111	24,698	15,019	10,407
Produção	306,641	44,136	71,397	38,916	14,548	11,524	10,915
Saúde	267,642	74,503	66,046	33,514	27,158	11,220	7,851
Conformação	174,733	43,528	55,545	25,168	13,977	8,550	6,171
Econômico	164,995	45,101	47,370	24,356	16,074	10,337	5,303
Acidente	72,943	26,576	15,029	9,162	8,247	1,798	2,028
Motivos relacionados à idade	22,288	4,613	6,534	3,160	1,609	1,109	641
Funcionalidade	19,610	5,541	7,514	2,480	1,803	1,253	729
Frequência total	1,341,826	313,742	347,323	176,867	108,114	60,810	44,045
	56,08%	13,11%	14,52%	7,39%	4,52%	2,54%	1,84%

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDISA, T. Review on the Reproductive Health Problem of Dairy Cattle. **Journal of Dairy & Veterinary Sciences**, v. 5, n. 1, 5 fev. 2018.
- ADAMCZYK, K.; JAGUSIAK, W.; MAKULSKA, J. Analysis of Lifetime Performance and Culling Reasons in Black-and-White Holstein-Friesian Cows Compared with Crossbreds. **Annals of Animal Science**, v. 18, n. 4, p. 1061–1079, 1 out. 2018.
- AGHAMOHAMMADI, M. et al. Herd-Level Mastitis-Associated Costs on Canadian Dairy Farms. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 5, 14 maio 2018.
- AHLMAN, T. et al. Culling reasons in organic and conventional dairy herds and genotype by environment interaction for longevity. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 3, p. 1568–1575, mar. 2011.
- AHMADZADEH, A. et al. Effect of clinical mastitis and other diseases on reproductive performance of Holstein cows. **Animal Reproduction Science**, v. 112, n. 3–4, p. 273–282, 1 jun. 2009.
- BOULTON, A.; RUSHTON, J.; WATHES, D. An empirical analysis of the cost of rearing dairy heifers from birth to first calving and the time taken to repay these costs. **Animal**, v. 11, p. 1372-1380, 2017.
- BRITO, L. F. et al. Review: Genetic selection of high-yielding dairy cattle toward sustainable farming systems in a rapidly changing world. **Animal**, v. 15, p. 100292, dez. 2021.
- CAMPOS, I. L. et al. Using publicly available weather station data to investigate the effects of heat stress on milk production traits in Canadian Holstein cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 102, n. 2, p. 368–381, 1 jun. 2022.
- CDIC - CANADIAN DAIRY INFORMATION CENTRE. Breed improvement and genetic evaluation. Culling and replacement rates in dairy herds in Canada. 2021a. Disponível em: <https://agriculture.canada.ca/en/sector/animal-industry/canadian-dairy-information-centre/statistics-market-information/dairy-animal-genetics/culling-replacement>. Acesso em: 9 jul. 2022.
- CDIC - CANADIAN DAIRY INFORMATION CENTRE. Distribution of total milk quota by province. 2021b. Disponível em: <https://agriculture.canada.ca/en/sector/animal-industry/canadian-dairy-information->

centre/statistics-market-information/farm-statistics/distribution-quota. Acesso em: 7 mar. 2023.

CDIC - CANADIAN DAIRY INFORMATION CENTRE. Number of farms, dairy cows and dairy heifers. 2021c. Disponível em: <https://agriculture.canada.ca/en/sector/animal-industry/canadian-dairy-information-centre/statistics-market-information/farm-statistics/number-farms-cows>. Acesso em: 7 mar. 2023.

CHEGINI, A. et al. Genetic correlation estimates between milk production traits, mastitis and different measures of somatic cells in Holstein cows. **Animal Production Science**, v. 59, n. 6, p. 1031, 2019.

DE RENSIS, F.; SCARAMUZZI, R. J. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow—A review. *Theriogenology*, v. 60, p. 1139-1151, 2003.

DERVISHE, E. et al. Alterations in innate immunity reactants and carbohydrate and lipid metabolism precede occurrence of metritis in transition dairy cows. *Research in Veterinary Science*, v. 104, p. 30-39, 2016.

DE VRIES, A. Symposium review: Why revisit dairy cattle productive lifespan? **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 4, p. 3838–3845, 1 abr. 2020.

DE VRIES, A.; MARCONDES, M. I. Review: Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. **Animal**, v. 14, p. s155–s164, 2020.

DOMAINE BIOALIMENTAIRE QUÉBÉCOIS, LE D.; AVIAIRE, S. Portrait 2021 des services vétérinaires dans le domaine bioalimentaire québécois - Secteurs aviaire, bovin, caprin, ovin et porcin. 2021. Disponível em: www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Formulaires/Rapport_veterinaire_PISAQ_2022.pdf. Acesso em: 13 fev. 2023.

DUCROCQ, V. Statistical Analysis of Length of Productive Life for Dairy Cows of the Normande Breed. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 3, p. 855–866, 1994.

FETROW, J.; NORDLUND, K. V.; NORMAN, H. D. Invited Review: Culling: Nomenclature, Definitions, and Recommendations. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 6, p. 1896–1905, jun. 2006.

FLEMING, A. et al. Symposium review: The choice and collection of new relevant phenotypes for fertility selection. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 4, p. 3722–3734, abr. 2019.

- GOVERNMENT OF CANADA. Climatic regions. Areas of climatic regions and their distribution by provinces and territories. 2022. Disponível em: <https://open.canada.ca/data/en/dataset/09ffaeb5-ec8f-5bb5-bdcb-3436ccf26f58>. Acesso em: 14 mar. 2023.
- GRANDL, F. et al. Biological implications of longevity in dairy cows: 2. Changes in methane emissions and efficiency with age. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 5, p. 3472–3485, maio 2016.
- GRANDL, F. et al. Impact of longevity on greenhouse gas emissions and profitability of individual dairy cows analysed with different system boundaries. **Animal**, v. 13, n. 1, p. 198–208, 2019.
- GRÖHN, Y. T.; EICKER, S. W.; DUCROCQ, V.; HERTL, J. A. Effect of diseases on the culling of Holstein dairy cows in New York State. *Journal of Dairy Science*, v. 81, p. 966-978, 1998.
- GUARINI, A. R. et al. Genetics and genomics of reproductive disorders in Canadian Holstein cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 2, p. 1341–1353, fev. 2019.
- HAINÉ, D. et al. Marginal structural Cox model to estimate the causal effect of clinical mastitis on Québec dairy cow culling risk. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 147, p. 124–131, 1 nov. 2017.
- HALASA, T. et al. Veterinary Quarterly Economic effects of bovine mastitis and mastitis management: A review Economic effects of bovine mastitis and mastitis management: A review. **Veterinary Quarterly**, v. 29, n. 1, p. 18–31, 2007.
- HEISE, J. et al. The genetic structure of longevity in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 1253–1265, 2016.
- HU, H. et al. Analysis of Longevity Traits in Holstein Cattle: A Review. **Frontiers in Genetics**, v. 12, 3 ago. 2021.
- JAMROZIK, J. et al. Genetic evaluation model for female reproductive traits of Canadian dairy cattle. In: 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 2006, Belo Horizonte, MG, Brazil. Disponível em: <http://www.wcgalp.org/system/files/proceedings/2006/genetic-evaluation-model-female-reproductive-traits-canadian-dairy-cattle.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2022.

- KERSLAKE, J. I. et al. Economic costs of recorded reasons for cow mortality and culling in a pasture-based dairy industry. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 2, p. 1795–1803, 1 fev. 2018.
- KOECK, A. et al. Health recording in Canadian Holsteins: Data and genetic parameters. 2012.
- MA, L. et al. Symposium review: Genetics, genome-wide association study, and genetic improvement of dairy fertility traits. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 4, p. 3735–3743, abr. 2019.
- MARTIN, P. et al. Symposium review: Novel strategies to genetically improve mastitis resistance in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 3, p. 2724–2736, mar. 2018.
- MARUMO, J. L. et al. Influence of environmental factors and parity on milk yield dynamics in barn-housed dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 2, p. 1225–1241, 1 fev. 2022.
- MIGLIOR, F. et al. A 100-Year Review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 12, p. 10251–10271, dez. 2017.
- O'BLENESS, G. V.; VAN-VLECK, L. D. Reasons for disposal of dairy cows from New York herds. *Journal of Dairy Science*, v. 45, p. 1087-1093, 1962.
- OLIVEIRA, H. R. et al. Using Random Regression Models to Genetically Evaluate Functional Longevity Traits in North American Angus Cattle. **Animals**, v. 10, n. 12, p. 2410, 16 dez. 2020a.
- OLIVEIRA, H. R. et al. Impact of Censored or Penalized Data in the Genetic Evaluation of Two Longevity Indicator Traits Using Random Regression Models in North American Angus Cattle. **Animals**, v. 11, n. 3, p. 800, 12 mar. 2020b.
- OLIVEIRA JUNIOR, G. A. et al. Estimated genetic parameters for all genetically evaluated traits in Canadian Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 8, p. 9002–9015, ago. 2021.
- OUELLET, V. et al. The relationship between the number of consecutive days with heat stress and milk production of Holstein dairy cows raised in a humid continental climate. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 8537–8545, 2019.

OVERTON, M.; DHUYVETTER, K. Symposium review: An abundance of replacement heifers: What is the economic impact of raising more than are needed? **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 3828–3837, 2020.

PAIANO, R. B.; BIRGEL, D. B.; BIRGEL JUNIOR, E. H. Uterine involution and reproductive performance in dairy cows with metabolic diseases. *Animals*, v. 9, p. 93, 2019.

PINEDO, P. J.; DE VRIES, A. Season of conception is associated with future survival, fertility, and milk yield of Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 8, p. 6631–6639, ago. 2017.

PINEDO, P. J.; DE VRIES, A.; WEBB, D. W. Dynamics of culling risk with disposal codes reported by Dairy Herd Improvement dairy herds. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 5, p. 2250–2261, 1 maio 2010.

PRYCE, J. E. et al. Fertility in the high-producing dairy cow. **Livestock Production Science**, v. 86, n. 1–3, p. 125–135, mar. 2004.

PUERTO, M. A. et al. The hidden cost of disease: I. Impact of the first incidence of mastitis on production and economic indicators of primiparous dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 7, p. 7932–7943, 1 jul. 2021.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. 2022. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <www.R-project.org/>. Acesso em: 10 mar. 2023.

RUEGG, P. L. A 100-Year Review: Mastitis detection, management, and prevention. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 10381–10397, 2017.

SABEDOT, M. A. et al. Genetic parameters for milk traits, somatic cell, and total bacteria count scores in Brazilian Jersey herds. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 47, n. 0, 22 out. 2018.

SCHÜLLER, L. K.; BURFEIND, O.; HEUWIESER, W. Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature–humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. **Theriogenology**, v. 81, n. 8, p. 1050–1057, maio 2014.

STATISTICS CANADA. Ecological land classification. Terrestrial ecozones and ecoprovinces of Canada. 2017. Disponível em:

<https://www.statcan.gc.ca/en/subjects/standard/environment/elc/2017-map>. Acesso em: 14 mar. 2023.

SWEETT, H.; VAN DOORMAAL, B. Insemination trends: The rise in sexed and beef sire semen. 2022. Disponível em: <https://lactanet.ca/en/insemination-trends/>. Acesso em: 14 mar. 2023.

TAO, S.; DAHL, G. E. Invited review: Heat stress effects during late gestation on dry cows and their calves. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 7, p. 4079–4093, 1 jul. 2013.

VAN DOORMAAL, B. J.; KISTEMAKER, G.; MIGLIOR, F. Implementation of reproductive performance genetic evaluations in Canada. 2007. Disponível em: <https://journal.interbull.org/index.php/ib/article/view/1296/1296>. Acesso em: 14 nov. 2022.

VANRADEN, P. M. et al. Net merit as a measure of lifetime profit: 2021 revision. **AIP Research Reports**, v. 8, p. 1-20, 2021.

WEIGEL, K. A. Prospects for improving reproductive performance through genetic selection. **Animal Reproduction Science**, v. 96, n. 3–4, p. 323–330, dez. 2006.

ZHANG et al. Mortality-Culling Rates of Dairy Calves and Replacement Heifers and Its Risk Factors in Holstein Cattle. **Animals**, v. 9, n. 10, p. 730, 26 set. 2019.

ZHANG, Q. et al. Genome-wide association study for longevity with whole-genome sequencing in 3 cattle breeds. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 9, p. 7289–7298, set. 2016.

CAPÍTULO 02

Estimativas de parâmetros genéticos e tendências genéticas para longevidade em função de várias causas de descarte de vacas da raça Holandês criadas no Canadá usando modelos de regressão aleatória

Estimativas de parâmetros genéticos e tendências genéticas para longevidade em função de várias causas de descarte de vacas da raça Holandês criadas no Canadá usando modelos de regressão aleatória

RESUMO

A seleção para ampliação da longevidade em vacas leiteiras pode ajudar a alavancar a produtividade e trazer benefícios para o próprio animal, melhorando seu bem-estar. Assim, este estudo teve como objetivo estimar parâmetros genéticos para oito indicadores de longevidade correspondentes as causas de descarte por motivos relacionados à idade, funcionalidade, econômico, conformação, saúde, reprodução e desconhecido. A longevidade foi definida de forma longitudinal, atribuindo valores um e zero se a vaca estava presente no rebanho ou não nas classes de idade 1 (entre 12 e 23 meses) a 15 (180 meses). Foi utilizado modelo de regressão aleatória (RRM) unicaracterística e o polinômio de Legendre de quinta ordem, que apresentou o melhor ajuste. As estimativas de herdabilidade variaram de baixa a alta em função da idade de descarte, bem como diferiu entre as causas de descarte avaliadas, como segue: 0,17 a 0,38 (idade), 0,04 a 0,52 (funcionalidade), 0,002 a 0,20 (econômico), 0,02 a 0,28 (conformação), 0,02 a 0,26 (produção), 0,02 a 0,25 (saúde), 0,02 a 0,24 (reprodução) e de 0,02 a 0,22 (desconhecido). As correlações genéticas médias entre as idades foram positivas e altas ($\approx 1,0$) em idades próximas, enquanto em idades mais distantes as correlações foram negativas e altas ($\approx -1,0$). As tendências genéticas seguiram padrões similares nas diferentes causas de descarte, indicando ganhos nas idades mais jovens de descarte e perdas nas idades mais altas. O presente estudo indicou que as estimativas de herdabilidade para longevidade de vacas Holandês criadas no Canadá dependem das causas de descarte, mas para todas as causas há pelo menos uma idade em que essa estimativa é moderada. Portanto, é recomendado que as vacas sejam separadas em grupos de causa de descarte quando os programas de melhoramento estiverem estimando parâmetros genéticos para a longevidade de vacas Holandês.

Palavras-chaves: bovino leiteiro, vida produtiva, longevidade, habilidade produtiva

Estimates of genetic parameters and genetic trends for longevity based on various culling reasons in Holstein cows raised in Canada using random regression models

ABSTRACT

Selection to increased longevity may improve herd productivity and promote cow's welfare. Thus, this study aimed to estimate genetic parameters for eight longevity indicators corresponding to culling reasons, such as age-related reasons, functionality, economic, conformation, health, reproduction, and unknown reasons. Longevity was defined longitudinally, assigning values of one and zero depending on whether the cow was present in the herd or not within age classes 1 (between 12 and 23 months) to 15 (180 months). A single-trait random regression model (RRM) was used with a fifth-order Legendre polynomial, which showed the best fit. Heritability estimates varied depending on both culling ages and culling reasons, as follows: 0.17 to 0.38 (age), 0.04 to 0.52 (functionality), 0.002 to 0.20 (economic), 0.02 to 0.28 (conformation), 0.02 a 0.26 (production), 0.02 to 0.25 (health), 0.02 to 0.24 (reproduction) and 0.02 to 0.22 (unknown). The average genetic correlations between ages were positive and high (≈ 1.0) at closer ages, while at more distant ages, the correlations were negative and high (≈ -1.0). Genetic trends followed similar patterns across different culling causes, indicating gains at younger culling ages and losses at older ages. The present study indicated that heritability estimates for longevity in Canadian Holstein cows depend on the culling reasons, but for all culling reasons there was at least one age at which the heritability estimate is moderate. Therefore, it is recommended cows be separated into groups based on the culling reason when breeding programs are estimating genetic parameters to Holstein cow longevity.

Keywords: dairy cattle, productive life, longevity, productive ability

INTRODUÇÃO

A longevidade em vacas leiteiras refere-se à capacidade do animal de permanecer produtivo e saudável no rebanho por um período prolongado, sendo uma característica crucial para aumentar a eficiência econômica (SCHUSTER et al., 2020), reduzir os custos anuais associados à reposição de novilhas leiteiras (BOULTON et al., 2017) e promover uma maior sustentabilidade nos sistemas de produção de gado leiteiro (GRANDL et al., 2019). A longevidade pode ser definida como o período durante o qual uma vaca permanece no rebanho, abrangendo o intervalo entre o início da produção na primeira lactação e o momento do descarte (VANRADEN e KLAASKATE, 1993). A seleção voltada para a longevidade pode aumentar o número de ciclos produtivos, proporcionando benefícios econômicos indiretos aos produtores de leite (ZHANG et al., 2016). O principal objetivo da seleção para longevidade é reduzir o descarte prematuro ou involuntário de vacas, permitindo, assim, um maior descarte voluntário e a retenção dos animais mais produtivos no rebanho (MIGLIOR et al., 2017).

De acordo com Weigel et al. (2003), o descarte voluntário ocorre quando o produtor opta por descartar um animal por razões econômicas ou estratégicas, como baixo desempenho ou problemas de manejo. O descarte involuntário, por outro lado, é necessário em casos de vacas com problemas de saúde ou de fertilidade, e não é planejado (FETROW et al., 2006). Altas taxas de descarte involuntário são preocupantes tanto para o bem-estar animal quanto para a rentabilidade das fazendas leiteiras (WEIGEL et al., 2003). Reduzir essas taxas pode aumentar o descarte voluntário, potencialmente aumentando os lucros econômicos (SEWALEM et al., 2008). Conforme observado por Adamie et al. (2023), a implementação de estratégias voltadas para otimizar a longevidade não apenas traz benefícios econômicos para os produtores, mas também contribui para a sustentabilidade ambiental nas práticas da indústria leiteira sustentável. Grandl et al. (2019) demonstraram que prolongar a vida produtiva de vacas leiteiras pode ser uma estratégia eficaz para reduzir o impacto climático e aumentar a rentabilidade na produção de leite. Von Soosten et al. (2020) cita que vacas com cinco a oito lactações podem reduzir em até 40% a intensidade das emissões em comparação às descartadas após a primeira lactação.

Estudos que avaliaram a longevidade e a fertilidade em rebanhos de gado leiteiro destacaram a importância de considerar fatores reprodutivos, de saúde e de manejo para aprimorar a vida produtiva dos animais. Por exemplo, Rilanto et al. (2020) identificaram que práticas de manejo adequadas, como a prevenção de mastite e os cuidados com a saúde dos cascos, são cruciais para reduzir as taxas de descarte de vacas na Estônia. Wondatir Workie et al. (2021) analisaram as razões para o descarte em rebanhos australianos, revelando como a raça, a idade e as mudanças ao longo do tempo influenciam as decisões de descarte. Enquanto isso, Liu et al. (2008) enfatizaram a importância de incluir características de fertilidade nos índices de seleção para prevenir o declínio da fertilidade causado pela seleção para alta produção de leite, contribuindo assim para a longevidade animal.

Vários estudos foram realizados para estimar componentes de variância para longevidade de vacas leiteiras. Por exemplo, Kern et al. (2015), Ghaderi-Zefrehei et al. (2016) e Zhang et al. (2022) analisaram vários indicadores de longevidade na raça Holandês, usando rebanhos de diferentes países, e constataram baixa estimativas de herdabilidade, com valores variando de 0,04 a 0,33. Contudo, esses estudos não consideraram as causas de descarte. Assim, eles analisaram bancos de dados contendo vacas oriundas de descarte voluntário e involuntário, simultaneamente. Por outro lado, Oliveira et al. (2020) estimaram parâmetros genéticos para longevidade após separar vacas Angus em função das causas de descarte e constaram que herdabilidade não era similar entre os grupos, além de haver correlação genética baixa entre os grupos. Assim, a avaliação genética individualizada das causas de descarte pode resultar em estimativas mais fidedignas de parâmetros genéticos para longevidade de bovinos. Portanto, o objetivo geral deste estudo foi estimar parâmetros e tendências genéticas para longevidade de vacas da raça Holandês criadas no Canadá após separá-las em função de oito causas principais de descarte.

MATERIAL E MÉTODOS

Declaração de ética

Este estudo utilizou dados fenotípicos e de pedigree preexistentes no banco de dados da Lactanet (www.lactanet.ca; Guelph, ON, e St. Anne de Bellevue, QC, Canadá). Como não foram realizados experimentos envolvendo animais, a aprovação de um comitê de ética no uso de animais não foi necessária.

Conjuntos de dados e controle de qualidade

O banco de dados da Lactanet apresenta 7.188.910 registros de razões para descarte de vacas Holandês que foram descartadas entre 1996 e 2021. Além disso, datas de nascimento, datas de entrada e saída dos rebanhos, localizações dos rebanhos e informações de pedigree estavam também disponíveis no banco de dados. Durante o controle de qualidade, os seguintes critérios foram utilizados: vacas com registros completos de entrada no rebanho até os dois anos de idade e saída do rebanho; rebanhos com razões de descarte consistentemente registradas ao longo dos anos; pedigree com pelo menos três gerações; vacas com idades entre 12 e 180 meses; e vacas que ingressaram nos rebanhos até os 24 meses de idade. Registros anteriores a 1996 foram excluídos devido à baixa frequência da causa de descarte. Informações adicionais sobre o conjunto de dados podem ser encontradas no capítulo 1 desta tese.

Para entender como diferentes razões de descarte afetam as estimativas de componentes de variância e parâmetros genéticos, oito grupos distintos foram definidos para o motivo de: 1) motivos relacionados à idade; 2) funcionalidade (temperamento ruim e vaca lenta para ordenha); 3) econômico (alugadas, exportadas, transferidas, rebanho fora de teste e vendidas para vitela); 4) conformação (conformação geral, pés e pernas, e conformação do úbere); 5) produção (produção de leite, baixa produção de leite, baixo teor de gordura no leite e baixo teor de proteína no leite); 6) saúde (mastite, febre do leite, doença de Johne, leucose, peritonite, pneumonia, deslocamento do abomaso, artrite, enfermidade, *Staphylococcus aureus* e distensão abdominal); 7) reprodução (dificuldades reprodutivas e de parto); e 8) desconhecido (causa desconhecida e outros). O número de animais avaliado em cada grupo de razão de descarte é mostrado na Tabela 1.

Para avaliar o impacto das diferentes razões de descarte na longevidade das vacas leiteiras, utilizamos a definição de longevidade como uma medida repetida, assim como Oliveira et al. (2020) ao avaliar vacas de corte. Nessa análise, são utilizados registros binários, com valor (1) se a vaca estava no rebanho em uma determinada idade ou (2) caso contrário. Para tanto, foram definidas 15 classes de idade com intervalos de 12 meses cada, onde a primeira classe ia de 12 a 23 meses) e a décima quinta classe englobava vacas com até 180 meses de idade.

Tabela 1 - Número de vacas Holandês em cada motivo de descarte

Grupos de motivo de descarte	Total de animais
Motivos relacionados à idade	5.335
Funcionalidade	5.720
Econômico	34.257
Conformação	40.009
Produção	55.462
Saúde	56.238
Reprodução	64.050
Desconhecido	73.586
Todos os grupos	334.657

Estimativa de componentes de variância

Um total de 1.000 rebanhos foram escolhidos aleatoriamente para reduzir o tamanho do banco de dados, pois o grande volume de informações disponíveis no banco original, as análises de regressão aleatória para estimar componentes de (co)variância seriam computacionalmente muito intensivas. Essa amostragem teve como objetivo garantir uma representação adequada dos diferentes grupos de animais e rebanhos, com a condição de que cada rebanho incluísse pelo menos um registro de descarte em cada grupo. Todos os animais e grupos contemporâneos dos rebanhos selecionados foram utilizados, a fim de evitar comprometer a estrutura dos grupos contemporâneos. Para os dados de pedigree, foram considerados os parentes até três gerações a partir dos animais com dados fenotípicos.

Os componentes de variância foram estimados utilizando o software gibbs3f90 (Misztal et al., 2002), que aplica uma abordagem Bayesiana baseada em amostragem de Gibbs e no algoritmo Monte Carlo via Cadeias de Markov (MCMC). O algoritmo MCMC foi implementado com uma cadeia de 600.000 iterações, incorporando um período de aquecimento (*burn-in*) de 400.000 iterações e um intervalo de amostragem (*thinning*) de

40. A convergência da cadeia foi avaliada utilizando os critérios de Heidelberger e Welch (1983) e Geweke (1992), além da inspeção visual das cadeias. O pacote "boa-Bayesian Output Analysis" (Smith, 2007), disponível no software R (R Core Team, 2019), foi utilizado para verificar a convergência com base em todos os critérios mencionados.

As definições de longevidade baseadas em diferentes razões de descarte foram analisadas utilizando um modelo de regressão aleatória unicaracterística (RRM), definido na notação matricial da seguinte forma:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{H}\boldsymbol{\alpha} + \mathbf{Z}\boldsymbol{\mu} + \mathbf{W}\boldsymbol{\delta} + \boldsymbol{\varepsilon}$$

onde \mathbf{y} é o vetor de observações, $\boldsymbol{\beta}$ é o vetor de efeitos sistemáticos (fixos), $\boldsymbol{\alpha}$ é o vetor de coeficientes de regressão aleatória para o efeito de rebanho-ano-estação, $\boldsymbol{\mu}$ é o vetor de coeficientes de regressão aleatória para os efeitos genéticos aditivos, $\boldsymbol{\delta}$ é o vetor de coeficientes de regressão aleatória para os efeitos ambientais permanentes, e $\boldsymbol{\varepsilon}$ é o vetor de resíduos aleatórios.

As matrizes de incidência \mathbf{X} , \mathbf{H} , \mathbf{Z} e \mathbf{W} foram utilizadas para relacionar \mathbf{y} aos vetores $\boldsymbol{\beta}$, $\boldsymbol{\alpha}$, $\boldsymbol{\mu}$, e $\boldsymbol{\delta}$ respectivamente. Os efeitos sistemáticos de ecozona, idade da mãe no parto, facilidade de parto e tamanho do bezerro foram testados utilizando um modelo misto linear (LME) no pacote nlme no R, com nível de significância de 0,01. Os efeitos sistemáticos categóricos significativos foram incluídos no modelo, conforme Tabela 2. Para todas as análises genéticas, os coeficientes de regressões sistemáticas para rebanho-ano de nascimento da vaca (ou seja, curva fixa do modelo) foram incluídas como efeitos sistemáticos em $\boldsymbol{\beta}$.

Tabela 2 – Efeitos sistemáticos incluídos nas análises de cada causa de descarte

Causa de descarte	Ecozona	Idade da mãe no parto	Facilidade de parto	Tamanho do bezerro
Motivos relacionados à idade	x	x	-	-
Funcionalidade	x	x	-	x
Econômico	x	x	x	-
Conformação	x	x	x	-
Produção	x	x	x	x
Saúde	x	x	x	-
Reprodução	x	x	x	x
Desconhecido	x	x	x	-

Para as regressões aleatórias (ou seja, rebanho-ano-estação, genética aditiva e ambiental permanente), foram testados polinômios ortogonais de Legendre de 3^a, 4^a e 5^a

ordens. Além disso, o efeito fixo de rebanho-ano de nascimento da vaca também foi incluído nos modelos para considerar as diferenças de seleção ao longo dos anos. Assumiu-se que $y | \beta, \alpha, \mu, \delta, \mathbf{R}_\alpha, \mathbf{G}_0, \mathbf{R}_\delta, \sigma_e^2 \sim N(\mathbf{X}\beta + \mathbf{H}\alpha + \mathbf{Z}\mu + \mathbf{W}\delta, \mathbf{I}\sigma_e^2)$, onde $\mathbf{R}_\alpha, \mathbf{G}_0, \mathbf{R}_\delta$ são as matrizes de componentes de variância para ano-rebanho-estação, genética aditiva e (co)variância ambiental permanente para coeficientes de regressão aleatória, respectivamente. O σ_e^2 é a variância residual, que foi considerada homogênea entre as 15 classes de idade. Além disso, foram assumidas: $\beta \sim N(\mathbf{0}, \Sigma_\beta \otimes \mathbf{I})$, $\alpha | \mathbf{R}_\alpha \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{R}_\alpha \otimes \mathbf{I})$, $\mu | \mathbf{G}_0 \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{G}_0 \otimes \mathbf{A})$ e $\delta | \mathbf{R}_\alpha, \mathbf{R}_{\alpha\delta} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{R}_{\alpha\delta} \otimes \mathbf{I})$, para β , $\beta \sim N(\mathbf{0}, \Sigma_\beta \otimes \mathbf{I})$, onde Σ_β é uma matriz diagonal com variâncias elevadas (10^{10}) para representar conhecimento prévio vago, e \mathbf{I} é a matriz identidade, \mathbf{R}_α , \mathbf{G}_0 e \mathbf{R}_δ são as matrizes de componentes de variância para os efeitos de ano-rebanho-estação, genética aditiva e ambiente permanente, respectivamente. Por fim, \mathbf{A} é a matriz de relacionamento baseada em pedigree, \mathbf{I} é uma matriz identidade, $\mathbf{0}$ é um vector de zeros e \otimes é o produto Kronecker.

Comparação de modelos

Polinômios ortogonais de Legendre de terceira, quarta e quinta ordem foram testados para descrever as regressões aleatórias (efeitos de rebanho-ano-estação, efeitos genéticos aditivos e efeitos ambientais permanentes), para uma única definição de longevidade, ou seja, a idade de descarte do animal, assumindo 1 se ele está no rebanho ou 2 se foi descartado, com base nos diferentes grupos de razões de descarte. Para simplificar o modelo e reduzir o número de comparações, a mesma ordem de polinômio foi aplicada a todos os efeitos longitudinais.

Todos os modelos avaliados para cada grupo de motivo de descarte foram comparados usando o Critério de Informação de Desvio (DIC), que foi calculado da seguinte forma:

$$\text{DIC} = D(\bar{\theta}) + 2p_D,$$

onde $D(\bar{\theta})$ é o desvio obtido ao substituir os parâmetros por suas estimativas de média posterior na função de verossimilhança e $2p_D$ é a penalização devido ao número efetivo de parâmetros utilizados no modelo. Para facilitar a comparação com base nos valores de DIC, a probabilidade posterior do modelo (PMP) também foi calculada. A PMP é definida como:

$$p (Me| y) = \frac{\exp\left(\frac{\Delta s}{2}\right)}{\sum_{k=1}^{ns} \frac{1}{2} \exp\left(\frac{\Delta k}{2}\right)} \times 100$$

onde $p (Me| y)$ é a probabilidade posterior do modelo “s” ser o melhor modelo; $\exp (\Delta s / 2)$ é a exponencial da diferença do DIC entre o modelo “s” e o melhor modelo; e $\sum_{k=1}^{ns} \exp \left(\frac{\Delta k}{2}\right)$ é a soma das exponenciais das diferenças do DIC entre os modelos testados, do primeiro modelo até o último modelo n. O modelo com o maior PMP é selecionado.

O Fator de Bayes (BF) também foi utilizado para avaliar a adequação dos modelos testados. Ele quantifica a evidência a favor do modelo 1 (M1) em comparação ao modelo 2 (M2) e é dado pela fórmula:

$$BF = \frac{P(D|M1)}{P(D|M2)}$$

onde $P(D|M1)$ e $P(D|M2)$ são as probabilidades dos dados (D) dadas as hipóteses de cada modelo (M1 e M2, respectivamente). O Fator de Bayes fornece uma medida quantitativa da força de evidência a favor de um modelo em relação ao outro. Valores de BF maiores que 1 indicam que o modelo M1 é mais provável, dado os dados, enquanto valores menores que 1 sugerem maior suporte para o modelo M2.

Após definir os melhores modelos, os componentes de variância associados a rebanho-ano-estação genética aditiva e de ambiente permanente para todas as idades analisadas foram obtidos a partir das médias posteriores dos componentes de (co)variância estimados para os coeficientes de regressão aleatória desses efeitos, ou seja:

$$\boldsymbol{\varphi} = \mathbf{T} \mathbf{R}_{\alpha} \mathbf{T}', \boldsymbol{\Sigma} = \mathbf{T} \mathbf{G}_0 \mathbf{T}', \mathbf{e} \boldsymbol{\theta} = \mathbf{T} \mathbf{R}_{\delta} \mathbf{T}',$$

onde, $\boldsymbol{\varphi}$, $\boldsymbol{\Sigma}$ e $\boldsymbol{\theta}$ são as matrizes correspondentes aos efeitos de rebanho-ano-estação, genética aditiva e de ambiente permanente para as idades, respectivamente, e \mathbf{T} é uma matriz de covariáveis independentes para a ordem do polinômio de Legendre utilizado. As matrizes \mathbf{R}_{α} , \mathbf{G}_0 e \mathbf{R}_{δ} representam os componentes de variância de rebanho-ano-estação, genética aditiva e ambiente permanente mencionados anteriormente para os coeficientes de regressão aleatória, contendo as médias posteriores obtidas das amostras da distribuição posterior marginal para cada efeito, após o processo de *burn-in* e *thinning*. As variâncias residuais (σ_e^2) também foram extraídas das amostras da distribuição posterior marginal.

As estimativas de herdabilidades foram obtidas usando os componentes de variância estimados com base no RRM ótimo nas análises unicaracterística de cada grupo de descarte. Assim, as estimativas de herdabilidade em diferentes idades para cada motivo de descarte foram calculadas da seguinte forma:

$$\hat{h}_j^2 = \frac{\hat{\sigma}_{aj}^2}{\hat{\sigma}_{aj}^2 + \hat{\sigma}_{qj}^2 + \hat{\sigma}_{pj}^2 + \hat{\sigma}_e^2}$$

Onde \hat{h}_j^2 é a herdabilidade estimada para a classe de idade j , ($j = 1, 2, 3, \dots, 15$), $\hat{\sigma}_{aj}^2$, $\hat{\sigma}_{qj}^2$ e $\hat{\sigma}_{pj}^2$ são, respectivamente, as variâncias genéticas aditivas, do efeito de rebanho-anominação e de ambiente permanente estimadas para a idade j (encontradas na diagonal de φ , Σ e θ , respectivamente), e $\hat{\sigma}_e^2$ é a variância residual estimada. Também foram calculadas as correlações genéticas entre as diferentes idades de descarte, como segue:

$$\hat{r}_{jj'} = \frac{\hat{\sigma}_{ajj'}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{aj}^2 + \hat{\sigma}_{aj'}^2}}$$

onde, $\hat{r}_{jj'}$ representa a correlação genética estimada entre as idades j e j' ; $\hat{\sigma}_{ajj'}$ denota as covariâncias genéticas aditivas estimadas entre as idades j e j' $\hat{\sigma}_{aj}^2$ e $\hat{\sigma}_{aj'}^2$ correspondem às variâncias genéticas aditivas estimadas para as idades j e j' , respectivamente.

Valores genéticos e as comparações de classificação

Os valores genéticos para os coeficientes de RRM de longevidade, com base nas diferentes razões de descarte para cada animal i , foram preditos utilizando os componentes de variância estimados com a amostra aleatória de rebanhos definida na seção "*Estimativa dos componentes de variância*". Foram realizadas um total de 10.000 iterações, com 2.000 para *burn-in* e uma amostragem espaçada de 10 (*thinning*), para a predição dos valores genéticos para os coeficientes de RRM de todos os animais no conjunto de dados. Em seguida, os coeficientes de cada animal foram utilizados para estimar os valores genéticos (EBVs) de cada animal em cada classe de idade de descarte, utilizando a seguinte equação (Oliveira et al., 2019):

$$EBV_i = T\hat{\alpha}_i,$$

onde EBV_i é o vetor de valores genéticos para o animal i , abrangendo todas as idades avaliadas; $\hat{\mathbf{a}}_i$ representa o vetor de coeficientes de regressão genética para o i -ésimo animal, e T é a matriz de covariáveis independentes associadas ao polinômio de Legendre.

Tendências genéticas foram estimadas regredindo os EBV dos animais nascidos entre 1990 e 2019, período que representa o intervalo com maior frequência de animais e dados disponíveis sobre longevidade (Figuras 7 a 14).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Definição do modelo

O presente trabalho buscou avaliar a longevidade de vacas Holandês, considerando diferentes grupos de descarte. A seleção genética para melhorar a longevidade enfrenta desafios significativos, um fator importante é que a expressão do fenótipo ocorre tardiamente, aumentando o intervalo de geração e, assim, reduzindo o progresso genético ao longo do tempo (OLIVEIRA et al., 2020). Esses fatores resultam em perdas econômicas consideráveis nos sistemas de produção leiteira (SEWALEM et al., 2008; JENKO et al., 2015). Melhorar a longevidade produtiva, pode contribuir significativamente para reduzir esses impactos negativos.

Os modelos de regressão aleatória (RRM) baseados em polinômios ortogonais de Legendre de quinta ordem demonstraram desempenho superior em comparação com modelos que utilizavam ordens polinomiais inferiores. Assim, os polinômios de quinta ordem foram selecionados como os mais adequados para análise, assumindo homogeneidade de variância residual. A avaliação dos modelos foi realizada com base nos critérios de DIC (Critério de informação de desvio), PMP (Modelo de probabilidade posterior), número efetivo de parâmetros e o Fator de Bayes (BF), de acordo com Kass e Raftery (1995), valores de BF superiores a 1 são considerados decisivos para a evidência em favor de um modelo. Os resultados dessas métricas, referentes às diferentes ordens polinomiais e considerando a variância residual homogênea, são apresentados na Tabela 3 para cada grupo de definição de razão de descarte e longevidade.

Tabela 3 - Comparação de modelos de regressão aleatória por grupos com diferentes ordens de polinômios de Legendre

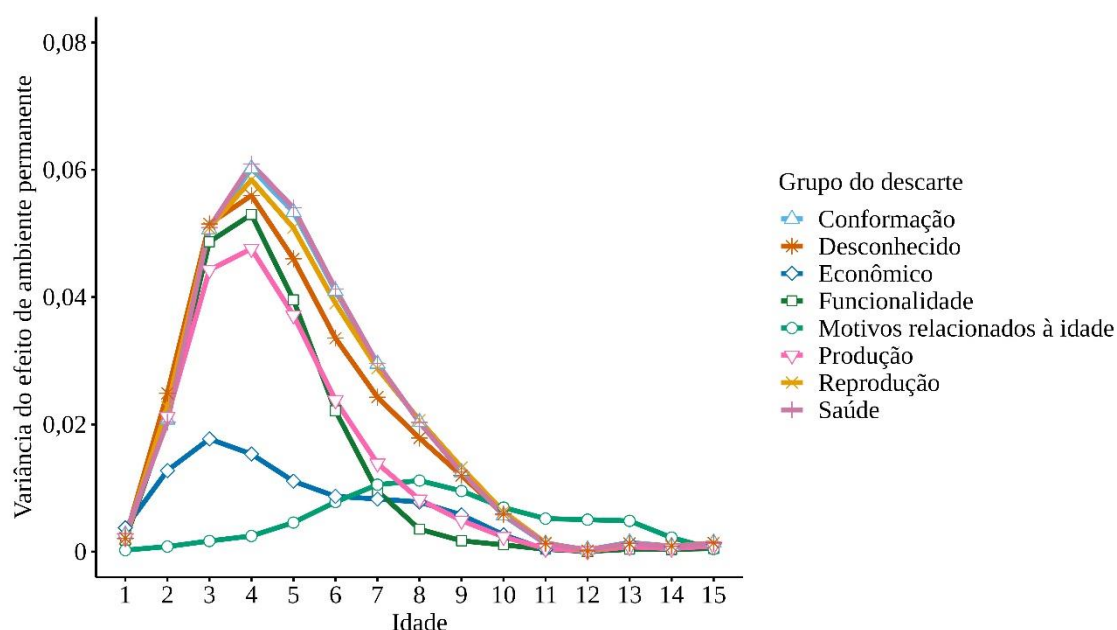
Causas de descarte	Ordem do polinômio	DIC (PMP)	Número Efetivo de Parâmetros	Bayes Factor
Motivos relacionadas à idade	3	10540.20	7854.80	-0.12
	4	-10925.41	10147.60	0.58
	5	-22757.80	12190.40	1.00
Funcionalidade	3	-13762.37	7554.37	0.30
	4	-41274.73	9015.57	0.76
	5	-53795.34	11240.43	1.00
Econômico	3	-98033.39	34768.94	0.31
	4	-259659.17	45487.27	0.70
	5	-386260.30	57531.02	1.00
Conformação	3	-48122.36	49528.78	0.26
	4	-191364.99	57059.71	0.67
	5	-304868.81	76100.31	1.00
Produção	3	-154594.86	66287.77	0.32
	4	-434473.27	81857.84	0.76
	5	-583526.28	104657.30	1.00
Saúde	3	-74448.84	67974.02	0.27
	4	-266089.36	78242.66	0.64
	5	-426028.65	104731.98	1.00
Reprodução	3	-99784.04	81473.24	0.30
	4	-311883.90	93301.75	0.65
	5	-493805.52	120317.33	1.00
Causas desconhecidas	3	-123890.75	92821.00	0.29
	4	-401005.94	108311.30	0.68
	5	-618252.10	139826.10	1.00

Componentes de variância

A estimativas de variância atribuída ao ambiente permanente (Figura 1) demonstraram que este componente varia em função da causa de descarte das vacas bem como entre as classes de idade em que ocorre o descarte. Para seis causas de descarte houve um pico desse componente na classe de idade 4. Apenas as causas de descarte devido aos fatores econômicos e à idade parecem ter efeito de ambiente permanente menores com picos nas classes de idade 3 e 8, respectivamente. Esse é um resultado esperado, pois um manejo deficitário pode ocasionar problemas que levem às perdas de produção leiteira ou que afetem a saúde, a eficiência reprodutiva ou a funcionalidade das vacas. Por exemplo, Rilanto et al. (2020) investigaram o descarte de vacas leiteiras na

Estônia e concluíram que o manejo para a melhoria da saúde dos cascos, prevenção de mastite e manejo adequado durante o parto são essenciais para diminuir as taxas de descarte. Assim, é perfeitamente possível que a variação ambiental devido à fatores intrínsecos de ambiente permanente tenham impacto no descarte de vacas. Contudo, é menos provável que o ambiente permanente influencie a decisão do criador de descartar vacas por motivo econômico ou de idade.

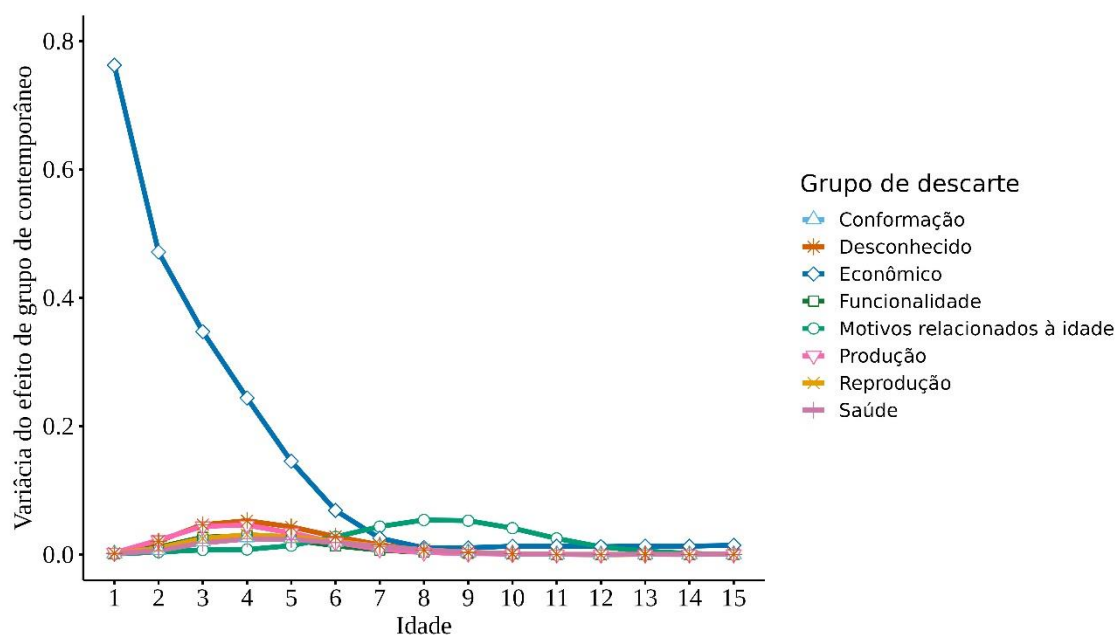
Figura 1 - Estimativas dos componentes de variância devido ao efeito de ambiente, em cada classe de idade de descarte de vacas Holandês, sendo cada linha uma causa de descarte específica



O manejo de vacas varia de fazenda para fazenda e certamente pode variar anualmente dentro de qualquer fazenda, pois os recursos financeiros e a equipe de trabalho não são uniformes ao longo do tempo e dependem da capacidade financeira do criador. Logo, também é de se esperar que grupos de contemporâneos (CG) tenham um impacto na variação de longevidade. Nossos resultados mostraram que o componente de variância devido à CG tem um papel importante na variação da longevidade das diferentes causas de descarte (Figura 2). Para seis causas de descarte, foi observado um pico do componente CG na classe de idade 4, enquanto apenas as causas idade e econômico apresentaram um comportamento diferente. Para a causa econômica, houve um pico na classe de idade 1, que provavelmente está relacionado com a venda de vacas primíparas, seguido de um contínuo decréscimo até se aproximar de zero nas classes maiores que 6.

O efeito do grupo de contemporâneos na causa econômica é esperado, pois em idades mais jovens os produtores frequentemente tomam decisões comparando o desempenho das vacas presentes no rebanho em um mesmo período. Já para o descarte devido a idade, o pico ocorreu por volta das classes de idade 8 e 9, quando as vacas já se encontram por volta da sexta ou sétima lactações.

Figura 2 - Estimativas dos componentes de variância devido ao efeito de grupo de contemporâneos, em cada classe de idade de descarte de vacas Holandês, sendo cada linha uma causa de descarte específica



As estimativas de variância genética aditiva também variaram de acordo com as causas de descarte e da classe de idade em que ocorre o descarte (Figura 3). Neste caso percebe-se um pico nas classes de idade 3 ou 4 para todas as causas de descarte, exceto para descarte devido a idade, onde o maior componente genético aditivo foi estimado na classe de idade 8. Por fim, tem-se o componente de variância residual (Figura 4), que foi assumido ser homogêneo ao longo dos anos de descarte. Neste caso, observa-se maior variância residual para a causa de descarte devido a idade, sendo a menor variância residual devido a causa de descarte devido ao fator econômico para mais detalhes consultar anexos de 3 a 10.

Figura 3 - Estimativas dos componentes de variância devido ao efeito genético aditivo, em cada classe de idade de descarte de vacas Holandês, sendo cada linha uma causa de descarte específica

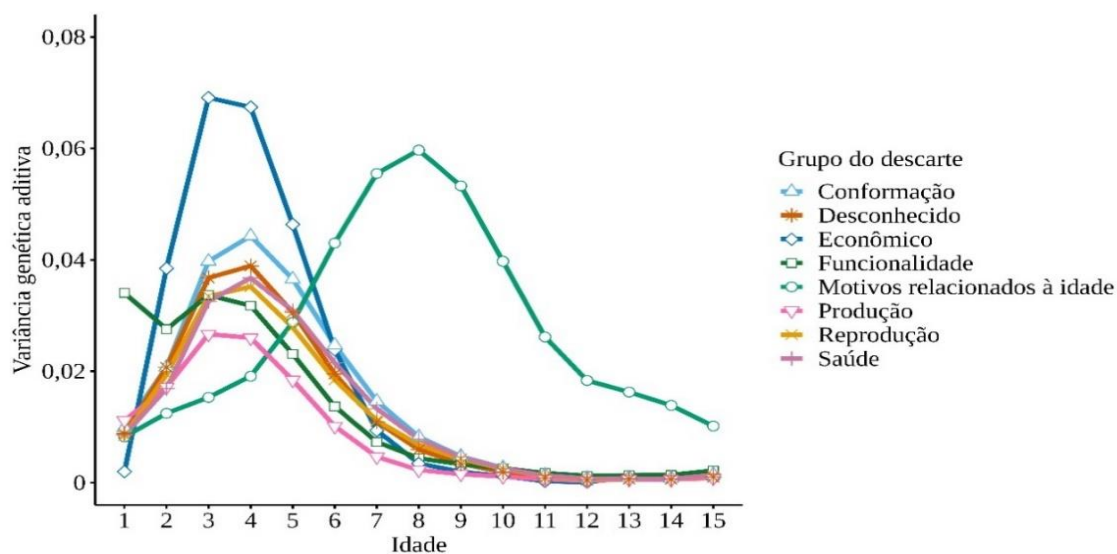
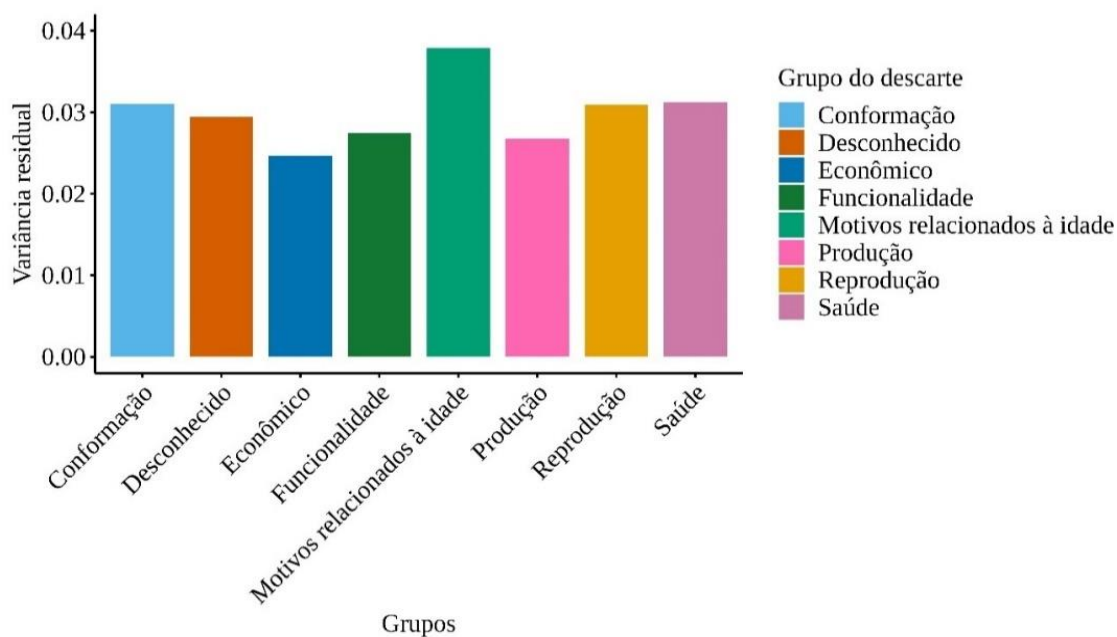


Figura 4 - Estimativas dos componentes de variância residual de cada causa de descarte de vacas Holandês



Estimativas de herdabilidade

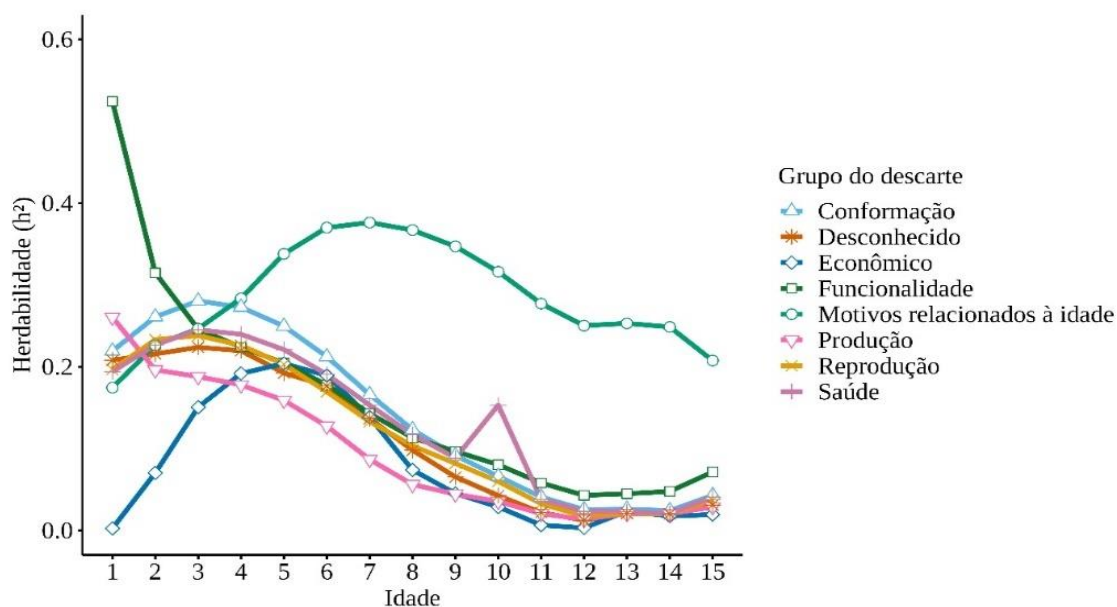
As estimativas de herdabilidade para longevidade de vacas Holandês variaram em função da causa de descarte e em função das classes de idades (Figura 5 e Tabelas 4 e 5), o que já era esperado em função das diferenças nos componentes de variância. Uma das causas de descarte aqui analisada foi a funcionalidade, que se refere aos fatores de manejo do animal, especialmente durante a ordenha. A funcionalidade abrange aspectos como o

comportamento durante a ordenha, a facilidade de manejo e agressividade (temperamento) e é um fator importante para o descarte de vacas. A velocidade de ordenha, em particular, é crucial, pois vacas com ordenha lenta podem comprometer o fluxo de animais na sala de ordenha (SEWALEM et al., 2011). Para funcionalidade, foram obtidas estimativas de herdabilidade variando de baixa a alta, com uma tendência de queda no avançar da idade, sendo a mais alta ($0,52 \pm 0,01$) na classe de idade 1 até atingir valores abaixo de 0,10 após a classe de idade 9 (Tabela 4). Este resultado indica que a maior variabilidade genética para a causa de descarte devido a funcionalidade é encontrada nas vacas primíparas. Contudo, não se pode descartar o fato de que ainda há considerável componente genético nas idades subsequentes, pois as estimativas de herdabilidade permaneceram ao menos moderada até a classe de idade 5. O temperamento em bovinos leiteiros é hereditário, com estimativas de herdabilidade geralmente baixas ou moderadas (KRAMER et al., 2013; SEWALEM et al. 2002). Contudo, uma meta-análise mostrou que as estimativas ponderadas de herdabilidade são baixas (PINTO et al., 2024), indicando a necessidade de obter outros critérios de seleção para melhorar temperamento de bovinos leiteiros. O presente trabalho levanta a hipótese de que a seleção para longevidade usando critério de descarte por funcionalidade pode ser uma alternativa viável para melhorar temperamento em bovinos leiteiros, embora futuros estudos sejam necessários para mensurar a correlação genética entre longevidade devido a funcionalidade e temperamento.

Para as vacas descartadas por razões relacionadas com a idade as estimativas foram principalmente moderadas, sendo a menor ($0,17 \pm 0,01$) na classe de idade 1, que é formada por vacas primíparas, enquanto a maior ($0,38 \pm 0,03$) foi observada na classe de idade 7 (Tabela 4). A idade é um fator de descarte voluntário, onde o criador geralmente descarta vacas que já estão com lactações avançadas, pois a ordem de lactação geralmente apresenta uma relação quadrática com a produção de leite, com maiores produções geralmente sendo observadas entre a quarta e a sexta lactações. Marumo et al. (2022) e Davis et al. (2023), investigando os efeitos da paridade na produção de leite, observaram que vacas múltiparas apresentaram maior produção de leite inicial e total em comparação com vacas primíparas. Lee e Kim (2006) avaliaram os efeitos da parição na produção de leite em vacas leiteiras e observaram que a produção média de leite de 305 dias aumentou conforme a parição avançava, vacas na 4ª parição apresentaram o maior

pico de produção, mas a partir da 5ª parição, a produção começou a reduzir. Assim, é de se esperar que o descarte devido à idade se intensifique por volta da classe de idade 7, pois a maioria das vacas que chegam nessa classe de idade já estarão, provavelmente, mostrando declínio de produção leiteira.

Figura 5 - Estimativas de herdabilidades ao longo das diferentes classes de idade de descarte de vacas Holandês, sendo cada linha uma causa de descarte específica



Para os descartes devido a fatores econômicos foram estimadas herdabilidades geralmente baixas em todas as idades, com o maior valor ($0,20 \pm 0,01$) sendo observado na classe de idade 5 (Tabela 4). Espera-se que o fator econômico esteja diretamente relacionado com as estratégias comerciais de cada criador e sua situação financeira. Assim, alguns criadores podem precisar vender parte de suas vacas para quitar dívidas de curto prazo ou para fazer algum novo investimento na fazenda. Outros criadores podem comercializar vacas de alto valor genético, dado seu maior valor comercial. Assim, espera-se que a estimativa de herdabilidade para a causa econômica tenha um pico menor do que outras causas de descarte aqui estudadas. Contudo, estimativas de herdabilidade próximas de 0,2, entre a 4ª e 6ª lactações, indicam que essa decisão de qual vaca monetizar não é tão aleatória e provavelmente está correlacionada com outras causas aqui analisadas como problemas de produção de leite, funcionalidade ou conformação.

Tabela 4 - Estimativas de herdabilidade (h^2) e respectivos desvios-padrão a posteriori (PSD), bem como intervalo das mais altas densidades a posteriori (HPD) para longevidades de vacas da raça Holandês descartadas por motivos relacionados à idade, funcionalidade, econômico e conformação nas classes das idades de 1 a 15

Classes de idade de descarte	Causas de Descarte							
	Idade		Funcionalidade		Econômico		Conformação	
	$h^2 \pm \text{PSD}$	HPD 2,5 % - 97,5%	$h^2 \pm \text{PSD}$	HPD 2,5 % - 97,5%	$h^2 \pm \text{PSD}$	HPD 2,5 % - 97,5%	$h^2 \pm \text{PSD}$	HPD 2,5 % - 97,5%
1	0,17 ± 0,01	0,16 - 0,19	0,52 ± 0,01	0,51 - 0,54	0,002 ± 0,0002	0,002 - 0,003	0,22 ± 0,004	0,21 - 0,23
2	0,23 ± 0,01	0,21 - 0,24	0,31 ± 0,02	0,27 - 0,36	0,07 ± 0,003	0,07 - 0,08	0,26 ± 0,01	0,24 - 0,28
3	0,25 ± 0,01	0,22 - 0,27	0,25 ± 0,03	0,19 - 0,31	0,15 ± 0,01	0,14 - 0,16	0,28 ± 0,01	0,26 - 0,31
4	0,28 ± 0,02	0,25 - 0,32	0,22 ± 0,03	0,17 - 0,29	0,19 ± 0,01	0,18 - 0,20	0,27 ± 0,01	0,25 - 0,30
5	0,34 ± 0,02	0,30 - 0,38	0,20 ± 0,03	0,15 - 0,27	0,20 ± 0,01	0,19 - 0,22	0,25 ± 0,01	0,23 - 0,27
6	0,37 ± 0,03	0,32 - 0,42	0,18 ± 0,03	0,13 - 0,24	0,19 ± 0,005	0,18 - 0,20	0,21 ± 0,01	0,19 - 0,23
7	0,38 ± 0,03	0,32 - 0,43	0,14 ± 0,02	0,10 - 0,19	0,14 ± 0,004	0,13 - 0,15	0,17 ± 0,01	0,15 - 0,18
8	0,37 ± 0,03	0,31 - 0,42	0,11 ± 0,02	0,08 - 0,15	0,07 ± 0,004	0,07 - 0,08	0,12 ± 0,01	0,11 - 0,14
9	0,35 ± 0,03	0,30 - 0,40	0,10 ± 0,01	0,07 - 0,12	0,04 ± 0,003	0,04 - 0,05	0,09 ± 0,01	0,08 - 0,10
10	0,32 ± 0,02	0,27 - 0,36	0,08 ± 0,01	0,07 - 0,10	0,03 ± 0,002	0,03 - 0,03	0,07 ± 0,004	0,06 - 0,07
11	0,28 ± 0,02	0,24 - 0,24	0,06 ± 0,003	0,05 - 0,06	0,01 ± 0,0004	0,01 - 0,01	0,04 ± 0,002	0,04 - 0,05
12	0,25 ± 0,02	0,21 - 0,32	0,04 ± 0,001	0,04 - 0,05	0,01 ± 0,0003	0,003 - 0,004	0,03 ± 0,001	0,02 - 0,03
13	0,25 ± 0,02	0,22 - 0,28	0,04 ± 0,003	0,04 - 0,05	0,02 ± 0,001	0,02 - 0,03	0,03 ± 0,001	0,02 - 0,03
14	0,25 ± 0,01	0,23 - 0,27	0,05 ± 0,002	0,04 - 0,05	0,02 ± 0,001	0,02 - 0,02	0,02 ± 0,001	0,02 - 0,03
15	0,21 ± 0,01	0,20 - 0,22	0,07 ± 0,005	0,06 - 0,08	0,02 ± 0,001	0,02 - 0,02	0,04 ± 0,002	0,04 - 0,05

Tabela 5 - Estimativas de herdabilidade (h^2) e respectivos desvios-padrão a posteriori (PSD), bem como intervalo das mais altas densidades a posteriori (HPD) para longevidades de vacas da raça Holandês descartadas por razões relacionadas à produção, saúde, reprodução e causas desconhecidas nas classes das idades de 1 a 15

Classes de idade de descarte	Causas de Descarte							
	Produção		Saúde		Reprodução		Desconhecido	
	$h^2 \pm \text{PSD}$	HPD 2,5 % - 97,5%	$h^2 \pm \text{PSD}$	HPD 2,5 % - 97,5%	$h^2 \pm \text{PSD}$	HPD 2,5 % - 97,5%	$h^2 \pm \text{PSD}$	HPD 2,5 % - 97,5%
1	0,26 ± 0,004	0,25 - 0,27	0,19 ± 0,003	0,19 - 0,20	0,20 ± 0,004	0,19 - 0,20	0,21 ± 0,004	0,20 - 0,22
2	0,20 ± 0,01	0,18 - 0,21	0,23 ± 0,01	0,21 - 0,24	0,23 ± 0,01	0,22 - 0,25	0,22 ± 0,01	0,20 - 0,23
3	0,19 ± 0,01	0,17 - 0,20	0,25 ± 0,01	0,23 - 0,26	0,24 ± 0,01	0,22 - 0,25	0,22 ± 0,01	0,21 - 0,24
4	0,18 ± 0,01	0,16 - 0,19	0,24 ± 0,01	0,22 - 0,26	0,23 ± 0,01	0,21 - 0,24	0,22 ± 0,01	0,21 - 0,23
5	0,16 ± 0,01	0,15 - 0,17	0,22 ± 0,01	0,20 - 0,24	0,20 ± 0,01	0,19 - 0,22	0,20 ± 0,01	0,19 - 0,22
6	0,13 ± 0,01	0,12 - 0,14	0,19 ± 0,01	0,17 - 0,21	0,17 ± 0,01	0,16 - 0,18	0,18 ± 0,01	0,17 - 0,19
7	0,09 ± 0,005	0,08 - 0,10	0,15 ± 0,01	0,14 - 0,17	0,13 ± 0,01	0,12 - 0,15	0,14 ± 0,01	0,13 - 0,15
8	0,06 ± 0,004	0,05 - 0,06	0,12 ± 0,01	0,11 - 0,13	0,10 ± 0,01	0,09 - 0,11	0,10 ± 0,005	0,09 - 0,11
9	0,04 ± 0,003	0,04 - 0,05	0,09 ± 0,01	0,08 - 0,10	0,08 ± 0,005	0,07 - 0,09	0,07 ± 0,004	0,06 - 0,08
10	0,04 ± 0,002	0,03 - 0,04	0,06 ± 0,003	0,06 - 0,07	0,06 ± 0,003	0,05 - 0,07	0,05 ± 0,003	0,04 - 0,05
11	0,02 ± 0,001	0,02 - 0,02	0,04 ± 0,001	0,04 - 0,04	0,03 ± 0,001	0,03 - 0,04	0,03 ± 0,001	0,02 - 0,03
12	0,01 ± 0,0004	0,01 - 0,01	0,02 ± 0,001	0,02 - 0,02	0,02 ± 0,001	0,02 - 0,02	0,02 ± 0,001	0,01 - 0,02
13	0,02 ± 0,001	0,02 - 0,02	0,02 ± 0,001	0,02 - 0,02	0,02 ± 0,001	0,02 - 0,02	0,02 ± 0,001	0,02 - 0,02
14	0,02 ± 0,001	0,02 - 0,02	0,02 ± 0,001	0,02 - 0,02	0,02 ± 0,001	0,02 - 0,02	0,02 ± 0,001	0,02 - 0,02
15	0,03 ± 0,001	0,03 - 0,03	0,04 ± 0,002	0,04 - 0,04	0,04 ± 0,002	0,03 - 0,04	0,03 ± 0,002	0,03 - 0,03

Para conformação, as estimativas de herdabilidade variaram de baixa a moderada, com valores acima de 0,20 nas classes de idade de 1 a 6 e menores que 0,20 a partir da classe de idade 7 (Tabela 4). A maior estimativa ($0,28 \pm 0,01$) foi observada na classe de idade 3. Esse resultado sugere que vacas com conformação ruim são identificadas e descartadas durante as primeiras lactações e dificilmente permanecerão por longo tempo no rebanho. Também sugere que as vacas que chegam nas classes de idade 7 em diante não apresentam problemas de conformação que levam o criador a querer descartá-las. Logo, a seleção para longevidade com base na causa de descarte por conformação pode contribuir para a melhoria de conformação das vacas Holandês, embora existam muitos outros critérios de conformação que podem ser usados para este fim.

Segundo Liu et al. (2008), incluir características de fertilidade nos índices de seleção pode mitigar o declínio da fertilidade associado à seleção para produção de leite e contribuir para aumentar a longevidade dos animais. O presente estudo identificou estimativas de herdabilidade para longevidade por razões relacionadas à reprodução variando entre $0,02 \pm 0,001$ (classes de idade 12 a 14) e $0,24 \pm 0,01$ (classe de idade 3), com estimativas maiores ou iguais a 0,20 até a classe de idade 5 e menores do que 0,10 após a classe de idade 8. Esse resultado é esperado, pois vacas leiteiras com dificuldades ligadas a reprodução provavelmente não permanecerão no rebanho por muito tempo, diminuindo assim a variabilidade genética dessa causa de descarte nas idades mais avançadas. Espera-se que vacas de maior longevidade sejam vacas que anualmente, mostrando eficiência reprodutiva acima da média. O melhoramento de características reprodutivas esbarra na identificação de um bom critério de seleção, pois muitos deles apresentam baixa estimativa de herdabilidade em bovinos, Zaabza et al. (2016), ao estimar parâmetros genéticos para características reprodutivas em vacas Holandesas na Tunísia, observaram valores como 0,069 para o número de inseminações por concepção e 0,024 para dias até a concepção. Häggman et al. (2019) encontraram estimativas de herdabilidade variando entre 0,03 e 0,07 para variáveis ligadas a reprodução. Assim, uma seleção pouco acurada e um consequente reduzido progresso genético por geração é esperado para muitos critérios de seleção já estudados em bovinos para melhorar a eficiência reprodutiva. Nossos resultados sugerem usar a longevidade devido a descarte por motivo reprodutivo como um critério de seleção em gado Holandês, especialmente considerando as classes de idades iniciais, pode ser uma saída para melhorar a eficiência reprodutiva das vacas em um prazo mais curto tempo, se comparado a variáveis ligadas

a reprodução que apresentam baixa herdabilidade. Contudo, essa resposta correlacionada deve ser alvo de futuros estudos.

A produção de leite também é um fator determinante para o risco de descarte de uma vaca (ROSTELLATO et al., 2021), uma vez que animais com baixa produção, mesmo que possuam características como boa fertilidade e conformação, ainda enfrentam alto risco de serem descartados. Segundo De Vries e Marcondes (2020), a baixa eficiência na produção leiteira é um fator que leva ao descarte prematuro de vacas, pois o volume de leite produzido está diretamente associado ao retorno econômico do rebanho leiteiro. As estimativas de herdabilidade para a causa de descarte devido a problemas de produção variaram de baixa a moderada, sendo observada apenas uma estimativa maior que 0,20 na classe de idade 1 ($0,26 \pm 0,004$). Esse resultado sugere que os criadores fazem um processo seletivo mais rigoroso para produção de leite já em vacas primíparas, levando a uma contínua queda na estimativa de herdabilidade com o avançar da idade.

As doenças metabólicas representam uma das principais causas de descarte involuntário em vacas leiteiras. No primeiro capítulo desta tese ficou evidenciado que problemas de saúde constituíram a terceira principal causa de descarte em rebanhos leiteiros da raça Holandês no Canadá. Como o descarte por questões de saúde é considerado involuntário, reforça a necessidade de atenção especial a essa categoria nos programas de manejo e melhoramento genético. A redução da incidência desses problemas pode impactar positivamente a eficiência produtiva e a sustentabilidade dos sistemas de produção. O estudo de Probo et al. (2018) investigou a associação entre doenças metabólicas e o risco de descarte nos primeiros 120 dias em produção de leite. Constatou-se que a presença de uma ou múltiplas doenças metabólicas durante o período de transição (± 3 semanas do parto) aumentou o risco de descarte precoce e o risco foi ainda maior quando uma doença metabólica foi complicada por outra doença. Entre as doenças metabólicas, a febre do leite se destaca como a mais impactante na redução da taxa de sobrevivência, seguida por cetose, fígado gorduroso e translocação abomasal (PROBO et al., 2018). Outra enfermidade que impacta o descarte de vacas, sobretudo as leiteiras, é a mastite (GHADERI-ZEFREHEI et al., 2016). A seleção para redução desses problemas em vacas leiteiras não é uma tarefa fácil, pois não se tem critérios de seleção fáceis de se medir em grande escala e que apresentem alta herdabilidade. Por exemplo, o escore de células somáticas é um dos critérios de seleção mais usados para reduzir a ocorrência de mastite, mas sua herdabilidade é geralmente baixa. Costa et al. (2015), estudando os parâmetros genéticos para os escores de células somáticas em vacas

holandesas brasileiras, reportaram estimativas de herdabilidade ao longo do período de lactação variando entre 0,06 e 0,14, com variações observadas conforme a fase da lactação. Já Bobbo et al. (2018), ao analisarem características alternativas de contagem de células somáticas (CCS) na seleção genética para resistência à mastite em vacas Holstein italianas, observaram que as herdabilidades para CCS foram baixas, variando de 0,087 a 0,126. Rzewuska et al. (2011) estimaram herdabilidades para CCS em gado Holandês de 0,11, 0,12 e 0,14 para a primeira, segunda e terceira lactações, respectivamente. No presente estudo as estimativas de herdabilidade para em vacas descartadas por problemas de saúde (doenças) apresentaram valores moderados nas classes de idade entre 1 e 6 e valores baixos nas classes de 7 a 15, sendo a maior estimativa obtida na classe de idade 3 ($0,25 \pm 0,01$). Portanto, nossos resultados sugerem que a longevidade baseada nas causas de descarte de problemas de saúde pode ser um critério de seleção melhor do que aqueles atualmente disponíveis para atingir o objetivo de melhorar a saúde geral das vacas Holandês. Contudo, recomenda-se que novos estudos sejam realizados para estimar a correlação genética entre está a longevidade baseada nas causas de descarte de problemas de saúde e outras comumente usadas para melhoria de saúde no programa de avaliação genética.

A longevidade devido a causa de descarte desconhecida engloba todas as causas possíveis. Assim, os resultados aqui encontrados podem ser comparados com estimativas previamente reportadas em estudos realizados com vacas Holandês que não separaram as vacas em função das causas de descarte. No presente estudo há uma alta proporção de descartes classificados como "desconhecidos", o que evidencia a necessidade de continuamente aprimorar os sistemas de coleta de dados utilizados nos rebanhos leiteiros.

Nossas estimativas para causa desconhecida variaram de moderada nas classes de idade de 1 a 5 a baixas principalmente da classe de idade 8 em diante, sendo o maior valor ($0,22 \pm 0,01$) observado na classe de idade 2 a 4. Em uma pesquisa com 50 rebanhos leiteiros na Inglaterra, entre 1990 e 1992, a taxa média anual de descarte foi de 23,8%, com 54% dos descartes ocorrendo até a quarta lactação. Observou-se que 7,4% dos abates foram classificados como "desconhecidos" ou "nenhum dado", sendo a maior taxa na primeira lactação (10,7%), e variando de 6,0% a 8,6% nas lactações seguintes (ESSLEMONT; KOSSAIBATI, 1997). A análise das razões para o abate em vacas leiteiras australianas, realizada ao longo de 21 anos, revelou que os "outros motivos não relatados" foram responsáveis pela maior porcentagem de descartes, representando 37,4% das anotações, e que identificar essas causas pode ser fundamental para desenvolver

estratégias de avaliação da longevidade no rebanho leiteiro (WONDATIR WORKIE et al., 2021).

Correlações genéticas entre as idades dentro de cada grupo de descarte

As correlações genéticas entre as idades, dentro de cada causa de descarte, são apresentadas na Figura 6. As áreas em amarelo ou azul escuro indicam alta correlação genética positiva ou negativa, respectivamente. Correlações altas e positivas foram observadas principalmente entre idades próximas, enquanto as altas e negativas foram observadas entre idades mais distantes. As correlações genéticas baixas e moderadas foram observadas entre idades não muito próximas e nem muito distantes. Esse padrão se repetiu para quase todas as causas de descarte, exceto a classe econômica (Figura 6). Para o grupo de descarte devido a fatores econômicos, idades vizinhas em classes de idades mais altas, especialmente a partir da classe 9 em diante, não seguiu o padrão observado nas demais causas de descarte, para mais detalhes consultar os anexos (11 ao 18). Isso pode ter relação com amostragem, pois o descarte devido a causa econômica ocorre principalmente nas classes de idade mais jovens, com poucos animais sendo descartados por esse motivo após a classe de idade 8 (Tabela 1 do primeiro capítulo desta tese).

Tendências genéticas nos diferentes grupos de descarte

É importante notar que as inclinações de reta das tendências genéticas (Figuras 7 a 14) foram maiores nas classes de idades de 1 a 6, para todas as causas de descarte. Isso pode ser uma consequência da distribuição dos fenótipos, pois poucos animais são descartados nas classes de idade acima de 6. Assim, os EBVs estimados a partir da classe sete advém principalmente de animais sem fenótipo próprio de longevidade. Além disso, a maioria dos criadores provavelmente não têm interesse em manter vacas com lactações muito acima da sexta, haja visto que há perdas de produção de leite em vacas com idades mais elevadas. Por exemplo, Gorelik et al. (2021) observaram aumento da produção de leite até a terceira lactação, mas a partir daí, a produção começou a diminuir, com a maior queda observada na quinta lactação. Ressalta-se ainda que a manutenção de uma proporção grande de vacas com idades mais elevadas reduziria o ganho genético por geração, como consequência do maior intervalo de geração. Logo, sugere-se que as análises das tendências genéticas aqui apresentadas se restrinjam principalmente aos anos de 1 a 6. Neste caso, para a maioria das causas de descarte, exceto a econômica, as

inclinações de reta (positivas ou negativas) foram próximas de zero. Esse é um resultado esperado, visto não haver um longo histórico de seleção para longevidade nessa população.

Figura 6 - Correlações genéticas entre as classes de idade 1 a 15 para vacas Holandês descartadas por: a) Motivos relacionados à idade, b) Funcionalidade, c) Econômico, d) Conformação, e) Produção, f) Saúde, g) Reprodução e h) Desconhecido

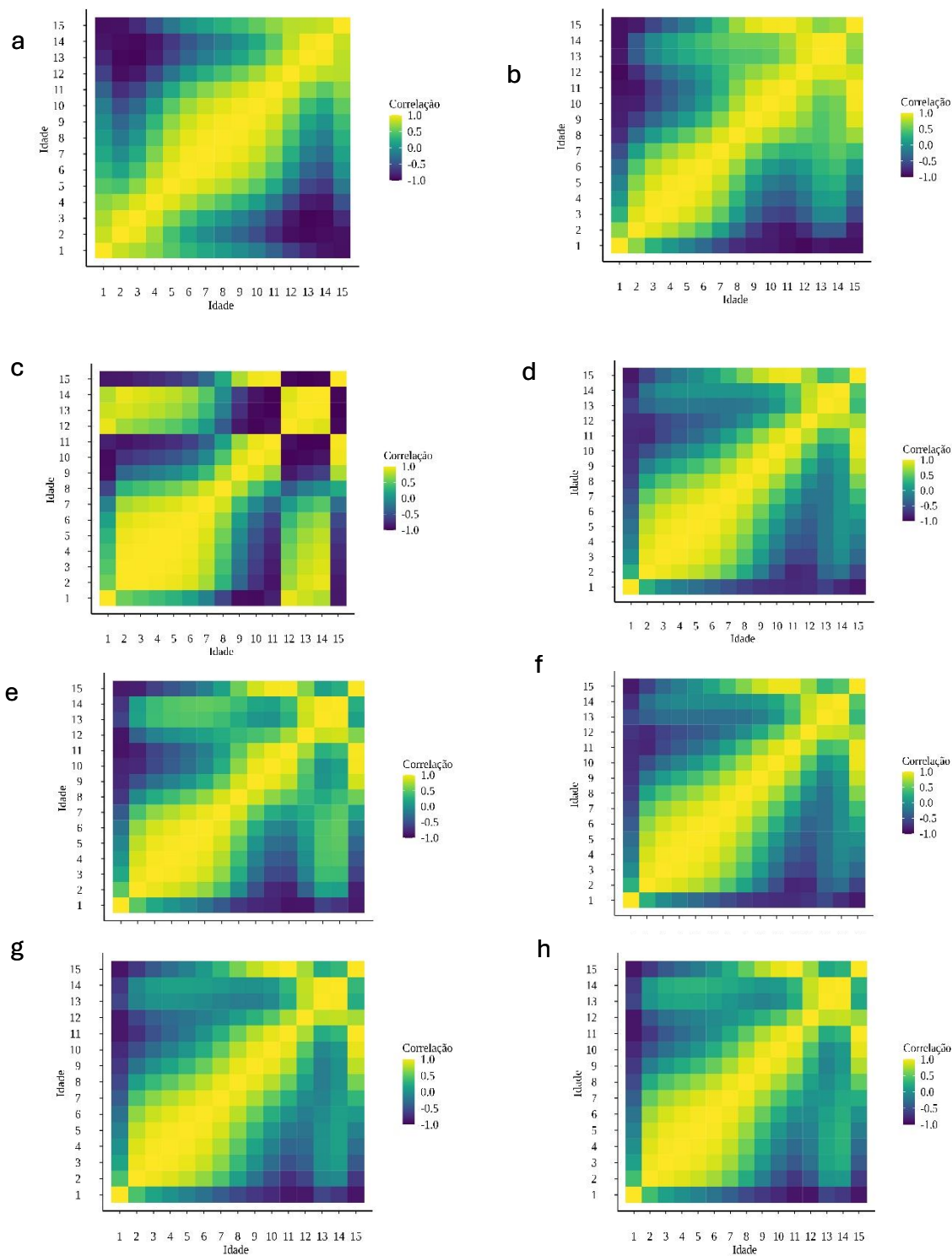


Figura 7 - Tendências genéticas da longevidade de vacas Holandês descartadas por motivo de motivos relacionados à idade

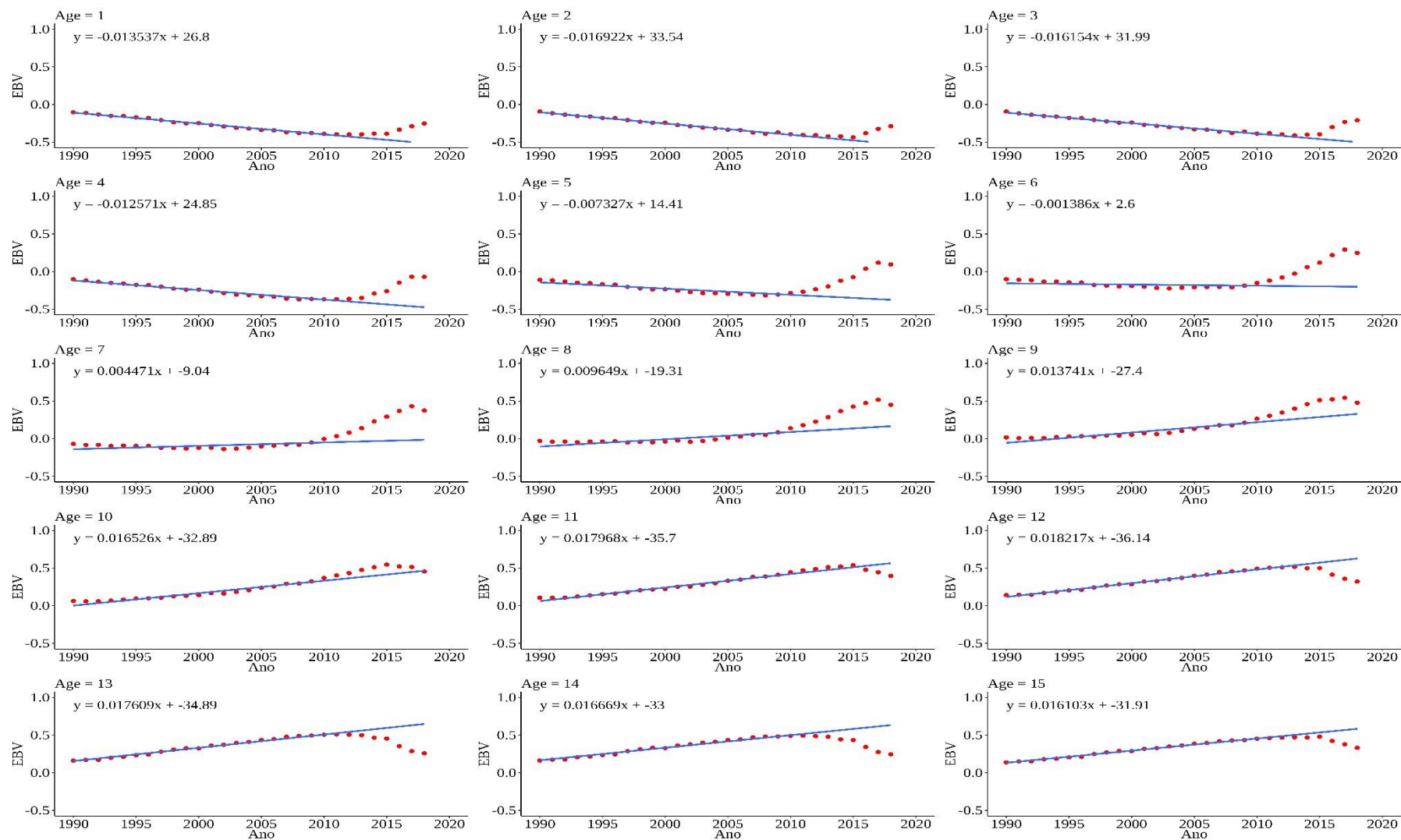


Figura 8 - Tendências genéticas da longevidade de vacas Holandês descartadas por problemas de funcionalidade

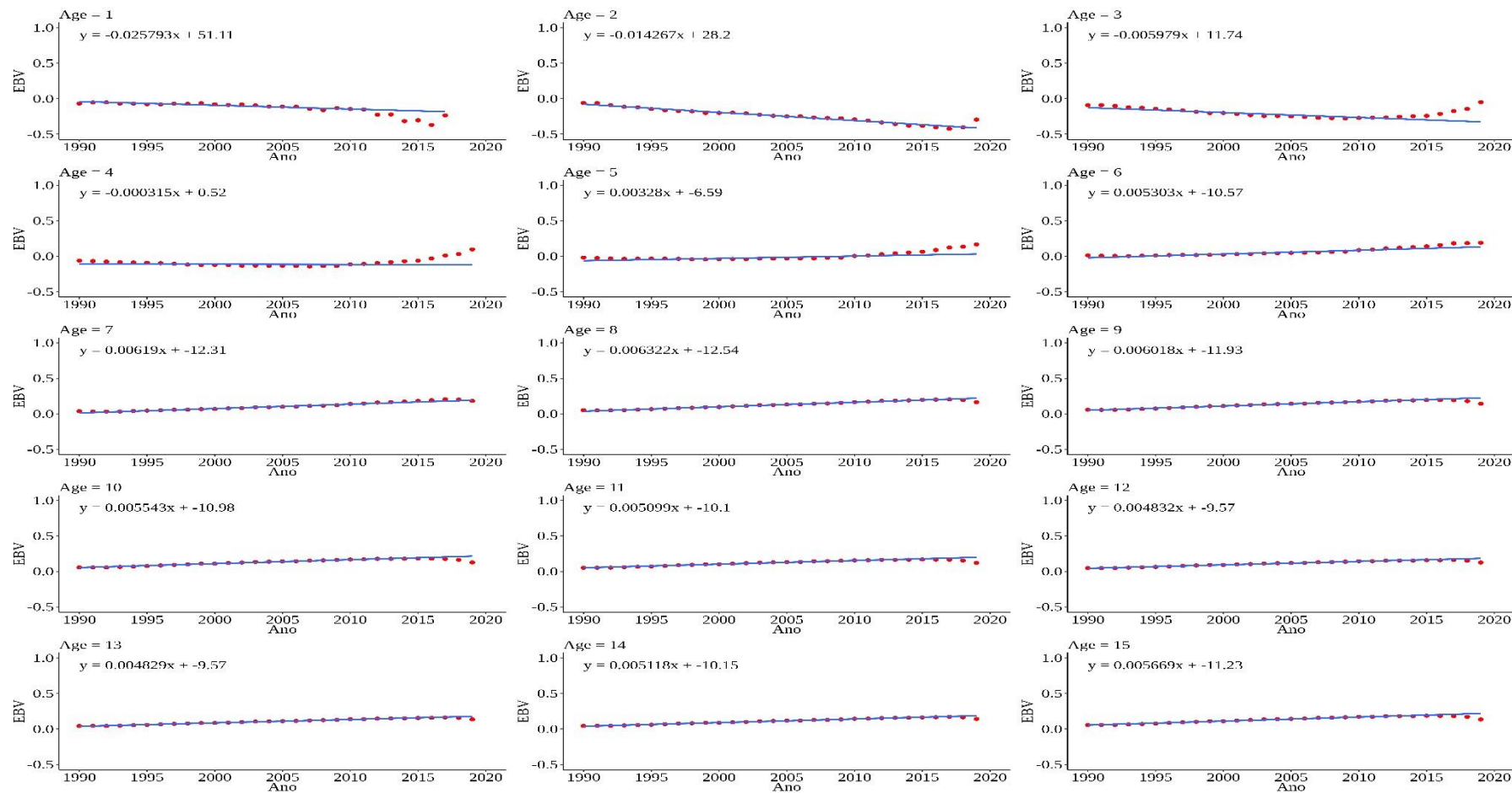


Figura 9 - Tendências genéticas da longevidade de vacas Holandês descartadas por motivo econômico

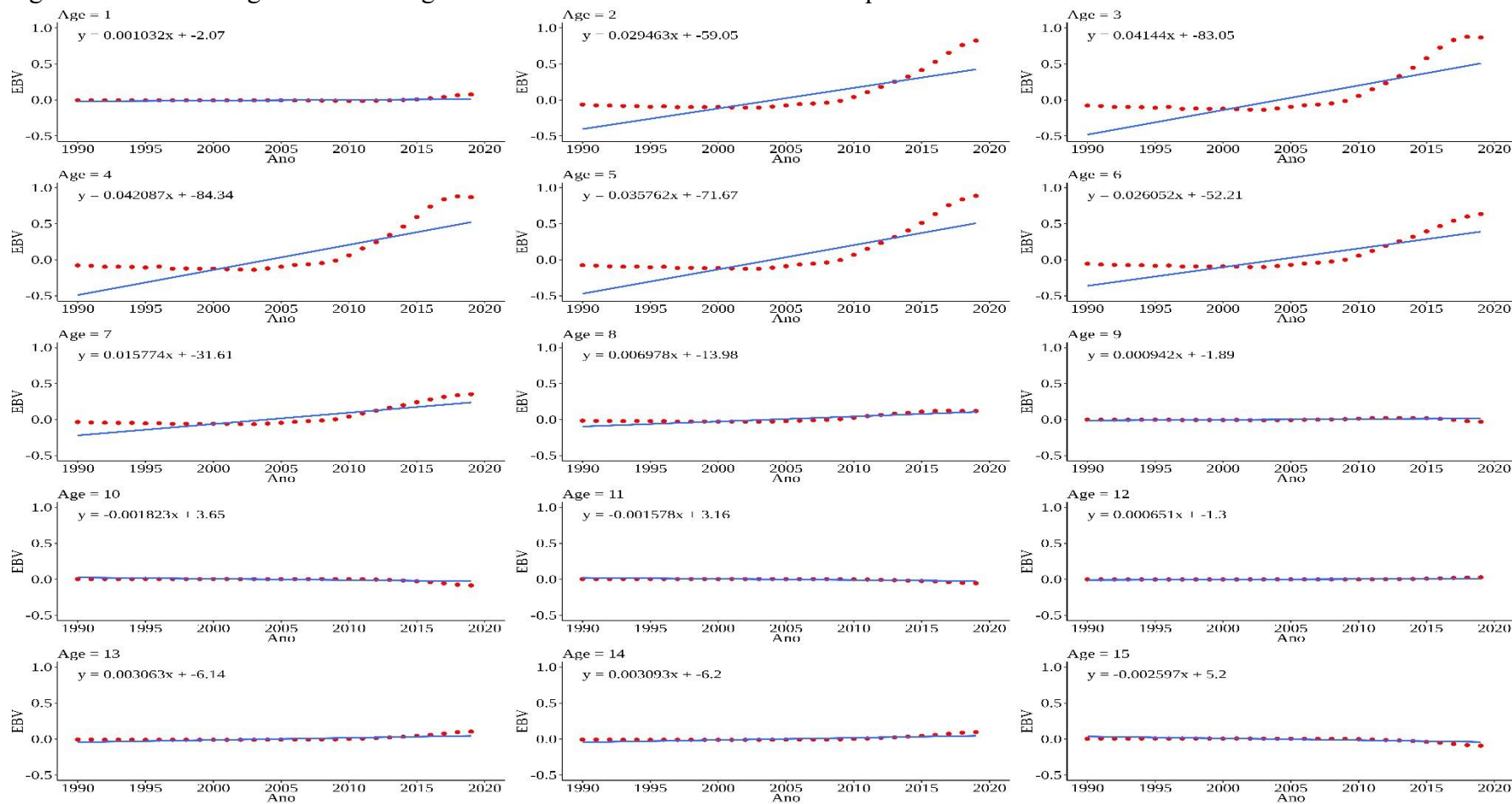


Figura 10 - Tendências genéticas da longevidade de vacas Holandês descartadas por problemas de conformação

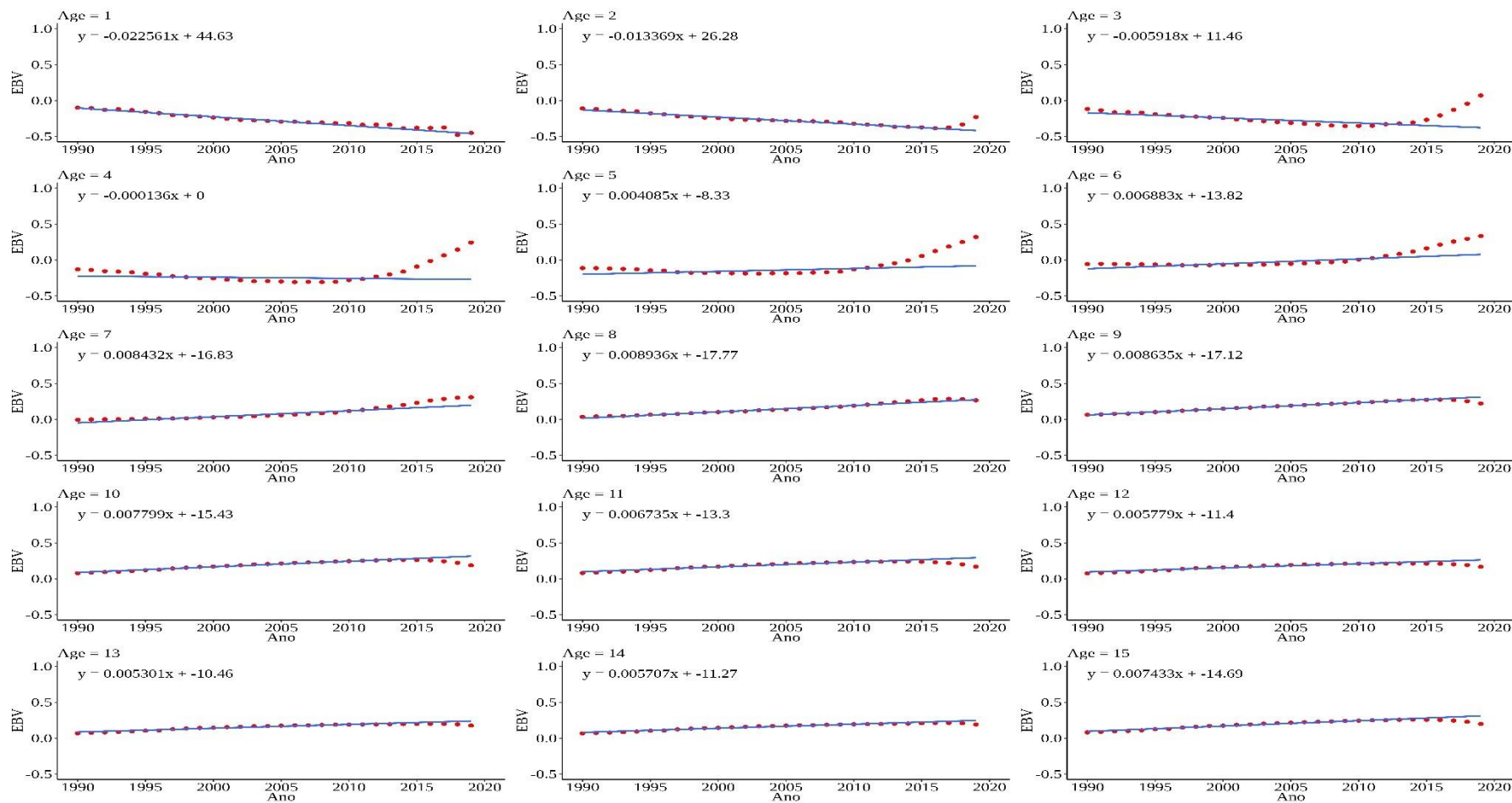


Figura 11 - Tendências genéticas da longevidade de vacas Holandês descartadas por problemas de produção

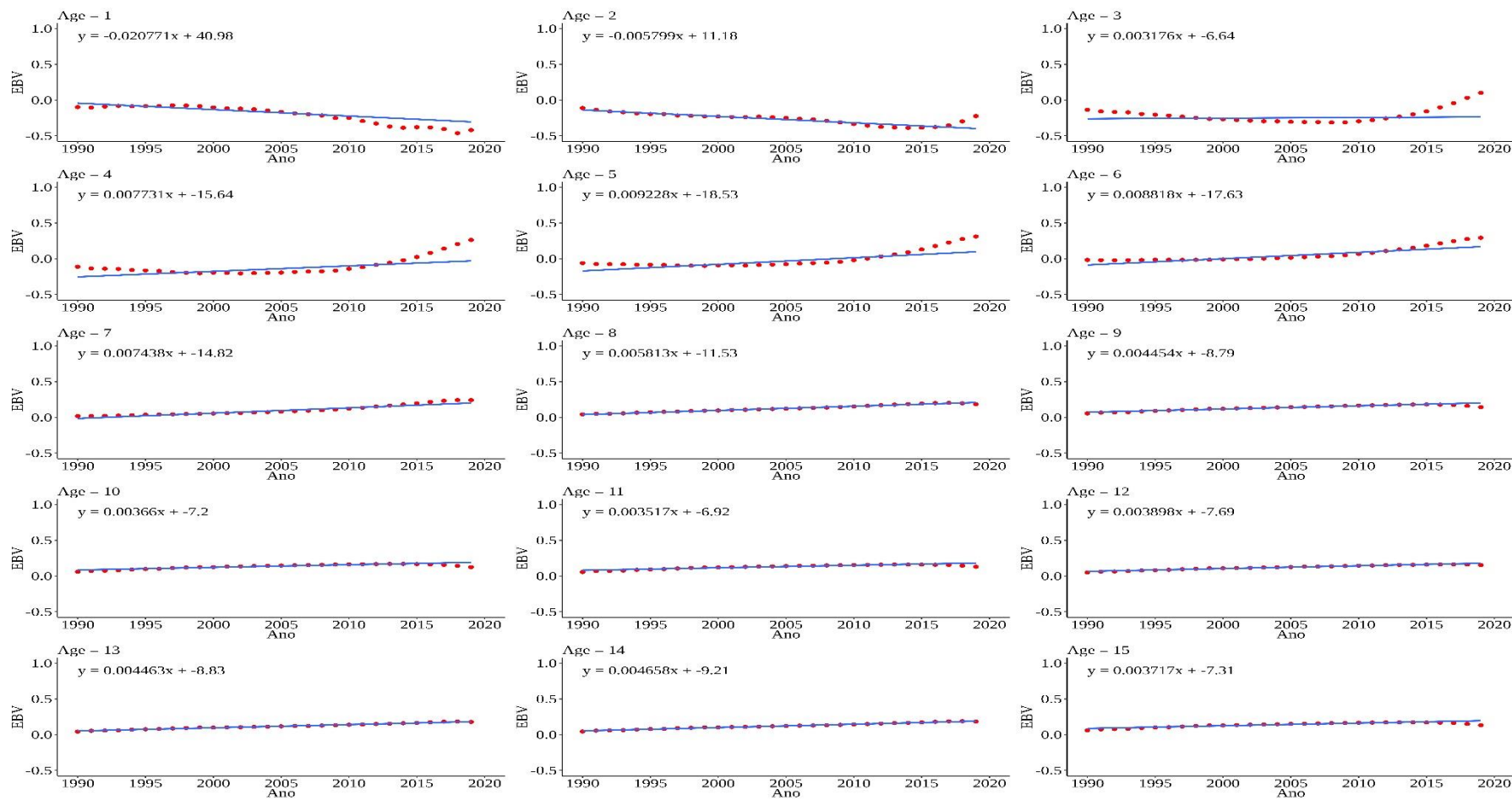


Figura 12 - Tendências genéticas da longevidade de vacas Holandês descartadas por problemas de saúde

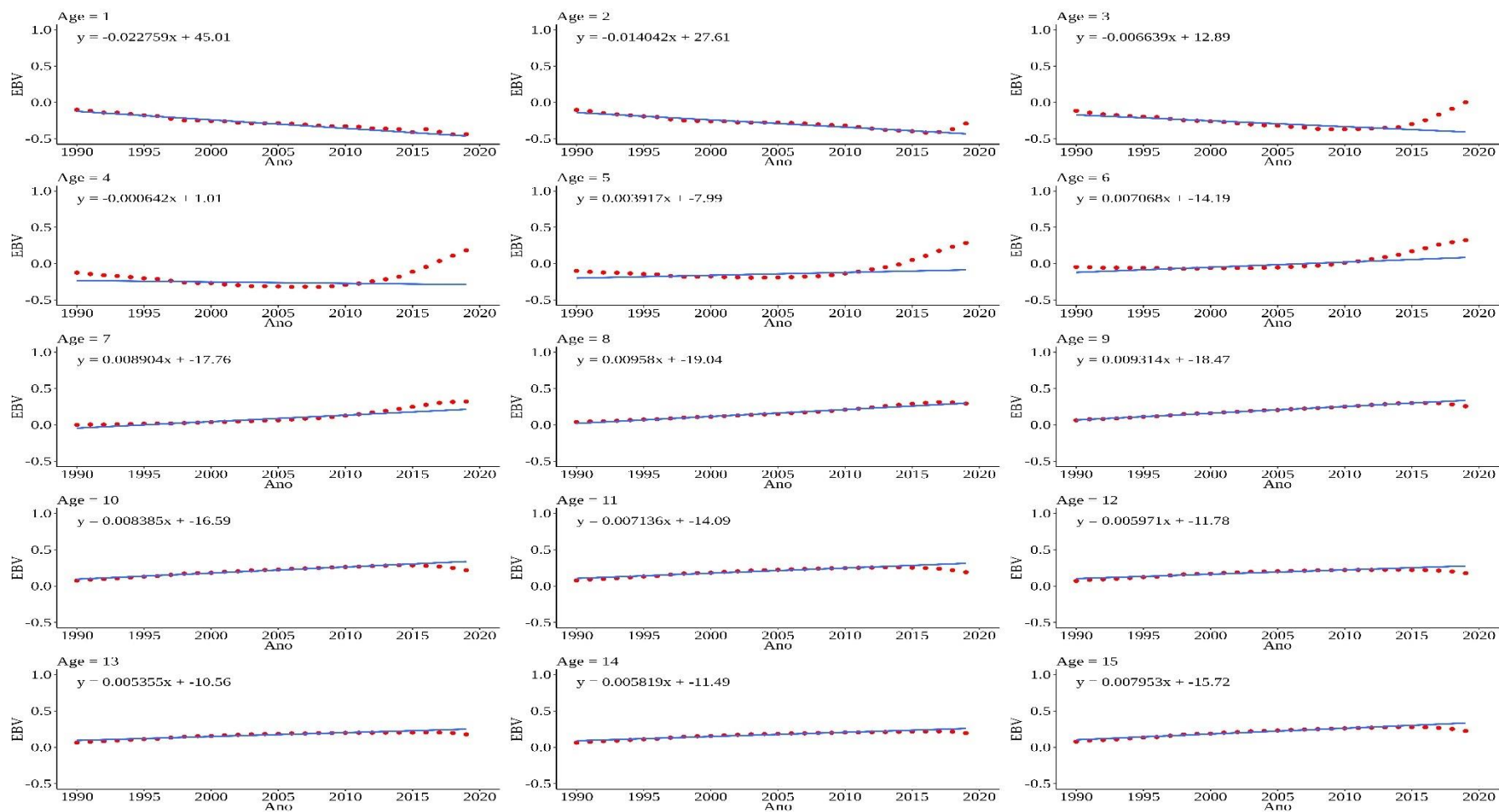


Figura 13 - Tendências genéticas da longevidade de vacas Holandês descartadas por problemas de reprodução

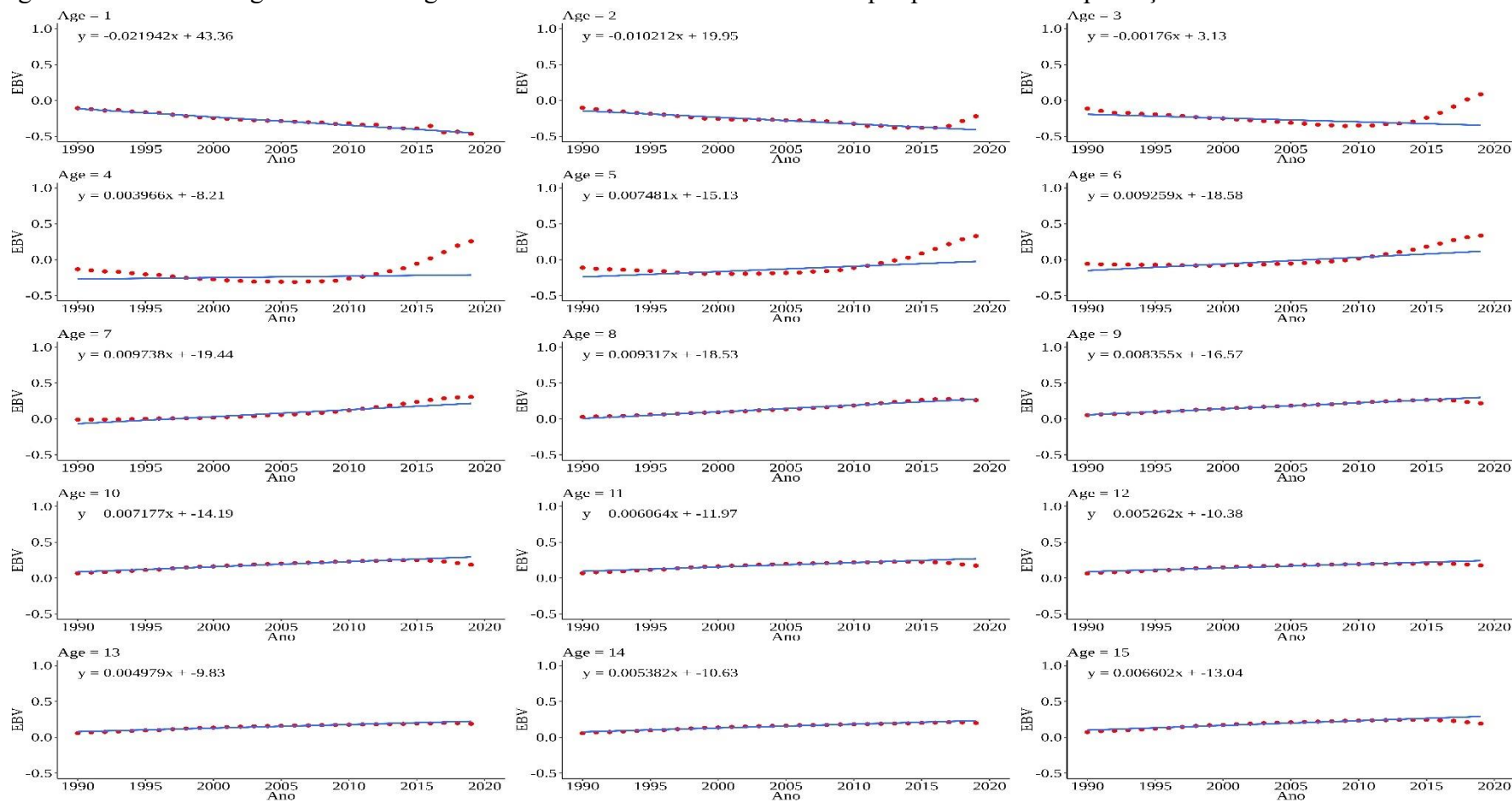
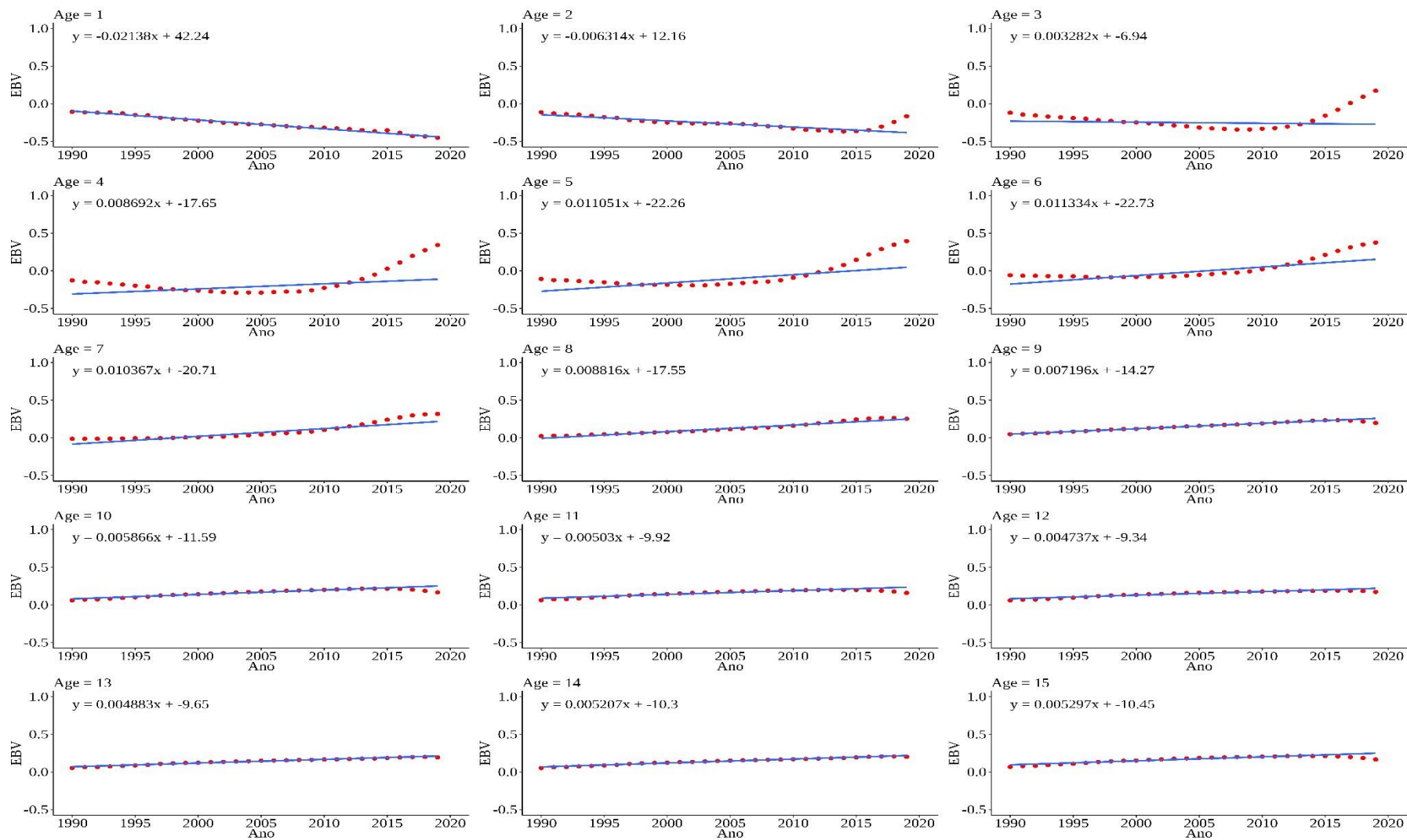


Figura 14 - Tendências genéticas da longevidade de vacas Holandês descartadas por causa desconhecida



Para a longevidade quando a causa de descarte é idade (Figura 7), os coeficientes de inclinação da reta foram negativos nas classes de idade de 1 a 6, mas positivos nas classes 7 em diante. Mesmo nas classes 1 a 6, onde há tendência genética negativa, percebe-se que as médias dos EBVs cresceram nos últimos anos, especialmente depois de 2010. Além disso, para as classes de idade 10 a 15 os EBVs médios nos últimos anos decaíram. Ressalta-se que nos últimos anos da tendência genética provavelmente inexistiu vacas com fenótipo de longevidade por descarte devido a idade, uma vez que vacas nascidas em anos mais recentes foram descartadas ainda jovens. Além disso, para as demais causas de descarte foram observadas oscilações principalmente nos últimos anos da tendência apenas para as classes de idade 1 a 6, mas não nas idades mais avançadas.

Os resultados deste estudo destacam a importância de considerar as causas de descarte ao estimar parâmetros genéticos para longevidade em vacas da raça Holandês, fornecendo informações importantes tanto para a ciência quanto para questões práticas nas propriedades. A identificação de variações nas estimativas de herdabilidade de acordo com o motivo e a idade de descarte permite direcionar as estratégias de seleção para resultados mais eficientes e aplicáveis no campo. Isso possibilita a escolha de animais com maior potencial genético para longevidade, reduzindo o descarte precoce e maximizando a produtividade do rebanho. Na prática, o estudo oferece ferramentas úteis para produtores e técnicos, evidenciando que a longevidade pode ser melhorada por meio de processos seletivos bem estruturados. Além disso, ao identificar os fatores que mais contribuem para o descarte precoce e involuntário, é possível ajustar programas de manejo e estratégias de seleção genética para minimizar os impactos sob o sistema de produção. Essa abordagem não apenas aumenta a produtividade do rebanho, mas também promove a sustentabilidade do sistema de produção ao reduzir custos, como por exemplo, a reposição de animais. Do ponto de vista econômico, podemos sugerir que investir em programas de melhoramento voltados para a longevidade pode gerar retornos significativos, tanto em termos de redução de custos quanto no aumento da produtividade ao longo do ciclo de vida das vacas.

Embora os resultados aqui encontrados sejam promissores, há necessidade de pesquisas futuras que explorem as correlações genéticas entre longevidade com outras características, como produção de leite, saúde e reprodução, sendo assim mais completos

e integrados. Adicionalmente, a validação dos resultados em diferentes sistemas de manejo e condições produtivas é fundamental para garantir a aplicabilidade ampla das estratégias propostas. Por fim, este estudo ressalta a importância de uma abordagem integrada, que considere diferentes aspectos do manejo, genética e bem-estar animal e economia para promover rebanhos mais produtivos, saudáveis e longevos, garantindo que os programas de seleção atendam às demandas dos sistemas produtivos modernos e promovam também a sustentabilidade a longo prazo.

CONCLUSÕES

É importante separar as vacas em função da causa de descarte quando se estima parâmetros genéticos para longevidade em vacas da raça Holandês, pois as estimativas mostraram ser dependentes do motivo de descarte. A avaliação da longevidade como uma medida repetida também é importante, pois as estimativas de parâmetros genéticos variam de acordo com a classe de idade em que a vaca é descartada. Neste caso, recomenda-se modelos de regressão aleatória, que por exemplo, com ajustes para efeitos fixos e aleatórios e considerando as correlações entre medições repetidas, se mostraram eficazes e capazes de fornecer estimativas precisas, mesmo diante das variações naturais nos dados. Por fim, as estimativas de herdabilidade, geralmente moderadas nas idades iniciais, indicam que a longevidade de vacas Holandês, para as diferentes causas de descarte, pode ser melhorada via processo seletivo. É possível que esse processo seletivo também resulte em respostas correlacionadas positivas para fatores como reprodução e saúde, para os quais não há muitos critérios de seleção com herdabilidade moderada. Assim, sugere-se que futuros estudos explorem as correlações genéticas entre a longevidade devido a diferentes causas de descarte e outros critérios de seleção atualmente usados nesta população.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem sinceramente pelo apoio financeiro fornecido pelo Agricultura e Agroalimentação do Canadá (Ottawa, ON, Canadá), além das contribuições adicionais dos Dairy Farmers of Canada (Ottawa, ON, Canadá), Lactanet (Guelph, ON, Canadá) e da Canadian Dairy Commission (Ottawa, ON, Canadá) no âmbito da Iniciativa de Agri-Science Clusters. De acordo com o contrato de pesquisa, os pesquisadores mantêm a independência na condução de seus estudos, possuem seus dados e relatam os resultados independentemente dos achados. A decisão de publicar os resultados cabe exclusivamente aos pesquisadores. O primeiro autor também agradece a bolsa recebida da FAPESB, processo número: BL0459/2020. E ao CNPq pela bolsa de doutorado sanduíche, processo número: 402895/2022-3. Luís Fernando Batista Pinto e Victor Breno Pedrosa são beneficiários de bolsas de produtividade em pesquisa do CNPq (PQ).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMIE, B. A. et al. Dairy cow longevity and farm economic performance: Evidence from Swedish dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 106, n. 12, p. 8926–8941, dez. 2023.
- BOBBO, T. et al. Alternative somatic cell count traits exploitable in genetic selection for mastitis resistance in Italian Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 11, p. 10001-10010, nov. 2018.
- BOULTON, A. C.; RUSHTON, J.; WATHES, D. C. An empirical analysis of the cost of rearing dairy heifers from birth to first calving and the time taken to repay these costs. **Animal**, v. 11, n. 8, p. 1372–1380, 2017.
- COSTA, C. S. Genetic parameters for test day somatic cell score in Brazilian Holstein cattle. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, p. 19117-19127, 29 dez. 2015.
- DAVIS, L. et al. Impact of parity on cow stress, behavior, and production at a farm with guided traffic automatic milking system. **Frontiers in Animal Science**, v. 4, 11 dez. 2023.

- DE VRIES, A.; MARCONDES, M. I. Review: Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows. **Animal**, v. 14, p. s155–s164, 2020.
- ESSLEMONT, R. J.; KOSSAIBATI, M. A. Culling in 50 dairy herds in England. **Veterinary Record**, v. 140, n. 2, p. 36–39, 11 jan. 1997.
- FETROW, J.; NORDLUND, K. V.; NORMAN, H. D. Invited Review: Culling: Nomenclature, Definitions, and Recommendations. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 6, p. 1896–1905, jun. 2006.
- GEWEKE, J. Evaluating the Accuracy of Sampling-Based Approaches to the Calculation of Posterior Moments. Em: **Bayesian Statistics 4**. [s.l.] Oxford University PressOxford, 1992. p. 169–194.
- GHADERI-ZEFREHEI, M.; RABBANIKHAH, E.; BANEH, H.; PETERS, S. O.; IMUMORIN, I. G. Analysis of culling records and estimation of genetic parameters for longevity and some production traits in Holstein dairy cattle. **Journal of Applied Animal Research**, v. 45, n. 1, p. 524-528, 2016.
- GORELIK, O.V. et al. Changes in the live weight of cows with age and its impact on their productive qualities. **E3S Web of Conferences**, v. 254, p. 08024, 2021.
- GRANDL, F. et al. Impact of longevity on greenhouse gas emissions and profitability of individual dairy cows analysed with different system boundaries. **Animal**, v. 13, n. 1, p. 198–208, 2019.
- HÄGGMAN, J.; CHRISTENSEN, J. M.; MÄNTYSAA, E. A.; JUGA, J. Genetic parameters for endocrine and traditional fertility traits, hyperketonemia and milk yield in dairy cattle. **Animal**, v. 13, n. 2, p. 248-255, 2019.
- HEIDELBERGER, P.; WELCH, P. D. Simulation Run Length Control in the Presence of an Initial Transient. **Operations Research**, v. 31, n. 6, p. 1109–1144, dez. 1983.
- JENKO, J. Genetic relationship between the lifetime milk production, longevity and first lactation milk yield in Slovenian Brown cattle breed. **Mljekarstvo**, p. 111–120, 16 abr. 2015.
- KASS, R. E.; RAFTERY, A. E. Bayes factors. *Journal of the American Statistical Association*, v. 90, p. 773-795, 1995.
- KERN, E. L. et al. Genetic association between longevity and linear type traits of Holstein cows. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 3, p. 203-209, 2015.

- KRAMER, M. et al. Estimation of genetic parameters for novel functional traits in Brown Swiss cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 9, p. 5954–5964, set. 2013.
- LEE, J.-Y.; KIM, I.-H. Advancing parity is associated with high milk production at the cost of body condition and increased periparturient disorders in dairy herds. *Journal of Veterinary Science*, v. 7, n. 2, p. 161, 2006.
- LIU, Z. et al. Genetic Evaluation of Fertility Traits of Dairy Cattle Using a Multiple-Trait Animal Model. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 11, p. 4333–4343, nov. 2008.
- MARUMO, J.L. et al. Influence of environmental factors and parity on milk yield dynamics in barn-housed dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 2, p. 1225–1241, fev. 2022.
- MIGLIOR, F. et al. A 100-Year Review: Identification and genetic selection of economically important traits in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 10251–10271, 2017.
- MISZTAL, I. et al. BLUPF90 and related programs (BGF90). In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier. **Anais...** Montpellier: WCGALP, 2002. v. 33, p. 743–744.
- OLIVEIRA, H. R. et al. Invited review: Advances and applications of random regression models: From quantitative genetics to genomics. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 9, p. 7664–7683, set. 2019.
- OLIVEIRA, H. R. et al. Using Random Regression Models to Genetically Evaluate Functional Longevity Traits in North American Angus Cattle. **Animals**, v. 10, n. 12, p. 2410, 16 dez. 2020.
- PINTO, L.F.B et al. A systematic review with meta-analysis of heritability estimates for temperament-related traits in beef and dairy cattle populations. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v. 142, p. 1-23, 2024.
- PROBO, M. et al. Association between metabolic diseases and the culling risk of high-yielding dairy cows in a transition management facility using survival and decision tree analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 10, p. 9419–9429, out. 2018.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: **R Development Core Team**, 2019.
- RILANTO, T. et al. Culling reasons and risk factors in Estonian dairy cows. **BMC Veterinary Research**, v. 16, n. 1, p. 173, 1 dez. 2020.

- ROSTELLATO, R. et al. Influence of production, reproduction, morphology, and health traits on true and functional longevity in French Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 12, p. 12664–12678, dez. 2021.
- RZEWUSKA, K. et al. Genetic parameters of test-day somatic cell scores for the first three lactations of Polish Holstein-Friesian cattle. **Czech Journal of Animal Science**, v. 56, n. 9, p. 381-389, 2011.
- SCHUSTER, J. C. et al. Invited review: Academic and applied approach to evaluating longevity in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 12, p. 11008–11024, dez. 2020.
- SEWALEM, A.; KISTEMAKER, G.; VAN DOORMAAL, B. Bayesian inferences for milking temperament in Canadian Holsteins. **Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, Montpellier, França, 2002. p. 20-24.
- SEWALEM, A. et al. Relationship Between Reproduction Traits and Functional Longevity in Canadian Dairy Cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 4, p. 1660–1668, abr. 2008.
- SEWALEM, A.; MIGLIOR, F.; KISTEMAKER, G.J. Short communication: Genetic parameters of milking temperament and milking speed in Canadian Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 1, p. 512-516, Jan. 2011.
- SMITH, B. J. boa: An R Package for MCMC Output Convergence Assessment and Posterior Inference. **Journal of Statistical Software**, v. 21, n. 11, 2007.
- VON SOOSTEN, D. et al. Dairy Cow Health and Greenhouse Gas Emission Intensity. **Dairy**, v. 1, n. 1, p. 20–29, 23 mar. 2020.
- VANRADEN, P. M.; KLAASKATE, E. J. H. Genetic Evaluation of Length of Productive Life Including Predicted Longevity of Live Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 9, p. 2758–2764, set. 1993.
- WEIGEL, K. A.; PALMER, R. W.; CARAVIELLO, D. Z. Investigation of Factors Affecting Voluntary and Involuntary Culling in Expanding Dairy Herds in Wisconsin using Survival Analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 4, p. 1482–1486, abr. 2003.
- WONDATIR WORKIE, Z.; GIBSON, J. P.; VAN DER WERF, J. H. J. Analysis of culling reasons and age at culling in Australian dairy cattle. **Animal Production Science**, v. 61, n. 7, p. 680–689, 2 fev. 2021.

ZAABZA, H. B. et al. Genetic parameters of reproductive traits in Tunisian Holsteins. **Archives Animal Breeding**, v. 59, n. 2, p. 209-213, mai. 2016.

ZHANG, Q. et al. Genome-wide association study for longevity with whole-genome sequencing in 3 cattle breeds. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 9, p. 7289–7298, 1 set. 2016.

ZHANG, Hailiang et al. Genetic parameters for dairy calf and replacement heifer wellness traits and their association with cow longevity and health indicators in Holstein cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 8, p. 6749-6759, Aug. 2022. Epub 13 Jul. 2022.

CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAL

A longevidade das vacas Holandesas é um fator crítico para a eficiência produtiva e o bem-estar no sistema leiteiro, sendo constantemente influenciada por diversos fatores, os quais inclui motivos de saúde, reprodução, produção de leite, fatores econômicos, dentre outros. Essa abordagem detalhada das causas de descarte e os motivos que influenciam como localização do rebanho, tipo de manejo no rebanho, idade da vaca, permite identificar como esses fatores específicos afetam a longevidade, sendo algumas dessas causas de descarte estão diretamente associados a uma redução significativa na vida útil das vacas. Sendo assim, essas informações são importantes pois a classificação das vacas conforme o motivo de descarte permite uma análise mais detalhada, essencial para aprimorar as estratégias de seleção genética.

Ao avaliar o controle genético da longevidade na raça Holandês, essa separação das vacas pelas causas de descarte é importante para capturar especificidades importantes nas estimativas de herdabilidade, que variam conforme o motivo e a idade de descarte. A herdabilidade moderada dos indicadores de longevidade como motivos reprodutivos, produtivos e de saúde, indicam que melhorias podem ser alcançadas por meio de programas de seleção genética, especialmente se combinados com práticas de manejo que favoreçam a saúde e a reprodução. A abordagem integrada que considera esses aspectos pode otimizar a longevidade e, por conseguinte, aumentar a produtividade e a rentabilidade dos rebanhos leiteiros. Modelos de regressão aleatória têm demonstrado ser ferramentas robustas, capazes de lidar com variações complexas e interações não

observadas diretamente, proporcionando assim uma avaliação mais precisa e confiável. Esses modelos apresentam eficácia em cenários com dados com variabilidade entre os indivíduos, como observado nos estudos sobre descarte e longevidade em vacas da raça Holandês. Eles permitem ajustar as flutuações nas estimativas, levando em consideração fatores genéticos e ambientais que afetam o desempenho das vacas ao longo do tempo.

Estudos futuros devem investigar mais profundamente as interações entre as diferentes causas de descarte e suas correlações genéticas, visando o desenvolvimento de programas de seleção mais eficazes, alinhados ao bem-estar animal e à sustentabilidade do sistema leiteiro. As causas mais comuns de descarte, como problemas reprodutivos, produção de leite e saúde, refletem a necessidade de um aprimoramento contínuo dos índices de seleção para incluir características relacionadas à saúde, reprodução e bem-estar, adaptadas a diferentes condições. Essas descobertas destacam a relevância de estratégias integradas no melhoramento genético, visando rebanhos mais produtivos e longevos. Para maximizar esses avanços, estudos futuros devem investigar as correlações genéticas entre longevidade e outros critérios de seleção atualmente utilizados, garantindo que os rebanhos mantenham alta produtividade e bem-estar ao longo da vida.

ANEXO

Anexo 1 - Ecozonas terrestres do Canadá. 1. Arctic Cordillera, 2. Northern Arctic, 3. Southern Arctic, 4. Atlantic Maritime, 5. Boreal Cordillera, 6. Boreal Plains, 7. Boreal Shield, 8. Hudson Plains, 9. Prairie, 10. Mixedwood Plains, 11. Montane Cordillera, 12. Pacific Maritime, 13. Taiga Cordillera, 14. Taiga Plains, 15. Taiga Shield



Fonte: Lands Directorate, Terrestrial Ecozones Of Canada, Ecological Land. Classification No. 19, 1986, p. 26.

Anexo 2 - Tipos de clima de Köppen no Canadá



■ Clima glacial	■ Clima continental úmido de verão quente	■ Clima oceânico subpolar
■ Clima de tundra	■ Clima subártico influenciado pelas monções	■ Clima oceânico subpolar
■ Clima subártico	■ Clima subártico com estação seca	■ Clima mediterrâneo de verão quente
■ Clima continental de verão frio e úmido	■ Clima continental úmido de verão fresco com influência mediterrânea	■ Clima semiárido frio

Fonte: Adaptado de Wikimedia Commons¹.

¹Disponível em: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Canada_K%C3%B6ppen.svg>. Acesso em: 22 dez. 2024.

Anexo 3 - Estimativas da variância genética aditiva e respectivos desvios-padrão a posteriori (PSD), bem como intervalo das mais altas densidades a posteriori (HPD) para longevidades de vacas da raça Holandês descartadas por motivos relacionados à idade, funcionalidade, econômica e conformação nas classes das idades de 1 a 15 anos

Classes de idade de decarte	Causas de Descarte							
	Idade		Funcionalidade		Econômica		Conformação	
	$\sigma_a^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_a^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_a^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_a^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)
1	0.0082 ± 0.0003	0.0077 - 0.0089	0.0341 ± 0.0010	0.0322 - 0.036	0.0020 ± 0.0001	0.0017 - 0.0022	0.0099 ± 0.0002	0.0094 - 0.0103
2	0.0125 ± 0.0005	0.0115 - 0.0134	0.0276 ± 0.0022	0.0235 - 0.0321	0.0385 ± 0.0009	0.0368 - 0.0402	0.0207 ± 0.0008	0.0192 - 0.0224
3	0.0153 ± 0.0010	0.0135 - 0.0172	0.0337 ± 0.0045	0.0255 - 0.0431	0.0691 ± 0.0015	0.0663 - 0.0719	0.0397 ± 0.0019	0.0361 - 0.0435
4	0.0191 ± 0.0013	0.0165 - 0.0216	0.0318 ± 0.0048	0.0231 - 0.0418	0.0674 ± 0.0014	0.0647 - 0.0701	0.0443 ± 0.0022	0.04 - 0.0486
5	0.0288 ± 0.0020	0.025 - 0.0328	0.0231 ± 0.0036	0.0166 - 0.0308	0.0464 ± 0.0010	0.0445 - 0.0483	0.0366 ± 0.0019	0.0329 - 0.0402
6	0.0430 ± 0.0032	0.0371 - 0.0496	0.0137 ± 0.0022	0.0099 - 0.0183	0.0239 ± 0.0005	0.0228 - 0.0249	0.0247 ± 0.0013	0.0221 - 0.0273
7	0.0555 ± 0.0043	0.0473 - 0.0641	0.0073 ± 0.0011	0.0052 - 0.0098	0.0094 ± 0.0003	0.0089 - 0.0099	0.0146 ± 0.0009	0.0129 - 0.0163
8	0.0597 ± 0.0046	0.0506 - 0.069	0.0044 ± 0.0007	0.0031 - 0.0058	0.0035 ± 0.0002	0.0031 - 0.0038	0.0082 ± 0.0006	0.0072 - 0.0094
9	0.0533 ± 0.0041	0.0453 - 0.0616	0.0033 ± 0.0005	0.0025 - 0.0043	0.0019 ± 0.0001	0.0017 - 0.0022	0.0047 ± 0.0003	0.0041 - 0.0054
10	0.0397 ± 0.0031	0.0338 - 0.046	0.0026 ± 0.0003	0.0021 - 0.0031	0.0012 ± 0.0001	0.0011 - 0.0013	0.0027 ± 0.0002	0.0023 - 0.0031
11	0.0262 ± 0.0021	0.0222 - 0.0305	0.0017 ± 0.0001	0.0016 - 0.0019	0.0002 ± 0.0000	0.0002 - 0.0003	0.0014 ± 0.0001	0.0013 - 0.0015
12	0.0183 ± 0.0015	0.0155 - 0.0213	0.0012 ± 0.0000	0.0012 - 0.0013	0.0001 ± 0.0000	0.0001 - 0.0001	0.0008 ± 0.0000	0.0008 - 0.0009
13	0.0163 ± 0.0010	0.0143 - 0.0184	0.0013 ± 0.0001	0.0012 - 0.0015	0.0009 ± 0.0000	0.0009 - 0.001	0.0009 ± 0.0000	0.0008 - 0.001
14	0.0139 ± 0.0006	0.0128 - 0.015	0.0014 ± 0.0001	0.0013 - 0.0015	0.0007 ± 0.0000	0.0006 - 0.0008	0.0008 ± 0.0000	0.0007 - 0.0009
15	0.0102 ± 0.0003	0.0095 - 0.0109	0.0022 ± 0.0001	0.0019 - 0.0025	0.0008 ± 0.0000	0.0007 - 0.0009	0.0015 ± 0.0001	0.0013 - 0.0016

Anexo 4 – Estimativas da variância genética aditiva e respectivos desvios-padrão a posteriori (PSD), bem como intervalo das mais altas densidades a posteriori (HPD) para longevidades de vacas da raça Holandês descartadas por razões relacionadas à produção, saúde, reprodução e causas desconhecidas nas classes das idades de 1 a 15 anos

Classes de idade de decarte	Causas de Descarte							
	Produção		Saúde		Reprodução		Desconhecido	
	$\sigma_a^2 \pm$ PSD	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_a^2 \pm$ PSD	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_a^2 \pm$ PSD	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_a^2 \pm$ PSD	HPD (2,5% - 97,5%)
1	0.0112 ± 0.0002	0.0108 - 0.0116	0.0085 ± 0.0002	0.0082 - 0.0089	0.0085 ± 0.0002	0.0081 - 0.0088	0.0088 ± 0.0002	0.0084 - 0.0092
2	0.0172 ± 0.0006	0.016 - 0.0184	0.0169 ± 0.0006	0.0158 - 0.0181	0.0194 ± 0.0007	0.0181 - 0.0207	0.0207 ± 0.0007	0.0195 - 0.022
3	0.0267 ± 0.0011	0.0245 - 0.0289	0.0326 ± 0.0014	0.0299 - 0.0354	0.0335 ± 0.0013	0.0309 - 0.036	0.0368 ± 0.0012	0.0344 - 0.0392
4	0.0260 ± 0.0011	0.0238 - 0.0282	0.0367 ± 0.0016	0.0336 - 0.0401	0.0352 ± 0.0014	0.0324 - 0.0379	0.0389 ± 0.0013	0.0364 - 0.0415
5	0.0184 ± 0.0008	0.0168 - 0.02	0.0309 ± 0.0014	0.0282 - 0.0337	0.0279 ± 0.0012	0.0256 - 0.0302	0.0306 ± 0.0010	0.0286 - 0.0326
6	0.0101 ± 0.0005	0.0092 - 0.0111	0.0215 ± 0.0010	0.0196 - 0.0235	0.0185 ± 0.0008	0.0169 - 0.0201	0.0195 ± 0.0007	0.0182 - 0.0209
7	0.0047 ± 0.0003	0.0042 - 0.0052	0.0133 ± 0.0007	0.012 - 0.0146	0.0112 ± 0.0006	0.0101 - 0.0123	0.0109 ± 0.0004	0.0101 - 0.0118
8	0.0023 ± 0.0002	0.0019 - 0.0026	0.0078 ± 0.0004	0.007 - 0.0087	0.0068 ± 0.0004	0.006 - 0.0076	0.0059 ± 0.0003	0.0054 - 0.0065
9	0.0015 ± 0.0001	0.0013 - 0.0018	0.0046 ± 0.0003	0.0041 - 0.0052	0.0043 ± 0.0003	0.0038 - 0.0048	0.0034 ± 0.0002	0.003 - 0.0038
10	0.0011 ± 0.0001	0.001 - 0.0012	0.0026 ± 0.0001	0.0023 - 0.0029	0.0025 ± 0.0001	0.0022 - 0.0027	0.0019 ± 0.0001	0.0017 - 0.0021
11	0.0006 ± 0.0000	0.0005 - 0.0006	0.0013 ± 0.0001	0.0012 - 0.0014	0.0011 ± 0.0000	0.001 - 0.0012	0.0009 ± 0.0000	0.0008 - 0.0009
12	0.0004 ± 0.0000	0.0003 - 0.0004	0.0008 ± 0.0000	0.0007 - 0.0008	0.0005 ± 0.0000	0.0005 - 0.0006	0.0005 ± 0.0000	0.0004 - 0.0005
13	0.0006 ± 0.0000	0.0005 - 0.0006	0.0008 ± 0.0000	0.0007 - 0.0008	0.0007 ± 0.0000	0.0006 - 0.0008	0.0007 ± 0.0000	0.0006 - 0.0007
14	0.0006 ± 0.0000	0.0005 - 0.0006	0.0007 ± 0.0000	0.0006 - 0.0007	0.0007 ± 0.0000	0.0006 - 0.0007	0.0006 ± 0.0000	0.0006 - 0.0007
15	0.0008 ± 0.0000	0.0008 - 0.0009	0.0014 ± 0.0001	0.0013 - 0.0015	0.0012 ± 0.0001	0.0011 - 0.0014	0.0010 ± 0.0001	0.0009 - 0.0011

Anexo 5 - Estimativas do efeito de ambiente permanente e respectivos desvios-padrão a posteriori (PSD), bem como intervalo das mais altas densidades a posteriori (HPD) para longevidades de vacas da raça Holandês descartadas por motivos relacionados à idade, funcionalidade, econômica e conformação nas classes das idades de 1 a 15 anos

Classes de idade de decarte	Causas de Descarte							
	Idade		Funcionalidade		Econômica		Conformação	
	$\sigma_p^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_p^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_p^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_p^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)
1	0.0002 ± 0.0001	0.0001 - 0.0005	0.0018 ± 0.0004	0.0011 - 0.0026	0.0038 ± 0.0002	0.0035 - 0.004	0.0027 ± 0.0001	0.0024 - 0.0029
2	0.0008 ± 0.0003	0.0003 - 0.0016	0.0209 ± 0.0022	0.0164 - 0.025	0.0128 ± 0.0006	0.0117 - 0.0139	0.0207 ± 0.0007	0.0194 - 0.0220
3	0.0017 ± 0.0006	0.0006 - 0.0031	0.0487 ± 0.0048	0.0388 - 0.0575	0.0177 ± 0.0010	0.0159 - 0.0196	0.0506 ± 0.0016	0.0475 - 0.0537
4	0.0025 ± 0.0008	0.0011 - 0.0041	0.0530 ± 0.0052	0.0424 - 0.0626	0.0154 ± 0.0009	0.0136 - 0.0171	0.0602 ± 0.0019	0.0566 - 0.0639
5	0.0046 ± 0.0013	0.0021 - 0.0072	0.0396 ± 0.0039	0.0317 - 0.0468	0.0111 ± 0.0006	0.0098 - 0.0123	0.0534 ± 0.0016	0.0503 - 0.0565
6	0.0078 ± 0.0023	0.0036 - 0.0124	0.0222 ± 0.0023	0.0176 - 0.0264	0.0087 ± 0.0004	0.0080 - 0.0094	0.0409 ± 0.0012	0.0387 - 0.0433
7	0.0105 ± 0.0032	0.0047 - 0.0170	0.0095 ± 0.0012	0.0072 - 0.0118	0.0083 ± 0.0002	0.0078 - 0.0087	0.0295 ± 0.0008	0.0280 - 0.0310
8	0.0112 ± 0.0034	0.0049 - 0.0184	0.0035 ± 0.0007	0.0021 - 0.0048	0.0078 ± 0.0002	0.0075 - 0.0081	0.0204 ± 0.0005	0.0193 - 0.0214
9	0.0095 ± 0.0030	0.0041 - 0.0159	0.0017 ± 0.0005	0.0008 - 0.0026	0.0058 ± 0.0001	0.0055 - 0.0060	0.0125 ± 0.0003	0.0118 - 0.0131
10	0.0069 ± 0.0022	0.0029 - 0.0115	0.0011 ± 0.0003	0.0005 - 0.0015	0.0026 ± 0.0001	0.0025 - 0.0028	0.0057 ± 0.0002	0.0053 - 0.0060
11	0.0052 ± 0.0017	0.0021 - 0.0087	0.0004 ± 0.0001	0.0002 - 0.0005	0.0003 ± 0.0000	0.0003 - 0.0004	0.0012 ± 0.0001	0.0011 - 0.0013
12	0.0050 ± 0.0014	0.0024 - 0.0079	0.0000 ± 0.0000	0.0000 - 0.0001	0.0003 ± 0.0000	0.0003 - 0.0003	0.0003 ± 0.0000	0.0003 - 0.0004
13	0.0048 ± 0.0011	0.0026 - 0.0071	0.0004 ± 0.0001	0.0002 - 0.0005	0.0014 ± 0.0000	0.0013 - 0.0014	0.0014 ± 0.0001	0.0013 - 0.0016
14	0.0022 ± 0.0005	0.0012 - 0.0032	0.0003 ± 0.0001	0.0002 - 0.0005	0.0008 ± 0.0000	0.0007 - 0.0008	0.0009 ± 0.0000	0.0008 - 0.0009
15	0.0004 ± 0.0001	0.0002 - 0.0007	0.0005 ± 0.0001	0.0003 - 0.0008	0.0011 ± 0.0001	0.0011 - 0.0012	0.0014 ± 0.0001	0.0013 - 0.0015

Anexo 6 – Estimativas do efeito de ambiente permanente e respectivos desvios-padrão a posteriori (PSD), bem como intervalo das mais altas densidades a posteriori (HPD) para longevidades de vacas da raça Holandês descartadas por razões relacionadas à produção, saúde, reprodução e causas desconhecidas nas classes das idades de 1 a 15 anos

Classes de idade de decarte	Causas de Descarte							
	Produção		Saúde		Reprodução		Desconhecido	
	$\sigma_p^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_p^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_p^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_p^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)
1	0.0022 ± 0.0001	0.002 - 0.0024	0.0028 ± 0.0001	0.0026 - 0.003	0.0022 ± 0.0001	0.0021 - 0.0024	0.0021 ± 0.0001	0.0019 - 0.0023
2	0.0212 ± 0.0005	0.0202 - 0.0221	0.0203 ± 0.0005	0.0194 - 0.0213	0.0227 ± 0.0005	0.0217 - 0.0237	0.0249 ± 0.0006	0.0238 - 0.0259
3	0.0442 ± 0.0009	0.0424 - 0.0461	0.0509 ± 0.0012	0.0486 - 0.0532	0.0509 ± 0.0011	0.0487 - 0.053	0.0515 ± 0.0010	0.0495 - 0.0535
4	0.0476 ± 0.0010	0.0457 - 0.0495	0.0609 ± 0.0014	0.0581 - 0.0636	0.0584 ± 0.0012	0.0561 - 0.0608	0.0560 ± 0.0011	0.0538 - 0.0581
5	0.0372 ± 0.0007	0.0357 - 0.0386	0.0540 ± 0.0012	0.0516 - 0.0564	0.0509 ± 0.0010	0.0489 - 0.0529	0.0460 ± 0.0009	0.0443 - 0.0477
6	0.0238 ± 0.0004	0.0229 - 0.0247	0.0413 ± 0.0009	0.0395 - 0.043	0.0390 ± 0.0007	0.0376 - 0.0405	0.0336 ± 0.0006	0.0324 - 0.0347
7	0.0139 ± 0.0003	0.0133 - 0.0144	0.0296 ± 0.0006	0.0284 - 0.0308	0.0288 ± 0.0005	0.0277 - 0.0298	0.0243 ± 0.0004	0.0235 - 0.0251
8	0.0082 ± 0.0002	0.0079 - 0.0085	0.0203 ± 0.0004	0.0195 - 0.0211	0.0207 ± 0.0004	0.0199 - 0.0214	0.0179 ± 0.0003	0.0173 - 0.0184
9	0.0049 ± 0.0001	0.0047 - 0.0051	0.0125 ± 0.0003	0.012 - 0.013	0.0132 ± 0.0002	0.0128 - 0.0137	0.0120 ± 0.0002	0.0116 - 0.0123
10	0.0023 ± 0.0001	0.0022 - 0.0025	0.0058 ± 0.0001	0.0055 - 0.006	0.0063 ± 0.0001	0.006 - 0.0065	0.0059 ± 0.0001	0.0057 - 0.0061
11	0.0005 ± 0.0000	0.0005 - 0.0005	0.0013 ± 0.0000	0.0013 - 0.0014	0.0014 ± 0.0000	0.0013 - 0.0015	0.0013 ± 0.0000	0.0013 - 0.0014
12	0.0001 ± 0.0000	0.0001 - 0.0001	0.0003 ± 0.0000	0.0003 - 0.0003	0.0002 ± 0.0000	0.0002 - 0.0002	0.0001 ± 0.0000	0.0001 - 0.0001
13	0.0008 ± 0.0000	0.0007 - 0.0008	0.0013 ± 0.0000	0.0013 - 0.0014	0.0013 ± 0.0000	0.0012 - 0.0014	0.0013 ± 0.0000	0.0012 - 0.0014
14	0.0005 ± 0.0000	0.0005 - 0.0005	0.0008 ± 0.0000	0.0008 - 0.0009	0.0009 ± 0.0000	0.0008 - 0.0009	0.0009 ± 0.0000	0.0008 - 0.0009
15	0.0009 ± 0.0000	0.0008 - 0.001	0.0013 ± 0.0001	0.0012 - 0.0014	0.0014 ± 0.0001	0.0013 - 0.0015	0.0014 ± 0.0001	0.0013 - 0.0015

Anexo 7 - Estimativas do grupo de contemporâneo e respectivos desvios-padrão a posteriori (PSD), bem como intervalo das mais altas densidades a posteriori (HPD) para longevidades de vacas da raça Holandês descartadas por motivos relacionados à idade, funcionalidade, econômica e conformação nas classes das idades de 1 a 15 anos

Classes de idade de decarte	Causas de Descarte							
	Idade		Funcionalidade		Econômica		Conformação	
	$\sigma_{gc}^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_{gc}^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_{gc}^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_{gc}^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)
1	0.0009 ± 0.0002	0.0005 - 0.0012	0.0016 ± 0.0004	0.001 - 0.0023	0.7616 ± 0.0230	0.7162 - 0.8071	0.0014 ± 0.0001	0.0012 - 0.0016
2	0.0039 ± 0.0004	0.0032 - 0.0047	0.0116 ± 0.0015	0.0087 - 0.0145	0.4695 ± 0.0183	0.4349 - 0.5058	0.0069 ± 0.0004	0.0062 - 0.0076
3	0.0073 ± 0.0006	0.0061 - 0.0086	0.0270 ± 0.0032	0.0207 - 0.0332	0.3456 ± 0.0151	0.3173 - 0.3765	0.0203 ± 0.0009	0.0185 - 0.0220
4	0.0080 ± 0.0007	0.0066 - 0.0094	0.0297 ± 0.0034	0.0231 - 0.0363	0.2430 ± 0.0101	0.2240 - 0.2639	0.0268 ± 0.0011	0.0247 - 0.0289
5	0.0139 ± 0.0011	0.0118 - 0.0162	0.0228 ± 0.0025	0.0179 - 0.0278	0.1448 ± 0.0056	0.1343 - 0.1563	0.0255 ± 0.0010	0.0236 - 0.0274
6	0.0276 ± 0.0020	0.0237 - 0.0315	0.0137 ± 0.0015	0.0109 - 0.0166	0.0687 ± 0.0026	0.0639 - 0.0740	0.0197 ± 0.0007	0.0183 - 0.0211
7	0.0436 ± 0.0029	0.0380 - 0.0493	0.0069 ± 0.0007	0.0055 - 0.0084	0.0257 ± 0.0011	0.0235 - 0.0280	0.0130 ± 0.0005	0.0120 - 0.0140
8	0.0539 ± 0.0034	0.0473 - 0.0605	0.0034 ± 0.0004	0.0027 - 0.0042	0.0109 ± 0.0009	0.0093 - 0.0127	0.0073 ± 0.0003	0.0067 - 0.0080
9	0.0529 ± 0.0032	0.0466 - 0.0591	0.0019 ± 0.0002	0.0015 - 0.0024	0.0109 ± 0.0009	0.0092 - 0.0127	0.0034 ± 0.0002	0.0031 - 0.0038
10	0.0412 ± 0.0026	0.0362 - 0.0461	0.0010 ± 0.0001	0.0008 - 0.0013	0.0133 ± 0.0007	0.0119 - 0.0148	0.0012 ± 0.0001	0.0010 - 0.0013
11	0.0252 ± 0.0018	0.0215 - 0.0287	0.0003 ± 0.0000	0.0002 - 0.0004	0.0134 ± 0.0005	0.0125 - 0.0144	0.0002 ± 0.0000	0.0002 - 0.0003
12	0.0121 ± 0.0013	0.0094 - 0.0147	0.0000 ± 0.0000	0.0000 - 0.0001	0.0128 ± 0.0005	0.0118 - 0.0138	0.0001 ± 0.0000	0.0001 - 0.0001
13	0.0053 ± 0.0010	0.0034 - 0.0072	0.0003 ± 0.0001	0.0002 - 0.0004	0.0136 ± 0.0007	0.0120 - 0.0150	0.0003 ± 0.0000	0.0002 - 0.0003
14	0.0019 ± 0.0004	0.0011 - 0.0027	0.0002 ± 0.0000	0.0001 - 0.0003	0.0136 ± 0.0007	0.0123 - 0.0149	0.0001 ± 0.0000	0.0001 - 0.0001
15	0.0005 ± 0.0001	0.0003 - 0.0008	0.0004 ± 0.0001	0.0003 - 0.0006	0.0149 ± 0.0007	0.0135 - 0.0164	0.0003 ± 0.0000	0.0002 - 0.0004

Anexo 8 – Estimativas do grupo de contemporâneo e respectivos desvios-padrão a posteriori (PSD), bem como intervalo das mais altas densidades a posteriori (HPD) para longevidades de vacas da raça Holandês descartadas por razões relacionadas à produção, saúde, reprodução e causas desconhecidas nas classes das idades de 1 a 15 anos

Classes de idade de decarte	Causas de Descarte							
	Produção		Saúde		Reprodução		Desconhecido	
	$\sigma_{gc}^2 \pm$ PSD	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_{gc}^2 \pm$ PSD	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_{gc}^2 \pm$ PSD	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_{gc}^2 \pm$ PSD	HPD (2,5% - 97,5%)
1	0.0028 ± 0.0001	0.0026 - 0.0031	0.0015 ± 0.0001	0.0013 - 0.0016	0.0015 ± 0.0001	0.0013 - 0.0016	0.0020 ± 0.0001	0.0018 - 0.0021
2	0.0225 ± 0.0004	0.0216 - 0.0233	0.0061 ± 0.0003	0.0056 - 0.0066	0.0103 ± 0.0003	0.0097 - 0.0109	0.0209 ± 0.0004	0.0201 - 0.0218
3	0.0442 ± 0.0009	0.0425 - 0.0459	0.0181 ± 0.0007	0.0168 - 0.0195	0.0253 ± 0.0007	0.0239 - 0.0266	0.0466 ± 0.0009	0.0448 - 0.0484
4	0.0459 ± 0.0009	0.0441 - 0.0477	0.0244 ± 0.0008	0.0227 - 0.0261	0.0310 ± 0.0008	0.0294 - 0.0326	0.0528 ± 0.0010	0.0509 - 0.0549
5	0.0337 ± 0.0007	0.0323 - 0.0350	0.0236 ± 0.0008	0.0221 - 0.0251	0.0278 ± 0.0007	0.0264 - 0.0293	0.0432 ± 0.0009	0.0415 - 0.0448
6	0.0189 ± 0.0004	0.0180 - 0.0197	0.0187 ± 0.0006	0.0175 - 0.0199	0.0206 ± 0.0006	0.0195 - 0.0216	0.0280 ± 0.0006	0.0269 - 0.0292
7	0.0084 ± 0.0002	0.0079 - 0.0088	0.0127 ± 0.0004	0.0118 - 0.0135	0.0132 ± 0.0004	0.0124 - 0.0139	0.0152 ± 0.0004	0.0145 - 0.0159
8	0.0033 ± 0.0001	0.0031 - 0.0036	0.0074 ± 0.0003	0.0068 - 0.0079	0.0075 ± 0.0003	0.007 - 0.008	0.0072 ± 0.0002	0.0069 - 0.0076
9	0.0016 ± 0.0001	0.0015 - 0.0018	0.0035 ± 0.0002	0.0032 - 0.0038	0.0037 ± 0.0001	0.0034 - 0.004	0.0033 ± 0.0001	0.0031 - 0.0035
10	0.0009 ± 0.0000	0.0009 - 0.0010	0.0012 ± 0.0001	0.0011 - 0.0014	0.0014 ± 0.0001	0.0013 - 0.0016	0.0014 ± 0.0001	0.0013 - 0.0015
11	0.0003 ± 0.0000	0.0002 - 0.0003	0.0002 ± 0.0000	0.0002 - 0.0003	0.0003 ± 0.0000	0.0003 - 0.0003	0.0004 ± 0.0000	0.0003 - 0.0004
12	0.0000 ± 0.0000	0.0000 - 0.0000	0.0001 ± 0.0000	0.0001 - 0.0001	0.0000 ± 0.0000	0.0000 - 0.0001	0.0000 ± 0.0000	0.0001 - 0.0001
13	0.0004 ± 0.0000	0.0003 - 0.0004	0.0003 ± 0.0000	0.0002 - 0.0003	0.0002 ± 0.0000	0.0002 - 0.0003	0.0002 ± 0.0000	0.0002 - 0.0003
14	0.0003 ± 0.0000	0.0002 - 0.0003	0.0001 ± 0.0000	0.0001 - 0.0001	0.0001 ± 0.0000	0.0001 - 0.0001	0.0002 ± 0.0000	0.0002 - 0.0002
15	0.0006 ± 0.0000	0.0005 - 0.0006	0.0003 ± 0.0000	0.0003 - 0.0004	0.0004 ± 0.0000	0.0003 - 0.0005	0.0004 ± 0.0000	0.0004 - 0.0005

Anexo 9 - Estimativas da variância residual e respectivos desvios-padrão a posteriori (PSD), bem como intervalo das mais altas densidades a posteriori (HPD) para longevidades de vacas da raça Holandês descartadas por motivos relacionados à idade, funcionalidade, econômica e conformação nas classes das idades de 1 a 15 anos

Classes de idade de decarte	Causas de Descarte							
	Idade		Funcionalidade		Econômica		Conformação	
	$\sigma_e^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_e^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_e^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_e^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)
1	0.0378 ± 0.0002	0.0374 - 0.04	0.0274 ± 0.0001	0.0374 - 0.04	0.0247 ± 0.0001	0.0374 - 0.04	0.0310 ± 0.0001	0.0374 - 0.04
2	0.0378 ± 0.0002	0.0374 - 0.0383	0.0274 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0247 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0310 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383
3	0.0378 ± 0.0002	0.0374 - 0.0383	0.0274 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0247 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0310 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383
4	0.0378 ± 0.0002	0.0374 - 0.0383	0.0274 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0247 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0310 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383
5	0.0378 ± 0.0002	0.0374 - 0.0383	0.0274 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0247 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0310 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383
6	0.0378 ± 0.0002	0.0374 - 0.0383	0.0274 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0247 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0310 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383
7	0.0378 ± 0.0002	0.0374 - 0.0383	0.0274 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0247 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0310 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383
8	0.0378 ± 0.0002	0.0374 - 0.0383	0.0274 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0247 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0310 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383
9	0.0378 ± 0.0002	0.0374 - 0.0383	0.0274 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0247 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0310 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383
10	0.0378 ± 0.0002	0.0374 - 0.0383	0.0274 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0247 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0310 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383
11	0.0378 ± 0.0002	0.0374 - 0.0383	0.0274 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0247 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0310 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383
12	0.0378 ± 0.0002	0.0374 - 0.0383	0.0274 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0247 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0310 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383
13	0.0378 ± 0.0002	0.0374 - 0.0383	0.0274 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0247 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0310 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383
14	0.0378 ± 0.0002	0.0374 - 0.0383	0.0274 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0247 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0310 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383
15	0.0378 ± 0.0002	0.0374 - 0.0383	0.0274 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0247 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0310 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383

Anexo 10 – Estimativas da variância residual e respectivos desvios-padrão a posteriori (PSD), bem como intervalo das mais altas densidades a posteriori (HPD) para longevidades de vacas da raça Holandês descartadas por razões relacionadas à produção, saúde, reprodução e causas desconhecidas nas classes das idades de 1 a 15 anos

Classes de idade de decarte	Causas de Descarte							
	Produção		Saúde		Reprodução		Desconhecido	
	$\sigma_e^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_e^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_e^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)	$\sigma_e^2 \pm \text{PSD}$	HPD (2,5% - 97,5%)
1	0.0267 ± 0.0000	0.0374 - 0.04	0.0312 ± 0.0001	0.0374 - 0.04	0.0309 ± 0.0000	0.0374 - 0.04	0.0295 ± 0.0000	0.0374 - 0.04
2	0.0267 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0312 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0309 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0295 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383
3	0.0267 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0312 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0309 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0295 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383
4	0.0267 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0312 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0309 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0295 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383
5	0.0267 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0312 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0309 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0295 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383
6	0.0267 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0312 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0309 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0295 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383
7	0.0267 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0312 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0309 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0295 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383
8	0.0267 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0312 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0309 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0295 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383
9	0.0267 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0312 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0309 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0295 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383
10	0.0267 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0312 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0309 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0295 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383
11	0.0267 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0312 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0309 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0295 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383
12	0.0267 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0312 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0309 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0295 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383
13	0.0267 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0312 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0309 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0295 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383
14	0.0267 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0312 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0309 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0295 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383
15	0.0267 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0312 ± 0.0001	0.0374 - 0.0383	0.0309 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383	0.0295 ± 0.0000	0.0374 - 0.0383

Anexo 11 - Correlações genéticas médias (\pm PSD) estimadas entre as diferentes idades (1 a 15 anos) do grupo de descarte por motivos relacionados a idade

Idade	Motivos relacionados à idade														
	Média \pm PSD														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	0.836 \pm 0.033	0.757 \pm 0.052	0.65 \pm 0.051	0.477 \pm 0.044	0.322 \pm 0.042	0.2 \pm 0.042	0.094 \pm 0.043	-0.019 \pm 0.044	-0.166 \pm 0.045	-0.376 \pm 0.047	-0.625 \pm 0.049	-0.79 \pm 0.042	-0.891 \pm 0.024	-0.923 \pm 0.021
2	0.836 \pm 0.033	1	0.949 \pm 0.005	0.735 \pm 0.02	0.421 \pm 0.036	0.161 \pm 0.041	-0.031 \pm 0.042	-0.188 \pm 0.04	-0.343 \pm 0.037	-0.524 \pm 0.031	-0.745 \pm 0.02	-0.932 \pm 0.011	-0.96 \pm 0.016	-0.935 \pm 0.019	-0.912 \pm 0.018
3	0.757 \pm 0.052	0.949 \pm 0.005	1	0.901 \pm 0.01	0.654 \pm 0.029	0.414 \pm 0.041	0.223 \pm 0.047	0.057 \pm 0.049	-0.113 \pm 0.049	-0.322 \pm 0.044	-0.594 \pm 0.033	-0.87 \pm 0.018	-0.98 \pm 0.012	-0.958 \pm 0.018	-0.762 \pm 0.035
4	0.65 \pm 0.051	0.735 \pm 0.02	0.901 \pm 0.01	1	0.917 \pm 0.009	0.765 \pm 0.022	0.618 \pm 0.034	0.476 \pm 0.043	0.317 \pm 0.05	0.106 \pm 0.055	-0.204 \pm 0.052	-0.591 \pm 0.037	-0.85 \pm 0.02	-0.883 \pm 0.017	-0.505 \pm 0.042
5	0.477 \pm 0.044	0.421 \pm 0.036	0.654 \pm 0.029	0.917 \pm 0.009	1	0.958 \pm 0.005	0.88 \pm 0.014	0.786 \pm 0.023	0.667 \pm 0.034	0.491 \pm 0.045	0.199 \pm 0.054	-0.228 \pm 0.052	-0.587 \pm 0.036	-0.677 \pm 0.023	-0.212 \pm 0.042
6	0.322 \pm 0.042	0.161 \pm 0.041	0.414 \pm 0.041	0.765 \pm 0.022	0.958 \pm 0.005	1	0.979 \pm 0.003	0.93 \pm 0.009	0.852 \pm 0.017	0.718 \pm 0.029	0.467 \pm 0.045	0.054 \pm 0.056	-0.343 \pm 0.047	-0.467 \pm 0.032	0.005 \pm 0.038
7	0.2 \pm 0.042	-0.031 \pm 0.042	0.223 \pm 0.047	0.618 \pm 0.034	0.88 \pm 0.014	0.979 \pm 0.003	1	0.985 \pm 0.002	0.941 \pm 0.007	0.845 \pm 0.017	0.637 \pm 0.035	0.253 \pm 0.054	-0.151 \pm 0.054	-0.296 \pm 0.039	0.154 \pm 0.035
8	0.094 \pm 0.043	-0.188 \pm 0.04	0.057 \pm 0.049	0.476 \pm 0.043	0.786 \pm 0.023	0.93 \pm 0.009	0.985 \pm 0.002	1	0.985 \pm 0.002	0.923 \pm 0.009	0.758 \pm 0.025	0.412 \pm 0.05	0.013 \pm 0.057	-0.145 \pm 0.043	0.271 \pm 0.033
9	-0.019 \pm 0.044	-0.343 \pm 0.037	-0.113 \pm 0.049	0.317 \pm 0.05	0.667 \pm 0.034	0.852 \pm 0.017	0.941 \pm 0.007	0.985 \pm 0.002	1	0.976 \pm 0.003	0.86 \pm 0.016	0.562 \pm 0.043	0.182 \pm 0.057	0.015 \pm 0.045	0.383 \pm 0.031
10	-0.166 \pm 0.045	-0.524 \pm 0.031	-0.322 \pm 0.044	0.106 \pm 0.055	0.491 \pm 0.045	0.718 \pm 0.029	0.845 \pm 0.017	0.923 \pm 0.009	0.976 \pm 0.003	1	0.95 \pm 0.006	0.728 \pm 0.031	0.387 \pm 0.051	0.218 \pm 0.044	0.512 \pm 0.031
11	-0.376 \pm 0.047	-0.745 \pm 0.02	-0.594 \pm 0.033	-0.204 \pm 0.052	0.199 \pm 0.054	0.467 \pm 0.045	0.637 \pm 0.035	0.758 \pm 0.025	0.86 \pm 0.016	0.95 \pm 0.006	1	0.905 \pm 0.012	0.653 \pm 0.034	0.497 \pm 0.034	0.666 \pm 0.035
12	-0.625 \pm 0.049	-0.932 \pm 0.011	-0.87 \pm 0.018	-0.591 \pm 0.037	-0.228 \pm 0.052	0.054 \pm 0.056	0.253 \pm 0.054	0.412 \pm 0.05	0.562 \pm 0.043	0.728 \pm 0.031	0.905 \pm 0.012	1	0.912 \pm 0.009	0.806 \pm 0.017	0.787 \pm 0.042
13	-0.79 \pm 0.042	-0.96 \pm 0.016	-0.98 \pm 0.012	-0.85 \pm 0.02	-0.587 \pm 0.036	-0.343 \pm 0.047	-0.151 \pm 0.054	0.013 \pm 0.057	0.182 \pm 0.057	0.387 \pm 0.051	0.653 \pm 0.034	0.912 \pm 0.009	1	0.97 \pm 0.004	0.8 \pm 0.044
14	-0.891 \pm 0.024	-0.935 \pm 0.019	-0.958 \pm 0.018	-0.883 \pm 0.017	-0.677 \pm 0.023	-0.467 \pm 0.032	-0.296 \pm 0.039	-0.145 \pm 0.043	0.015 \pm 0.045	0.218 \pm 0.044	0.497 \pm 0.034	0.806 \pm 0.017	0.97 \pm 0.004	1	0.833 \pm 0.032
15	-0.923 \pm 0.021	-0.912 \pm 0.018	-0.762 \pm 0.035	-0.505 \pm 0.042	-0.212 \pm 0.042	0.005 \pm 0.038	0.154 \pm 0.035	0.271 \pm 0.033	0.383 \pm 0.031	0.512 \pm 0.031	0.666 \pm 0.035	0.787 \pm 0.042	0.8 \pm 0.044	0.833 \pm 0.032	1

Anexo 12 - Correlações genéticas médias (\pm PSD) estimadas entre as diferentes idades (1 a 15 anos) do grupo de descarte por funcionalidade

Idade	Funcionalidade														
	Média \pm PSD														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	0.666 \pm 0.038	0.293 \pm 0.045	0.065 \pm 0.04	-0.118 \pm 0.034	-0.313 \pm 0.028	-0.543 \pm 0.025	-0.749 \pm 0.03	-0.833 \pm 0.034	-0.857 \pm 0.028	-0.916 \pm 0.017	-0.958 \pm 0.013	-0.876 \pm 0.038	-0.917 \pm 0.025	-0.918 \pm 0.021
2	0.666 \pm 0.038	1	0.907 \pm 0.008	0.782 \pm 0.021	0.645 \pm 0.037	0.453 \pm 0.057	0.144 \pm 0.08	-0.282 \pm 0.083	-0.643 \pm 0.058	-0.838 \pm 0.03	-0.897 \pm 0.016	-0.74 \pm 0.039	-0.435 \pm 0.079	-0.438 \pm 0.072	-0.857 \pm 0.033
3	0.293 \pm 0.045	0.907 \pm 0.008	1	0.971 \pm 0.004	0.902 \pm 0.016	0.771 \pm 0.038	0.51 \pm 0.073	0.085 \pm 0.098	-0.333 \pm 0.085	-0.576 \pm 0.056	-0.63 \pm 0.033	-0.422 \pm 0.044	-0.087 \pm 0.076	-0.062 \pm 0.071	-0.573 \pm 0.057
4	0.065 \pm 0.04	0.782 \pm 0.021	0.971 \pm 0.004	1	0.979 \pm 0.004	0.898 \pm 0.02	0.692 \pm 0.055	0.306 \pm 0.091	-0.112 \pm 0.092	-0.369 \pm 0.069	-0.428 \pm 0.043	-0.225 \pm 0.041	0.092 \pm 0.066	0.135 \pm 0.061	-0.362 \pm 0.066
5	-0.118 \pm 0.034	0.645 \pm 0.037	0.902 \pm 0.016	0.979 \pm 0.004	1	0.969 \pm 0.007	0.824 \pm 0.034	0.492 \pm 0.076	0.092 \pm 0.092	-0.172 \pm 0.078	-0.243 \pm 0.052	-0.07 \pm 0.04	0.207 \pm 0.061	0.268 \pm 0.055	-0.169 \pm 0.071
6	-0.313 \pm 0.028	0.453 \pm 0.057	0.771 \pm 0.038	0.898 \pm 0.02	0.969 \pm 0.007	1	0.939 \pm 0.013	0.691 \pm 0.052	0.334 \pm 0.083	0.072 \pm 0.083	-0.019 \pm 0.061	0.096 \pm 0.044	0.305 \pm 0.064	0.386 \pm 0.056	0.063 \pm 0.073
7	-0.543 \pm 0.025	0.144 \pm 0.08	0.51 \pm 0.073	0.692 \pm 0.055	0.824 \pm 0.034	0.939 \pm 0.013	1	0.897 \pm 0.02	0.636 \pm 0.058	0.402 \pm 0.075	0.288 \pm 0.063	0.307 \pm 0.054	0.397 \pm 0.083	0.499 \pm 0.071	0.376 \pm 0.068
8	-0.749 \pm 0.03	-0.282 \pm 0.083	0.085 \pm 0.098	0.306 \pm 0.091	0.492 \pm 0.076	0.691 \pm 0.052	0.897 \pm 0.02	1	0.91 \pm 0.018	0.755 \pm 0.041	0.637 \pm 0.046	0.533 \pm 0.067	0.458 \pm 0.11	0.567 \pm 0.094	0.713 \pm 0.05
9	-0.833 \pm 0.034	-0.643 \pm 0.058	-0.333 \pm 0.085	-0.112 \pm 0.092	0.092 \pm 0.092	0.334 \pm 0.083	0.636 \pm 0.058	0.91 \pm 0.018	1	0.956 \pm 0.008	0.866 \pm 0.023	0.683 \pm 0.07	0.473 \pm 0.117	0.565 \pm 0.1	0.913 \pm 0.026
10	-0.857 \pm 0.028	-0.838 \pm 0.03	-0.576 \pm 0.056	-0.369 \pm 0.069	-0.172 \pm 0.078	0.072 \pm 0.083	0.402 \pm 0.075	0.755 \pm 0.041	0.956 \pm 0.008	1	0.963 \pm 0.008	0.781 \pm 0.055	0.521 \pm 0.102	0.586 \pm 0.086	0.978 \pm 0.008
11	-0.916 \pm 0.017	-0.897 \pm 0.016	-0.63 \pm 0.033	-0.428 \pm 0.043	-0.243 \pm 0.052	-0.019 \pm 0.061	0.288 \pm 0.063	0.637 \pm 0.046	0.866 \pm 0.023	0.963 \pm 0.008	1	0.906 \pm 0.024	0.682 \pm 0.067	0.717 \pm 0.057	0.986 \pm 0.009
12	-0.958 \pm 0.013	-0.74 \pm 0.039	-0.422 \pm 0.044	-0.225 \pm 0.041	-0.07 \pm 0.04	0.096 \pm 0.044	0.307 \pm 0.054	0.533 \pm 0.067	0.683 \pm 0.07	0.781 \pm 0.055	0.906 \pm 0.024	1	0.922 \pm 0.015	0.926 \pm 0.018	0.872 \pm 0.04
13	-0.876 \pm 0.038	-0.435 \pm 0.079	-0.087 \pm 0.076	0.092 \pm 0.066	0.207 \pm 0.061	0.305 \pm 0.064	0.397 \pm 0.083	0.458 \pm 0.11	0.473 \pm 0.117	0.521 \pm 0.102	0.682 \pm 0.067	0.922 \pm 0.015	1	0.991 \pm 0.003	0.65 \pm 0.084
14	-0.917 \pm 0.025	-0.438 \pm 0.072	-0.062 \pm 0.071	0.135 \pm 0.061	0.268 \pm 0.055	0.386 \pm 0.056	0.499 \pm 0.071	0.567 \pm 0.094	0.565 \pm 0.1	0.586 \pm 0.086	0.717 \pm 0.057	0.926 \pm 0.018	0.991 \pm 0.003	1	0.704 \pm 0.066
15	-0.918 \pm 0.021	-0.857 \pm 0.033	-0.573 \pm 0.057	-0.362 \pm 0.066	-0.169 \pm 0.071	0.063 \pm 0.073	0.376 \pm 0.068	0.713 \pm 0.05	0.913 \pm 0.026	0.978 \pm 0.008	0.986 \pm 0.009	0.872 \pm 0.04	0.65 \pm 0.084	0.704 \pm 0.066	1

Anexo 13 - Correlações genéticas médias (\pm PSD) estimadas entre as diferentes idades (1 a 15 anos) do grupo de descarte econômico

Econômico															
Idade	Média \pm PSD														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	0.562 \pm 0.021	0.466 \pm 0.024	0.391 \pm 0.026	0.295 \pm 0.027	0.144 \pm 0.029	-0.13 \pm 0.03	-0.592 \pm 0.022	-0.938 \pm 0.012	-0.951 \pm 0.015	-0.83 \pm 0.024	0.948 \pm 0.035	0.856 \pm 0.02	0.781 \pm 0.022	-0.879 \pm 0.02
2	0.562 \pm 0.021	1	0.994 \pm 0	0.981 \pm 0.001	0.955 \pm 0.003	0.896 \pm 0.006	0.737 \pm 0.014	0.302 \pm 0.025	-0.341 \pm 0.022	-0.715 \pm 0.013	-0.899 \pm 0.01	0.726 \pm 0.025	0.891 \pm 0.008	0.945 \pm 0.008	-0.865 \pm 0.011
3	0.466 \pm 0.024	0.994 \pm 0	1	0.996 \pm 0	0.982 \pm 0.001	0.94 \pm 0.004	0.807 \pm 0.011	0.405 \pm 0.023	-0.236 \pm 0.024	-0.634 \pm 0.016	-0.848 \pm 0.012	0.647 \pm 0.027	0.836 \pm 0.011	0.905 \pm 0.009	-0.805 \pm 0.014
4	0.391 \pm 0.026	0.981 \pm 0.001	0.996 \pm 0	1	0.995 \pm 0	0.965 \pm 0.002	0.854 \pm 0.008	0.481 \pm 0.021	-0.153 \pm 0.025	-0.567 \pm 0.018	-0.801 \pm 0.014	0.581 \pm 0.029	0.787 \pm 0.013	0.865 \pm 0.011	-0.752 \pm 0.017
5	0.295 \pm 0.027	0.955 \pm 0.003	0.982 \pm 0.001	0.995 \pm 0	1	0.987 \pm 0.001	0.904 \pm 0.005	0.57 \pm 0.018	-0.049 \pm 0.025	-0.478 \pm 0.021	-0.735 \pm 0.017	0.495 \pm 0.032	0.718 \pm 0.017	0.809 \pm 0.014	-0.68 \pm 0.02
6	0.144 \pm 0.029	0.896 \pm 0.006	0.94 \pm 0.004	0.965 \pm 0.002	0.987 \pm 0.001	1	0.96 \pm 0.002	0.693 \pm 0.014	0.11 \pm 0.026	-0.333 \pm 0.025	-0.62 \pm 0.022	0.352 \pm 0.036	0.599 \pm 0.022	0.706 \pm 0.019	-0.555 \pm 0.025
7	-0.13 \pm 0.03	0.737 \pm 0.014	0.807 \pm 0.011	0.854 \pm 0.008	0.904 \pm 0.005	0.96 \pm 0.002	1	0.867 \pm 0.006	0.383 \pm 0.023	-0.056 \pm 0.03	-0.377 \pm 0.03	0.08 \pm 0.04	0.352 \pm 0.03	0.48 \pm 0.028	-0.302 \pm 0.032
8	-0.592 \pm 0.022	0.302 \pm 0.025	0.405 \pm 0.023	0.481 \pm 0.021	0.57 \pm 0.018	0.693 \pm 0.014	0.867 \pm 0.006	1	0.792 \pm 0.011	0.449 \pm 0.026	0.132 \pm 0.035	-0.42 \pm 0.037	-0.16 \pm 0.032	-0.02 \pm 0.034	0.212 \pm 0.033
9	-0.938 \pm 0.012	-0.341 \pm 0.022	-0.236 \pm 0.024	-0.153 \pm 0.025	-0.049 \pm 0.025	0.11 \pm 0.026	0.383 \pm 0.023	0.792 \pm 0.011	1	0.901 \pm 0.006	0.707 \pm 0.019	-0.877 \pm 0.025	-0.728 \pm 0.015	-0.625 \pm 0.02	0.761 \pm 0.016
10	-0.951 \pm 0.015	-0.715 \pm 0.013	-0.634 \pm 0.016	-0.567 \pm 0.018	-0.478 \pm 0.021	-0.333 \pm 0.025	-0.056 \pm 0.03	0.449 \pm 0.026	0.901 \pm 0.006	1	0.943 \pm 0.006	-0.983 \pm 0.026	-0.951 \pm 0.008	-0.901 \pm 0.012	0.964 \pm 0.006
11	-0.83 \pm 0.024	-0.899 \pm 0.01	-0.848 \pm 0.012	-0.801 \pm 0.014	-0.735 \pm 0.017	-0.62 \pm 0.022	-0.377 \pm 0.03	0.132 \pm 0.035	0.707 \pm 0.019	0.943 \pm 0.006	1	-0.923 \pm 0.046	-0.989 \pm 0.018	-0.986 \pm 0.021	0.985 \pm 0.008
12	0.948 \pm 0.035	0.726 \pm 0.025	0.647 \pm 0.027	0.581 \pm 0.029	0.495 \pm 0.032	0.352 \pm 0.036	0.08 \pm 0.04	-0.42 \pm 0.037	-0.877 \pm 0.025	-0.983 \pm 0.026	-0.923 \pm 0.046	1	0.956 \pm 0.008	0.905 \pm 0.011	-0.966 \pm 0.037
13	0.856 \pm 0.02	0.891 \pm 0.008	0.836 \pm 0.011	0.787 \pm 0.013	0.718 \pm 0.017	0.599 \pm 0.022	0.352 \pm 0.03	-0.16 \pm 0.032	-0.728 \pm 0.015	-0.951 \pm 0.008	-0.989 \pm 0.018	0.956 \pm 0.008	1	0.989 \pm 0.001	-0.995 \pm 0.014
14	0.781 \pm 0.022	0.945 \pm 0.008	0.905 \pm 0.009	0.865 \pm 0.011	0.809 \pm 0.014	0.706 \pm 0.019	0.48 \pm 0.028	-0.02 \pm 0.034	-0.625 \pm 0.02	-0.901 \pm 0.012	-0.986 \pm 0.021	0.905 \pm 0.011	0.989 \pm 0.001	1	-0.976 \pm 0.019
15	-0.879 \pm 0.02	-0.865 \pm 0.011	-0.805 \pm 0.014	-0.752 \pm 0.017	-0.68 \pm 0.02	-0.555 \pm 0.025	-0.302 \pm 0.032	0.212 \pm 0.033	0.761 \pm 0.016	0.964 \pm 0.006	0.985 \pm 0.008	-0.966 \pm 0.037	-0.995 \pm 0.014	-0.976 \pm 0.019	1

Anexo 14 - Correlações genéticas médias (\pm PSD) estimadas entre as diferentes idades (1 a 15 anos) do grupo de descarte por conformação

Idade	Conformação														
	Média \pm PSD														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	0.286 \pm 0.023	-0.009 \pm 0.022	-0.15 \pm 0.02	-0.261 \pm 0.018	-0.373 \pm 0.016	-0.496 \pm 0.014	-0.613 \pm 0.012	-0.693 \pm 0.016	-0.733 \pm 0.019	-0.766 \pm 0.017	-0.741 \pm 0.018	-0.622 \pm 0.032	-0.769 \pm 0.024	-0.869 \pm 0.014
2	0.286 \pm 0.023	1	0.954 \pm 0.002	0.894 \pm 0.005	0.819 \pm 0.01	0.703 \pm 0.017	0.511 \pm 0.027	0.213 \pm 0.037	-0.161 \pm 0.039	-0.523 \pm 0.029	-0.786 \pm 0.013	-0.742 \pm 0.015	-0.352 \pm 0.039	-0.232 \pm 0.036	-0.599 \pm 0.024
3	-0.009 \pm 0.022	0.954 \pm 0.002	1	0.987 \pm 0.001	0.949 \pm 0.004	0.871 \pm 0.01	0.718 \pm 0.021	0.453 \pm 0.036	0.09 \pm 0.043	-0.282 \pm 0.037	-0.568 \pm 0.021	-0.57 \pm 0.017	-0.224 \pm 0.037	-0.045 \pm 0.034	-0.337 \pm 0.031
4	-0.15 \pm 0.02	0.894 \pm 0.005	0.987 \pm 0.001	1	0.987 \pm 0.001	0.938 \pm 0.006	0.818 \pm 0.015	0.586 \pm 0.03	0.245 \pm 0.042	-0.124 \pm 0.04	-0.428 \pm 0.025	-0.485 \pm 0.018	-0.195 \pm 0.035	0.012 \pm 0.032	-0.181 \pm 0.034
5	-0.261 \pm 0.018	0.819 \pm 0.01	0.949 \pm 0.004	0.987 \pm 0.001	1	0.981 \pm 0.002	0.899 \pm 0.009	0.707 \pm 0.023	0.396 \pm 0.037	0.035 \pm 0.04	-0.291 \pm 0.028	-0.417 \pm 0.02	-0.197 \pm 0.034	0.031 \pm 0.032	-0.034 \pm 0.035
6	-0.373 \pm 0.016	0.703 \pm 0.017	0.871 \pm 0.01	0.938 \pm 0.006	0.981 \pm 0.002	1	0.967 \pm 0.003	0.831 \pm 0.014	0.567 \pm 0.03	0.225 \pm 0.038	-0.119 \pm 0.031	-0.335 \pm 0.022	-0.213 \pm 0.034	0.034 \pm 0.033	0.139 \pm 0.034
7	-0.496 \pm 0.014	0.511 \pm 0.027	0.718 \pm 0.021	0.818 \pm 0.015	0.899 \pm 0.009	0.967 \pm 0.003	1	0.946 \pm 0.005	0.758 \pm 0.018	0.462 \pm 0.032	0.11 \pm 0.033	-0.212 \pm 0.027	-0.225 \pm 0.037	0.031 \pm 0.037	0.355 \pm 0.031
8	-0.613 \pm 0.012	0.213 \pm 0.037	0.453 \pm 0.036	0.586 \pm 0.03	0.707 \pm 0.023	0.831 \pm 0.014	0.946 \pm 0.005	1	0.928 \pm 0.006	0.72 \pm 0.02	0.397 \pm 0.03	-0.024 \pm 0.034	-0.207 \pm 0.043	0.037 \pm 0.043	0.603 \pm 0.024
9	-0.693 \pm 0.016	-0.161 \pm 0.039	0.09 \pm 0.043	0.245 \pm 0.042	0.396 \pm 0.037	0.567 \pm 0.03	0.758 \pm 0.018	0.928 \pm 0.006	1	0.925 \pm 0.006	0.686 \pm 0.019	0.224 \pm 0.039	-0.121 \pm 0.051	0.077 \pm 0.05	0.82 \pm 0.012
10	-0.733 \pm 0.019	-0.523 \pm 0.029	-0.282 \pm 0.037	-0.124 \pm 0.04	0.035 \pm 0.04	0.225 \pm 0.038	0.462 \pm 0.032	0.72 \pm 0.02	0.925 \pm 0.006	1	0.903 \pm 0.007	0.502 \pm 0.036	0.064 \pm 0.056	0.19 \pm 0.052	0.949 \pm 0.005
11	-0.766 \pm 0.017	-0.786 \pm 0.013	-0.568 \pm 0.021	-0.428 \pm 0.025	-0.291 \pm 0.028	-0.119 \pm 0.031	0.11 \pm 0.033	0.397 \pm 0.03	0.686 \pm 0.019	0.903 \pm 0.007	1	0.806 \pm 0.019	0.4 \pm 0.046	0.442 \pm 0.042	0.962 \pm 0.007
12	-0.741 \pm 0.018	-0.742 \pm 0.015	-0.57 \pm 0.017	-0.485 \pm 0.018	-0.417 \pm 0.02	-0.335 \pm 0.022	-0.212 \pm 0.027	-0.024 \pm 0.034	0.224 \pm 0.039	0.502 \pm 0.036	0.806 \pm 0.019	1	0.85 \pm 0.012	0.817 \pm 0.014	0.725 \pm 0.027
13	-0.622 \pm 0.032	-0.352 \pm 0.039	-0.224 \pm 0.037	-0.195 \pm 0.035	-0.197 \pm 0.034	-0.213 \pm 0.034	-0.225 \pm 0.037	-0.207 \pm 0.043	-0.121 \pm 0.051	0.064 \pm 0.056	0.4 \pm 0.046	0.85 \pm 0.012	1	0.966 \pm 0.003	0.363 \pm 0.051
14	-0.769 \pm 0.024	-0.232 \pm 0.036	-0.045 \pm 0.034	0.012 \pm 0.032	0.031 \pm 0.032	0.034 \pm 0.033	0.031 \pm 0.037	0.037 \pm 0.043	0.077 \pm 0.05	0.19 \pm 0.052	0.442 \pm 0.042	0.817 \pm 0.014	0.966 \pm 0.003	1	0.472 \pm 0.045
15	-0.869 \pm 0.014	-0.599 \pm 0.024	-0.337 \pm 0.031	-0.181 \pm 0.034	-0.034 \pm 0.035	0.139 \pm 0.034	0.355 \pm 0.031	0.603 \pm 0.024	0.82 \pm 0.012	0.949 \pm 0.005	0.962 \pm 0.007	0.725 \pm 0.027	0.363 \pm 0.051	0.472 \pm 0.045	1

Anexo 15 - Correlações genéticas médias (\pm PSD) estimadas entre as diferentes idades (1 a 15 anos) do grupo de descarte por produção

Idade	Produção														
	Média \pm PSD														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	0.499 \pm 0.015	0.2 \pm 0.017	0.045 \pm 0.017	-0.084 \pm 0.017	-0.235 \pm 0.017	-0.444 \pm 0.014	-0.678 \pm 0.011	-0.78 \pm 0.013	-0.803 \pm 0.012	-0.898 \pm 0.008	-0.889 \pm 0.017	-0.608 \pm 0.029	-0.7 \pm 0.022	-0.856 \pm 0.009
2	0.499 \pm 0.015	1	0.948 \pm 0.002	0.884 \pm 0.005	0.807 \pm 0.009	0.681 \pm 0.016	0.43 \pm 0.028	-0.033 \pm 0.035	-0.514 \pm 0.027	-0.771 \pm 0.015	-0.818 \pm 0.009	-0.381 \pm 0.023	0.153 \pm 0.03	0.116 \pm 0.028	-0.825 \pm 0.012
3	0.2 \pm 0.017	0.948 \pm 0.002	1	0.986 \pm 0.001	0.95 \pm 0.003	0.868 \pm 0.01	0.667 \pm 0.023	0.235 \pm 0.037	-0.272 \pm 0.035	-0.562 \pm 0.023	-0.594 \pm 0.016	-0.125 \pm 0.022	0.371 \pm 0.026	0.367 \pm 0.024	-0.612 \pm 0.019
4	0.045 \pm 0.017	0.884 \pm 0.005	0.986 \pm 0.001	1	0.988 \pm 0.001	0.936 \pm 0.005	0.775 \pm 0.017	0.383 \pm 0.034	-0.118 \pm 0.037	-0.42 \pm 0.028	-0.456 \pm 0.019	-0.011 \pm 0.023	0.44 \pm 0.025	0.457 \pm 0.022	-0.473 \pm 0.023
5	-0.084 \pm 0.017	0.807 \pm 0.009	0.95 \pm 0.003	0.988 \pm 0.001	1	0.979 \pm 0.002	0.863 \pm 0.011	0.519 \pm 0.029	0.036 \pm 0.038	-0.276 \pm 0.032	-0.328 \pm 0.022	0.065 \pm 0.023	0.461 \pm 0.028	0.5 \pm 0.022	-0.338 \pm 0.027
6	-0.235 \pm 0.017	0.681 \pm 0.016	0.868 \pm 0.01	0.936 \pm 0.005	0.979 \pm 0.002	1	0.948 \pm 0.004	0.682 \pm 0.021	0.238 \pm 0.037	-0.078 \pm 0.037	-0.157 \pm 0.026	0.14 \pm 0.026	0.448 \pm 0.034	0.516 \pm 0.026	-0.154 \pm 0.031
7	-0.444 \pm 0.014	0.43 \pm 0.028	0.667 \pm 0.023	0.775 \pm 0.017	0.863 \pm 0.011	0.948 \pm 0.004	1	0.88 \pm 0.009	0.535 \pm 0.03	0.237 \pm 0.038	0.119 \pm 0.029	0.235 \pm 0.032	0.381 \pm 0.045	0.489 \pm 0.035	0.142 \pm 0.034
8	-0.678 \pm 0.011	-0.033 \pm 0.035	0.235 \pm 0.037	0.383 \pm 0.034	0.519 \pm 0.029	0.682 \pm 0.021	0.88 \pm 0.009	1	0.871 \pm 0.011	0.661 \pm 0.024	0.514 \pm 0.025	0.344 \pm 0.041	0.22 \pm 0.057	0.364 \pm 0.048	0.56 \pm 0.026
9	-0.78 \pm 0.013	-0.514 \pm 0.027	-0.272 \pm 0.035	-0.118 \pm 0.037	0.036 \pm 0.038	0.238 \pm 0.037	0.535 \pm 0.03	0.871 \pm 0.011	1	0.94 \pm 0.005	0.815 \pm 0.014	0.416 \pm 0.043	0.043 \pm 0.054	0.187 \pm 0.048	0.867 \pm 0.011
10	-0.803 \pm 0.012	-0.771 \pm 0.015	-0.562 \pm 0.023	-0.42 \pm 0.028	-0.276 \pm 0.032	-0.078 \pm 0.037	0.237 \pm 0.038	0.661 \pm 0.024	0.94 \pm 0.005	1	0.941 \pm 0.005	0.503 \pm 0.036	0.022 \pm 0.047	0.141 \pm 0.043	0.973 \pm 0.005
11	-0.898 \pm 0.008	-0.818 \pm 0.009	-0.594 \pm 0.016	-0.456 \pm 0.019	-0.328 \pm 0.022	-0.157 \pm 0.026	0.119 \pm 0.029	0.514 \pm 0.025	0.815 \pm 0.014	0.941 \pm 0.005	1	0.735 \pm 0.021	0.275 \pm 0.038	0.362 \pm 0.035	0.982 \pm 0.005
12	-0.889 \pm 0.017	-0.381 \pm 0.023	-0.125 \pm 0.022	-0.011 \pm 0.023	0.065 \pm 0.023	0.14 \pm 0.026	0.235 \pm 0.032	0.344 \pm 0.041	0.416 \pm 0.043	0.503 \pm 0.036	0.735 \pm 0.021	1	0.846 \pm 0.008	0.871 \pm 0.008	0.629 \pm 0.032
13	-0.608 \pm 0.029	0.153 \pm 0.03	0.371 \pm 0.026	0.44 \pm 0.025	0.461 \pm 0.028	0.448 \pm 0.034	0.381 \pm 0.045	0.22 \pm 0.057	0.043 \pm 0.054	0.022 \pm 0.047	0.275 \pm 0.038	0.846 \pm 0.008	1	0.987 \pm 0.002	0.15 \pm 0.043
14	-0.7 \pm 0.022	0.116 \pm 0.028	0.367 \pm 0.024	0.457 \pm 0.022	0.5 \pm 0.022	0.516 \pm 0.026	0.489 \pm 0.035	0.364 \pm 0.048	0.187 \pm 0.048	0.141 \pm 0.043	0.362 \pm 0.035	0.871 \pm 0.008	0.987 \pm 0.002	1	0.255 \pm 0.037
15	-0.856 \pm 0.009	-0.825 \pm 0.012	-0.612 \pm 0.019	-0.473 \pm 0.023	-0.338 \pm 0.027	-0.154 \pm 0.031	0.142 \pm 0.034	0.56 \pm 0.026	0.867 \pm 0.011	0.973 \pm 0.005	0.982 \pm 0.005	0.629 \pm 0.032	0.15 \pm 0.043	0.255 \pm 0.037	1

Anexo 16 - Correlações genéticas médias (\pm PSD) estimadas entre as diferentes idades (1 a 15 anos) do grupo de descarte por saúde

Idade	Saúde														
	Média \pm PSD														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	0.28 \pm 0.022	-0.03 \pm 0.021	-0.181 \pm 0.019	-0.3 \pm 0.017	-0.419 \pm 0.015	-0.541 \pm 0.012	-0.65 \pm 0.011	-0.717 \pm 0.013	-0.745 \pm 0.016	-0.757 \pm 0.017	-0.693 \pm 0.018	-0.562 \pm 0.026	-0.738 \pm 0.02	-0.869 \pm 0.012
2	0.28 \pm 0.022	1	0.949 \pm 0.002	0.882 \pm 0.005	0.797 \pm 0.01	0.668 \pm 0.016	0.466 \pm 0.024	0.172 \pm 0.032	-0.182 \pm 0.032	-0.527 \pm 0.024	-0.795 \pm 0.011	-0.776 \pm 0.013	-0.407 \pm 0.034	-0.295 \pm 0.032	-0.604 \pm 0.019
3	-0.03 \pm 0.021	0.949 \pm 0.002	1	0.985 \pm 0.001	0.942 \pm 0.004	0.855 \pm 0.01	0.694 \pm 0.019	0.432 \pm 0.03	0.087 \pm 0.036	-0.27 \pm 0.032	-0.567 \pm 0.019	-0.609 \pm 0.014	-0.294 \pm 0.032	-0.113 \pm 0.03	-0.328 \pm 0.025
4	-0.181 \pm 0.019	0.882 \pm 0.005	0.985 \pm 0.001	1	0.986 \pm 0.001	0.931 \pm 0.005	0.805 \pm 0.014	0.577 \pm 0.026	0.254 \pm 0.035	-0.1 \pm 0.034	-0.417 \pm 0.023	-0.522 \pm 0.015	-0.269 \pm 0.03	-0.056 \pm 0.028	-0.161 \pm 0.027
5	-0.3 \pm 0.017	0.797 \pm 0.01	0.942 \pm 0.004	0.986 \pm 0.001	1	0.979 \pm 0.002	0.894 \pm 0.008	0.706 \pm 0.019	0.414 \pm 0.031	0.069 \pm 0.035	-0.268 \pm 0.026	-0.448 \pm 0.016	-0.272 \pm 0.029	-0.035 \pm 0.027	-0.003 \pm 0.028
6	-0.419 \pm 0.015	0.668 \pm 0.016	0.855 \pm 0.01	0.931 \pm 0.005	0.979 \pm 0.002	1	0.966 \pm 0.003	0.835 \pm 0.012	0.59 \pm 0.024	0.267 \pm 0.032	-0.087 \pm 0.028	-0.356 \pm 0.017	-0.284 \pm 0.028	-0.027 \pm 0.027	0.178 \pm 0.027
7	-0.541 \pm 0.012	0.466 \pm 0.024	0.694 \pm 0.019	0.805 \pm 0.014	0.894 \pm 0.008	0.966 \pm 0.003	1	0.949 \pm 0.004	0.777 \pm 0.015	0.502 \pm 0.026	0.147 \pm 0.028	-0.222 \pm 0.02	-0.286 \pm 0.028	-0.019 \pm 0.03	0.397 \pm 0.024
8	-0.65 \pm 0.011	0.172 \pm 0.032	0.432 \pm 0.03	0.577 \pm 0.026	0.706 \pm 0.019	0.835 \pm 0.012	0.949 \pm 0.004	1	0.936 \pm 0.005	0.746 \pm 0.016	0.426 \pm 0.024	-0.028 \pm 0.023	-0.25 \pm 0.032	0.004 \pm 0.034	0.632 \pm 0.018
9	-0.717 \pm 0.013	-0.182 \pm 0.032	0.087 \pm 0.036	0.254 \pm 0.035	0.414 \pm 0.031	0.59 \pm 0.024	0.777 \pm 0.015	0.936 \pm 0.005	1	0.931 \pm 0.005	0.697 \pm 0.015	0.219 \pm 0.027	-0.146 \pm 0.039	0.065 \pm 0.04	0.832 \pm 0.011
10	-0.745 \pm 0.016	-0.527 \pm 0.024	-0.27 \pm 0.032	-0.1 \pm 0.034	0.069 \pm 0.035	0.267 \pm 0.032	0.502 \pm 0.026	0.746 \pm 0.016	0.931 \pm 0.005	1	0.904 \pm 0.005	0.497 \pm 0.026	0.054 \pm 0.044	0.196 \pm 0.044	0.951 \pm 0.006
11	-0.757 \pm 0.017	-0.795 \pm 0.011	-0.567 \pm 0.019	-0.417 \pm 0.023	-0.268 \pm 0.026	-0.087 \pm 0.028	0.147 \pm 0.028	0.426 \pm 0.024	0.697 \pm 0.015	0.904 \pm 0.005	1	0.805 \pm 0.015	0.399 \pm 0.039	0.457 \pm 0.038	0.959 \pm 0.006
12	-0.693 \pm 0.018	-0.776 \pm 0.013	-0.609 \pm 0.014	-0.522 \pm 0.015	-0.448 \pm 0.016	-0.356 \pm 0.017	-0.222 \pm 0.02	-0.028 \pm 0.023	0.219 \pm 0.027	0.497 \pm 0.026	0.805 \pm 0.015	1	0.851 \pm 0.011	0.825 \pm 0.015	0.71 \pm 0.023
13	-0.562 \pm 0.026	-0.407 \pm 0.034	-0.294 \pm 0.032	-0.269 \pm 0.03	-0.272 \pm 0.029	-0.284 \pm 0.028	-0.286 \pm 0.028	-0.25 \pm 0.032	-0.146 \pm 0.039	0.054 \pm 0.044	0.399 \pm 0.039	0.851 \pm 0.011	1	0.962 \pm 0.003	0.343 \pm 0.042
14	-0.738 \pm 0.02	-0.295 \pm 0.032	-0.113 \pm 0.03	-0.056 \pm 0.028	-0.035 \pm 0.027	-0.027 \pm 0.027	-0.019 \pm 0.03	0.004 \pm 0.034	0.065 \pm 0.04	0.196 \pm 0.044	0.457 \pm 0.038	0.825 \pm 0.015	0.962 \pm 0.003	1	0.473 \pm 0.036
15	-0.869 \pm 0.012	-0.604 \pm 0.019	-0.328 \pm 0.025	-0.161 \pm 0.027	-0.003 \pm 0.028	0.178 \pm 0.027	0.397 \pm 0.024	0.632 \pm 0.018	0.832 \pm 0.011	0.951 \pm 0.006	0.959 \pm 0.006	0.71 \pm 0.023	0.343 \pm 0.042	0.473 \pm 0.036	1

Anexo 17 - Correlações genéticas médias (\pm PSD) estimadas entre as diferentes idades (1 a 15 anos) do grupo de descarte por reprodução

Idade	Reprodução														
	Média \pm PSD														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	0.436 \pm 0.018	0.166 \pm 0.019	0.018 \pm 0.02	-0.111 \pm 0.02	-0.254 \pm 0.019	-0.416 \pm 0.018	-0.571 \pm 0.016	-0.683 \pm 0.015	-0.767 \pm 0.015	-0.877 \pm 0.011	-0.878 \pm 0.013	-0.585 \pm 0.029	-0.69 \pm 0.025	-0.893 \pm 0.009
2	0.436 \pm 0.018	1	0.958 \pm 0.002	0.897 \pm 0.005	0.812 \pm 0.009	0.673 \pm 0.016	0.443 \pm 0.025	0.117 \pm 0.031	-0.233 \pm 0.03	-0.525 \pm 0.023	-0.726 \pm 0.013	-0.592 \pm 0.017	-0.108 \pm 0.034	-0.065 \pm 0.032	-0.681 \pm 0.019
3	0.166 \pm 0.019	0.958 \pm 0.002	1	0.985 \pm 0.001	0.94 \pm 0.004	0.842 \pm 0.01	0.652 \pm 0.02	0.352 \pm 0.031	0.005 \pm 0.035	-0.297 \pm 0.03	-0.503 \pm 0.021	-0.402 \pm 0.018	0.012 \pm 0.032	0.099 \pm 0.029	-0.448 \pm 0.026
4	0.018 \pm 0.02	0.897 \pm 0.005	0.985 \pm 0.001	1	0.984 \pm 0.001	0.92 \pm 0.006	0.768 \pm 0.015	0.501 \pm 0.027	0.17 \pm 0.034	-0.131 \pm 0.033	-0.35 \pm 0.024	-0.309 \pm 0.018	0.03 \pm 0.031	0.143 \pm 0.027	-0.29 \pm 0.029
5	-0.111 \pm 0.02	0.812 \pm 0.009	0.94 \pm 0.004	0.984 \pm 0.001	1 \pm 0	0.975 \pm 0.002	0.869 \pm 0.009	0.645 \pm 0.021	0.342 \pm 0.032	0.046 \pm 0.034	-0.191 \pm 0.027	-0.236 \pm 0.019	0.007 \pm 0.031	0.145 \pm 0.027	-0.129 \pm 0.031
6	-0.254 \pm 0.019	0.673 \pm 0.016	0.842 \pm 0.01	0.92 \pm 0.006	0.975 \pm 0.002	1	0.957 \pm 0.003	0.799 \pm 0.013	0.542 \pm 0.026	0.264 \pm 0.032	0.01 \pm 0.028	-0.152 \pm 0.02	-0.041 \pm 0.031	0.121 \pm 0.028	0.071 \pm 0.031
7	-0.416 \pm 0.018	0.443 \pm 0.025	0.652 \pm 0.02	0.768 \pm 0.015	0.869 \pm 0.009	0.957 \pm 0.003	1	0.939 \pm 0.004	0.761 \pm 0.015	0.527 \pm 0.025	0.267 \pm 0.026	-0.036 \pm 0.023	-0.107 \pm 0.034	0.075 \pm 0.032	0.322 \pm 0.029
8	-0.571 \pm 0.016	0.117 \pm 0.031	0.352 \pm 0.031	0.501 \pm 0.027	0.645 \pm 0.021	0.799 \pm 0.013	0.939 \pm 0.004	1	0.938 \pm 0.004	0.783 \pm 0.014	0.549 \pm 0.02	0.117 \pm 0.026	-0.161 \pm 0.039	0.023 \pm 0.039	0.591 \pm 0.021
9	-0.683 \pm 0.015	-0.233 \pm 0.03	0.005 \pm 0.035	0.17 \pm 0.034	0.342 \pm 0.032	0.542 \pm 0.026	0.761 \pm 0.015	0.938 \pm 0.004	1	0.949 \pm 0.003	0.78 \pm 0.011	0.289 \pm 0.029	-0.161 \pm 0.044	0.004 \pm 0.045	0.804 \pm 0.012
10	-0.767 \pm 0.015	-0.525 \pm 0.023	-0.297 \pm 0.03	-0.131 \pm 0.033	0.046 \pm 0.034	0.264 \pm 0.032	0.527 \pm 0.025	0.783 \pm 0.014	0.949 \pm 0.003	1	0.928 \pm 0.004	0.479 \pm 0.029	-0.061 \pm 0.049	0.07 \pm 0.05	0.934 \pm 0.007
11	-0.877 \pm 0.011	-0.726 \pm 0.013	-0.503 \pm 0.021	-0.35 \pm 0.024	-0.191 \pm 0.027	0.01 \pm 0.028	0.267 \pm 0.026	0.549 \pm 0.02	0.78 \pm 0.011	0.928 \pm 0.004	1	0.749 \pm 0.02	0.23 \pm 0.048	0.317 \pm 0.048	0.991 \pm 0.003
12	-0.878 \pm 0.013	-0.592 \pm 0.017	-0.402 \pm 0.018	-0.309 \pm 0.018	-0.236 \pm 0.019	-0.152 \pm 0.02	-0.036 \pm 0.023	0.117 \pm 0.026	0.289 \pm 0.029	0.479 \pm 0.029	0.749 \pm 0.02	1	0.804 \pm 0.015	0.822 \pm 0.016	0.738 \pm 0.024
13	-0.585 \pm 0.029	-0.108 \pm 0.034	0.012 \pm 0.032	0.03 \pm 0.031	0.007 \pm 0.031	-0.041 \pm 0.031	-0.107 \pm 0.034	-0.161 \pm 0.039	-0.161 \pm 0.044	-0.061 \pm 0.049	0.23 \pm 0.048	0.804 \pm 0.015	1	0.981 \pm 0.002	0.235 \pm 0.046
14	-0.69 \pm 0.025	-0.065 \pm 0.032	0.099 \pm 0.029	0.143 \pm 0.027	0.145 \pm 0.027	0.121 \pm 0.028	0.075 \pm 0.032	0.023 \pm 0.039	0.004 \pm 0.045	0.07 \pm 0.05	0.317 \pm 0.048	0.822 \pm 0.016	0.981 \pm 0.002	1	0.336 \pm 0.043
15	-0.893 \pm 0.009	-0.681 \pm 0.019	-0.448 \pm 0.026	-0.29 \pm 0.029	-0.129 \pm 0.031	0.071 \pm 0.031	0.322 \pm 0.029	0.591 \pm 0.021	0.804 \pm 0.012	0.934 \pm 0.007	0.991 \pm 0.003	0.738 \pm 0.024	0.235 \pm 0.046	0.336 \pm 0.043	1

Anexo 18 - Correlações genéticas médias (\pm PSD) estimadas entre as diferentes idades (1 a 15 anos) do grupo de descarte por motivo desconhecido

Idade	Desconhecido														
	Média \pm PSD														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	0.395 \pm 0.017	0.13 \pm 0.019	-0.005 \pm 0.019	-0.118 \pm 0.019	-0.243 \pm 0.019	-0.393 \pm 0.018	-0.554 \pm 0.016	-0.681 \pm 0.013	-0.772 \pm 0.012	-0.893 \pm 0.008	-0.891 \pm 0.011	-0.59 \pm 0.029	-0.68 \pm 0.024	-0.881 \pm 0.01
2	0.395 \pm 0.017	1	0.961 \pm 0.001	0.909 \pm 0.004	0.84 \pm 0.007	0.729 \pm 0.012	0.535 \pm 0.02	0.224 \pm 0.028	-0.155 \pm 0.027	-0.482 \pm 0.02	-0.679 \pm 0.013	-0.468 \pm 0.016	0.032 \pm 0.029	0.069 \pm 0.027	-0.674 \pm 0.016
3	0.13 \pm 0.019	0.961 \pm 0.001	1	0.988 \pm 0.001	0.953 \pm 0.003	0.878 \pm 0.007	0.722 \pm 0.016	0.443 \pm 0.026	0.074 \pm 0.03	-0.258 \pm 0.026	-0.453 \pm 0.019	-0.264 \pm 0.016	0.167 \pm 0.025	0.241 \pm 0.023	-0.449 \pm 0.021
4	-0.005 \pm 0.019	0.909 \pm 0.004	0.988 \pm 0.001	1	0.988 \pm 0.001	0.94 \pm 0.004	0.816 \pm 0.011	0.569 \pm 0.022	0.221 \pm 0.029	-0.108 \pm 0.027	-0.313 \pm 0.021	-0.175 \pm 0.017	0.191 \pm 0.024	0.286 \pm 0.022	-0.308 \pm 0.023
5	-0.118 \pm 0.019	0.84 \pm 0.007	0.953 \pm 0.003	0.988 \pm 0.001	1	0.981 \pm 0.001	0.895 \pm 0.007	0.688 \pm 0.017	0.367 \pm 0.026	0.045 \pm 0.028	-0.175 \pm 0.023	-0.114 \pm 0.018	0.175 \pm 0.024	0.291 \pm 0.022	-0.169 \pm 0.025
6	-0.243 \pm 0.019	0.729 \pm 0.012	0.878 \pm 0.007	0.94 \pm 0.004	0.981 \pm 0.001	1	0.964 \pm 0.002	0.816 \pm 0.01	0.54 \pm 0.021	0.235 \pm 0.027	-0.004 \pm 0.025	-0.052 \pm 0.019	0.129 \pm 0.026	0.266 \pm 0.023	0.004 \pm 0.027
7	-0.393 \pm 0.018	0.535 \pm 0.02	0.722 \pm 0.016	0.816 \pm 0.011	0.895 \pm 0.007	0.964 \pm 0.002	1	0.939 \pm 0.004	0.743 \pm 0.013	0.479 \pm 0.023	0.227 \pm 0.024	0.031 \pm 0.023	0.052 \pm 0.031	0.211 \pm 0.027	0.237 \pm 0.027
8	-0.554 \pm 0.016	0.224 \pm 0.028	0.443 \pm 0.026	0.569 \pm 0.022	0.688 \pm 0.017	0.816 \pm 0.01	0.939 \pm 0.004	1	0.927 \pm 0.004	0.745 \pm 0.014	0.507 \pm 0.02	0.145 \pm 0.027	-0.042 \pm 0.037	0.128 \pm 0.034	0.519 \pm 0.023
9	-0.681 \pm 0.013	-0.155 \pm 0.027	0.074 \pm 0.03	0.221 \pm 0.029	0.367 \pm 0.026	0.54 \pm 0.021	0.743 \pm 0.013	0.927 \pm 0.004	1	0.939 \pm 0.004	0.76 \pm 0.011	0.286 \pm 0.03	-0.102 \pm 0.043	0.057 \pm 0.04	0.77 \pm 0.014
10	-0.772 \pm 0.012	-0.482 \pm 0.02	-0.258 \pm 0.026	-0.108 \pm 0.027	0.045 \pm 0.028	0.235 \pm 0.027	0.479 \pm 0.023	0.745 \pm 0.014	0.939 \pm 0.004	1	0.923 \pm 0.004	0.458 \pm 0.03	-0.051 \pm 0.047	0.076 \pm 0.044	0.928 \pm 0.008
11	-0.893 \pm 0.008	-0.679 \pm 0.013	-0.453 \pm 0.019	-0.313 \pm 0.021	-0.175 \pm 0.023	-0.004 \pm 0.025	0.227 \pm 0.024	0.507 \pm 0.02	0.76 \pm 0.011	0.923 \pm 0.004	1	0.73 \pm 0.021	0.225 \pm 0.044	0.308 \pm 0.042	0.992 \pm 0.003
12	-0.891 \pm 0.011	-0.468 \pm 0.016	-0.264 \pm 0.016	-0.175 \pm 0.017	-0.114 \pm 0.018	-0.052 \pm 0.019	0.031 \pm 0.023	0.145 \pm 0.027	0.286 \pm 0.03	0.458 \pm 0.03	0.73 \pm 0.021	1	0.816 \pm 0.011	0.832 \pm 0.012	0.702 \pm 0.03
13	-0.59 \pm 0.029	0.032 \pm 0.029	0.167 \pm 0.025	0.191 \pm 0.024	0.175 \pm 0.024	0.129 \pm 0.026	0.052 \pm 0.031	-0.042 \pm 0.037	-0.102 \pm 0.043	-0.051 \pm 0.047	0.225 \pm 0.044	0.816 \pm 0.011	1	0.984 \pm 0.002	0.196 \pm 0.05
14	-0.68 \pm 0.024	0.069 \pm 0.027	0.241 \pm 0.023	0.286 \pm 0.022	0.291 \pm 0.022	0.266 \pm 0.023	0.211 \pm 0.027	0.128 \pm 0.034	0.057 \pm 0.04	0.076 \pm 0.044	0.308 \pm 0.042	0.832 \pm 0.012	0.984 \pm 0.002	1	0.287 \pm 0.043
15	-0.881 \pm 0.01	-0.674 \pm 0.016	-0.449 \pm 0.021	-0.308 \pm 0.023	-0.169 \pm 0.025	0.004 \pm 0.027	0.237 \pm 0.027	0.519 \pm 0.023	0.77 \pm 0.014	0.928 \pm 0.008	0.992 \pm 0.003	0.702 \pm 0.03	0.196 \pm 0.05	0.287 \pm 0.043	1