



Instituto Politécnico
de Castelo Branco
Escola Superior
Agrária



Depressão consanguínea em caracteres produtivos em bovinos da raça Limousine em Portugal (1990-2018)

Helena Catarina Vaz Ferreira

Orientadores

José Pedro Pestana Fragoso de Almeida

Renato Nuno Pimentel Carolino

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Zootécnica, realizada sob a orientação científica do Professor Coordenador Doutor José Pedro Pestana Fragoso de Almeida, do Instituto Politécnico de Castelo Branco e do Investigador Auxiliar Doutor Renato Nuno Pimentel Carolino, Unidade Estratégica de Investigação e Serviços de Biotecnologia e Recursos Genéticos - Polo de Investigação da Fonte Boa do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.

Fevereiro de 2019

Composição do júri

Presidente do júri

Doutor Celestino António Morais de Almeida

Vogais

Doutor José Pedro Pestana Fragoso de Almeida

Professor Coordenador da Escola Superior Agrária de Castelo Branco

Doutor Renato Nuno Pimentel Carolino

Investigador Auxiliar do INIAV

Doutor António Manuel Moitinho Nogueira Rodrigues

Professor Coordenador da Escola Superior Agrária de Castelo Branco

Doutor António Pedro Andrade Vicente

Professor Adjunto da Escola Superior Agrária de Santarém

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais por sempre me apoiarem nas decisões que tive de tomar ao longo da minha vida e por sempre me proporcionarem o melhor e fazerem de mim a pessoa que sou hoje.

Um agradecimento especial ao professor Fragoso por me ter transmitido o gosto pela genética e melhoramento animal, pelos seus ensinamentos, apoio e paciência que sempre demonstrou durante grande parte do meu percurso académico nesta instituição.

Agradeço à Associação Portuguesa de Criadores Limousine e aos criadores pois sem eles este trabalho não teria sido possível.

Um agradecimento particular ao Doutor Nuno Carolino, por me ter recebido de braços abertos no INIAV e por toda a orientação e ensinamentos partilhados durante a execução deste trabalho.

Por fim, mas não menos importante, agradeço ao João, por ser o meu porto de abrigo, e à Telma, a minha companheira de jornada que aceitou iniciar este percurso comigo e que sem ela teria sido tudo bem mais penoso!

Agradeço ainda a todos aqueles que não mencionei, mas que de uma maneira ou de outra moldaram a minha vida para que conseguisse alcançar esta etapa tão importante.

Resumo

A raça Limousine é originária da França e está presente em Portugal desde meados do século XX. Atualmente, encontra-se perfeitamente estabelecida em Portugal e conta com um efetivo de mais de 4 000 fêmeas reprodutoras em controlo de performance. É explorada por todo o território continental e ilhas, tanto em linha pura como para cruzamentos com outras raças (autóctones e exóticas). Este trabalho teve como objetivo avaliar a depressão consanguínea em caracteres produtivos nos bovinos da raça Limousine em Portugal.

A análise realizou-se a partir de uma base de dados com 134 549 registos de genealogias, que incluem registos de morfologia, produção, reprodução e comportamento. Foram estimados os valores genéticos e efeitos fixos para os caracteres incluídos anualmente na avaliação genética e, para além destes, foram ainda estimados os parâmetros genéticos, valores genéticos e efeitos fixos para a idade ao 1º parto (ID1P), a longevidade produtiva (LP) e o peso aos 120 dias de idade (P120). As estimativas efetuaram-se por máxima verosimilhança restrita, com recurso ao software MTDFREML e por BLUP – Modelo Animal. As performances produtivas estudadas, foram afetadas pelos efeitos fixos, nomeadamente exploração*ano, idade da vaca no momento do parto, sexo do vitelo e mês de nascimento do vitelo.

A consanguinidade média estimada para os bovinos da raça Limousine em Portugal nascidos entre 2013 - 2018 foi de 1,5%. O peso aos nascimento (PN), o P120 e o peso aos 210 dias (P210) mostraram ser afetados negativamente pela consanguinidade. O PN sofreu um decréscimo de 0,013 Kg e 0,009 Kg por cada 1% de consanguinidade individual e materna, respetivamente. Para o P120 verificou-se um decréscimo, por cada 1% de consanguinidade individual e materna, de 0,432 Kg e 0,289 Kg, respetivamente. Para o P210 verificou-se um decréscimo por cada 1 % de consanguinidade individual e materna de 0,684 Kg e 0,390 Kg, respetivamente. Os caracteres de conformação também são afetados negativamente pela consanguinidade, tendo sido o Desenvolvimento Muscular (DM) o carater mais afetado (-0,93 pontos por 1% de consanguinidade). A Aptidão Funcional (AF), por cada 1% de consanguinidade, sofreu um decréscimo de 0,045 pontos e o Desenvolvimento Esquelético uma redução de 0,008 pontos. Para a Condição de Nascimento (CondNasc) verificou-se um antagonismo, ainda que pouco significativo, entre os efeitos da consanguinidade individual e materna. O intervalo entre partos (IntP) foi afetado desfavoravelmente pela consanguinidade, em média, +1,02 dias. A LP foi comprometida em -0,23 dias por cada 1% de consanguinidade e a ID1P é atrasada em 0,07 dias. O temperamento (TE) não é significativamente influenciado pela consanguinidade.

Em suma, com este trabalho, foi possível concluir que, mesmo com valores de consanguinidade reduzidos, os seus efeitos nos caracteres estudados foram evidentes.

Palavras chave

Bovinos de carne; BLUP; Consanguinidade; MTDFREML.

Abstract

The Limousine cattle breed is originally from France and has been used in Portugal since the middle of the twentieth century. Today, it is perfectly established in Portugal and has an effective of more than 4 000 females in performance control. It is exploited throughout the continental territory and islands, both in pure line and for crossbreed (both autochthonous and exotic breeds). This study aimed to evaluate the inbreeding depression in productive traits in the Limousine cattle breed in Portugal.

The analysis was carried out from a database with 134 549 pedigree records, which included records of morphology, production, reproduction and behavior. Genetic values and fixed effects for the traits included in the annual genetic evaluation and genetic parameters, genetic values and fixed effects for age at first calving, longevity and weight at 120 days, were estimated. Those estimations were made using the BLUP - Animal Model, by maximum restricted likelihood, using the MTDFREML. The productive performances studied were affected by the fixed effects, such as, breeder * cow's age at calving, calf 's sex and calf's birth month.

The average inbreeding for Limousine cattle in Portugal born in the last 5 years was 1,5%. Birth weight, weight at 120 days and weight at 210 days were negatively affected by inbreeding. The birth weight suffered a decrease of 0,013 kg and 0,009 kg per 1% increase in individual and maternal inbreeding, respectively. For weight at 120 days, there was a decrease, per 1% increase in individual and maternal inbreeding, of 0,432 kg and 0,289 kg, respectively. For weight at 210 days, there was a decrease per 1% increase of individual and maternal inbreeding of 0,684 kg and 0,390 kg, respectively. Conformation traits are also negatively affected by inbreeding, with muscle development being the most affected trait (-0,93 points per 1% increase in inbreeding), locomotion per 1% increase in inbreeding, suffered a decrease of 0,045 points and the skeletal development a reduction of 0,008 points. The calving ease showed an antagonism, although insignificant, between the effects of individual and maternal inbreeding. Calving interval was unfavorably affected by increasing of inbreeding of +1,02 days. Longevity is compromised at -0,23 days per 1% increase in inbreeding and age at first calving is delayed by 0,07 days. Temperament is not significantly affected by inbreeding.

In conclusion, with this work, it was possible to conclude that, even with reduced consanguinity values, its effects on the characters studied were evident.

Keywords

Beef cattle; BLUP; Inbreeding; MTDFREML.

Índice geral

Resumo.....	VII
Abstract.....	IX
Índice de figuras	XIII
Índice de símbolos	XV
Lista de tabelas.....	XVII
Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos.....	XIX
CAPÍTULO I - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ENQUADRAMENTO	1
1. Introdução	1
2. Raça Bovina Limousine em Portugal.....	4
2.1. Características Morfológicas da Raça	4
2.2. Efetivo e Características Reprodutivas, Produtivas e Temperamentais.....	5
2.3. Registos Genealógicos, Reprodutivos e Produtivos	10
2.4. Avaliação Morfológica e Comportamental.....	11
2.5. Programa de Melhoramento da Raça Limousine	13
3. Estimativas do Valor Genético	18
4. Os Programas de Melhoramento Genético e a Depressão Consanguínea ..	20
CAPÍTULO II - COMPONENTE PRÁTICA	27
1. Objetivos	27
2. Material e Métodos	27
2.1. Efetivo Animal.....	27
2.2. Carateres Estudados e Metodologias de Análise.....	28
2.2.1. Carateres Produtivos	30
2.2.2. Carateres Reprodutivos	31
2.2.3. Características Morfológicas e Temperamento	32
2.3. Consanguinidade e depressão da consanguinidade.....	33
3. Resultados e Discussão	34
3.1. Estatísticas Descritivas e Efeitos Fixos	34
3.2. Parâmetros Genéticos.....	40
3.3. Depressão Consanguínea.....	42
4. Conclusões	47

Referências Bibliográficas.....	49
Anexos	55

Índice de figuras

Figura 1 - Região de Limoges – França.....	1
Figura 2 - Distribuição da raça Limousine no mundo.	1
Figura 3 - Mapa representativo da distribuição das explorações sujeitas a controlo de performance.....	2
Figura 4 - Macho (A) e fêmea (B) da raça Limousine (APCRBL, 2018b).....	4
Figura 5 - Distribuição dos nascimentos ao longo do ano de 2014.....	5
Figura 6 - Número de machos e fêmeas nascidos por ano, no período de 1990-2018.	28
Figura 7 - Efeito da idade da vaca ao 1º parto na longevidade produtiva.....	36
Figura 8 - Efeito da idade da vaca nos pesos (A), na conformação (B) e na condição de nascimento (C).....	37
Figura 9 - Efeito do mês de nascimento no PN, P120 e P210 (relativamente ao mês de agosto).....	38
Figura 10 - Efeito do mês de nascimento nos caracteres de conformação (relativamente ao mês de março).	39
Figura 11 - Efeito do mês de nascimento no IntP (A) e CondNasc (B) (relativamente ao mês de junho).....	40
Figura 12 - Evolução da consanguinidade média entre 1990-2018.....	43

Índice de símbolos

μ Média

♂ Macho

♀ Fêmea

Lista de tabelas

Tabela 1 – Valores médios dos parâmetros técnicos das fêmeas controladas e certificadas ao desmame em 2014.....	6
Tabela 2 – Valores médios dos parâmetros técnicos dos machos controlados e certificados ao desmame em 2014.....	6
Tabela 3 - Características produtivas, reprodutivas e temperamento da raça Limousine.	7
Tabela 4 - Comparação produtiva da raça Limousine com outras raças exóticas, em França.....	9
Tabela 5 - Comparação produtiva da raça Limousine com raças autóctones, valores obtidos em Portugal.....	9
Tabela 6 - Parâmetros genéticos utilizados na Avaliação Genética de 2018, para Peso ao nascimento (PN), Peso aos 210 dias (P210), Desenvolvimento muscular (DM), Desenvolvimento esquelético (DE), Aptidão Funcional (AF), Temperamento (TE) e Intervalo entre Partos consecutivos (IntP).	17
Tabela 7 - Informação recolhida em bovinos de carne (Gama, 2002).....	21
Tabela 8 - Depressão consanguínea (variação em unidades/1% aumento de F), para diferentes caracteres em bovinos de carne..	25
Tabela 9 - Carateres avaliados e número de registos incluídos nas análises (1990-2018).	28
Tabela 10 – Componentes incluídos nos modelos de estimativa dos parâmetros genéticos calculados para a idade ao 1º parto (ID1P), longevidade produtiva (LP) e peso aos 120 dias (P120).....	29
Tabela 11 - Estatísticas descritivas para os caracteres analisados.....	34
Tabela 12 – Efeito da exploração e do ano de parto e nascimento nos caracteres produtivos, reprodutivos e conformação e temperamento.	35
Figura 7 - Efeito da idade da vaca ao 1º parto na longevidade produtiva.....	36
Figura 9 - Efeito do mês de nascimento no PN, P120 e P210 (relativamente ao mês de agosto).....	38
Tabela 13 - Parâmetros genéticos do peso aos 120 dias (P120), longevidade produtiva (LP) e idade ao 1º parto (ID1P).....	41
Tabela 14 - Depressão consanguínea (DepConsang) em unidade/1% F, nos caracteres analisados: Peso ao nascimento (PN), Peso normalizado aos 120 e 210 dias (P120 e P210), Intervalo entre partos (IntP), Idade ao 1º parto (ID1P), Longevidade produtiva (LP), Condição de nascimento (CN), Aptidão funcional (AF), Desenvolvimentos muscular e esquelético (DM e DS) e Temperamento (TE).....	44

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

AF	Aptidão Funcional
APCRBL	Associação Portuguesa de Criadores da Raça Bovina Limousine
BLUP	Best Linear Unbiased Prediction
CondNasc	Condição de Nascimento
Cov _{am}	Covariância entre efeitos diretos e maternos
CP	Controlo de Performance
DE	Desenvolvimento Esquelético
DM	Desenvolvimento Muscular
EUROLIM	Federação Europeia das Associações de Criadores da Raça Limousine
F	Consanguinidade
Fi	Consanguinidade individual
Fm	Consanguinidade materna
GMD	Ganho Médio Diário
h ²	Heritabilidade
h ² _{am}	Heritabilidade materna
HBL	Herd-Book da raça Limousine
IC	Índice de Conversão
Id1P	Idade ao 1º Parto
IntP	Intervalo entre Partos
LP	Longevidade Produtiva
MTDFREML	Multiple Trait Derivate-Free Restricted Maximum Likelihood
P120	Peso aos 120 dias de idade
P210	Peso aos 210 dias de idade
PN	Peso ao Nascimento
r _a	Correlações genéticas
r _{am}	Correlação entre efeitos diretos e maternos
r _e	Correlações ambientais
r _e	Repetibilidade
r _p	Correlações fenotípicas
TE	Temperamento

V_a	Variância genética aditiva
V_e	Variância residual
V_m	Variância maternal
V_p	Variância fenotípica

CAPÍTULO I - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E ENQUADRAMENTO

1. Introdução

A raça bovina Limousine é utilizada na produção de carne, tendo sido introduzida em Portugal em meados do século XX proveniente da região de Limoges, no sul de França (Figura 1) (France Limousin Selection, 2018).



Figura 1 - Região de Limoges - França.

Originalmente era uma raça destinada ao “trabalho”, devido às características de força e resistência, associadas à docilidade e rusticidade. Com o desenvolvimento e disseminação da mecanização agrícola, esta raça começou a integrar programas de seleção de reprodutores para melhorar índices de crescimento e percentagem de músculo. Atualmente é uma raça disseminada não só na Europa, mas também em todo o mundo, como animal melhorador de características de interesse económico como: características produtivas, índice de conversão, adaptabilidade ao meio, docilidade, facilidade de parto, produção de leite e características maternas (APCRBL, 2018a).

A raça Limousine é uma raça com elevada capacidade de adaptação, o que permite que seja explorada em mais de 80 países em todo o mundo (Figura 2) (France Limousin Selection, 2018).

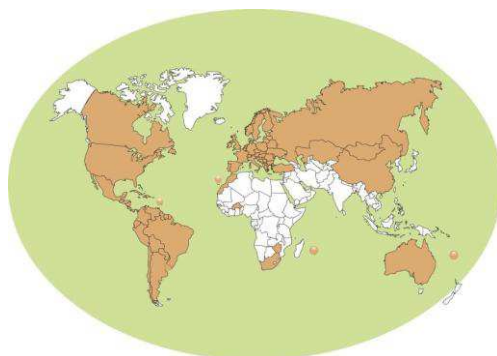


Figura 2 - Distribuição da raça Limousine no mundo (France Limousin Selection, 2018).

Relativamente a Portugal, como mostra a Figura 3, a raça Limousine é explorada em todo o território nacional, com maior destaque para a zona do Alentejo. Segundo a Associação Portuguesa de Criadores da Raça Bovina Limousine (APCRBL), o efetivo atual supera as 4 000 fêmeas reprodutoras.

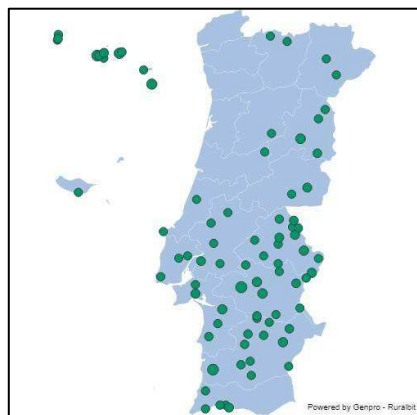


Figura 3 - Mapa representativo da distribuição das explorações sujeitas a controlo de performance (APCRBL, 2018a).

O Herd-Book da raça Limousin (HBL) foi criado em França em 1886 (France Limousin Selection, 2018), sendo instituído o seu congénere em Portugal em 1982, para o efetivo nacional, pela Direção Geral de Pecuária (DGP) (APCRBL, 2018a).

A APCRBL foi registada a 13 de novembro de 1989, tendo-lhe sido concessionada a gestão do HBL pelo Estado Português. Numa fase inicial, a APCRBL limitou-se a dar continuidade à gestão do Livro Genealógico da raça Limousine em Portugal. Em janeiro de 1994 foi elaborado e aprovado um novo Regulamento Técnico, onde foram adotadas as regras básicas em vigor no país de origem da raça e pela EUROLIM – Federação Europeia das Associações de Criadores da Raça Limousine. Uma das principais inovações foi dar início ao controlo de performances dos vitelos, em exploração, nos criadores “selecionadores”, com pesagens trimestrais e avaliação morfológica por pontuação ao desmame.

A avaliação morfológica tem por objetivo descrever a morfologia dos animais, tendo em consideração os valores obtidos por “pontuação” ao desmame em conjunto com os pesos normalizados e corrigidos aos 120 e 210 dias de idade. A avaliação morfológica, através de um sistema de pontuação, permite classificar os animais em relação aos desenvolvimentos muscular, esquelético e aptidão funcional. Para além destes parâmetros, são também avaliadas “qualidades raciais”, ou seja, a conformidade do animal com o standard da raça, em termos de morfologia, pelagem e harmonia. São também avaliadas e pontuadas características como estado corporal, profundidade e largura do peito, largura de trocânteres e ísquions, ligação de espáduas, comprimento da nádega e grossura das canelas. Estas características apesar de não contribuírem diretamente para as notas principais, permitem uma caracterização mais exata e correta dos animais (APCRBL, 2018a).

Segundo a APCRBL (2018a), a certificação de animais pelo HBL garante a “pureza étnica”, qualidade genética e aptidões funcionais e tem por base os resultados do Controlo de Performance e avaliação morfológica, válidos nos termos do Regulamento.

As perspetivas para a raça Limousine em Portugal são promissoras, no sentido que o equilíbrio entre a componente materna e a componente produtiva que esta raça apresenta, permite-lhe lidar com as mudanças climáticas, com as enormes exigências do mercado e com a globalização do mesmo. A sua notória dispersão por todo o território nacional é sinal do fortalecimento da sua posição no panorama pecuário nacional. Esta dispersão é também resultado não só do aperfeiçoamento da raça Limousine em regiões onde o seu estabelecimento foi feito há mais tempo, mas também pelo contributo de novos criadores que diversificam e enriquecem a “família Limousine” com novas experiências e formas renovadas de ver a raça (Catita, 2015; Catita, 2017; Gomes, 2018).

2. Raça Bovina Limousine em Portugal

2.1. Características Morfológicas da Raça

A raça Limousine é uma raça que se caracteriza pela sua eficiência alimentar, rendimento de carcaça, facilidade de parto, fertilidade e longevidade produtiva (France Limousin Sélection, 2018). Pode ser utilizada tanto em linha pura como em cruzamentos terminais com raças autóctones e com outras raças exóticas (APCRBL, 2018a).

O padrão da raça, ou seja, o conjunto de características fenotípicas que um bovino desta raça deve apresentar, segundo a APCRBL (2018a), consiste: pelagem flava, com ausência de bragas e pigmentação, com tonalidade mais clara nas zonas do ventre, períneo, escroto ou úbere e extremidade da cauda; a cabeça deve ser curta com fronte e focinho largos, de onde se destacam auréolas mais claras em redor dos olhos e focinho; os cornos, quando presentes, devem ser finos e arqueados para a frente e as mucosas rosadas; o pescoço é curto e o peito largo e arredondado; dianteiro bem musculado, lombo largo com costado cheio e nádegas espessas, bem descendidas e arredondadas; bacia larga ao nível dos ísquions e trochanters; linha sacro-coccígea e ancas pouco salientes; unhas e cornos de cor clara, aprumos corretos e couro fino e flexível. Na figura 4, apresentam-se dois exemplares característicos desta raça.

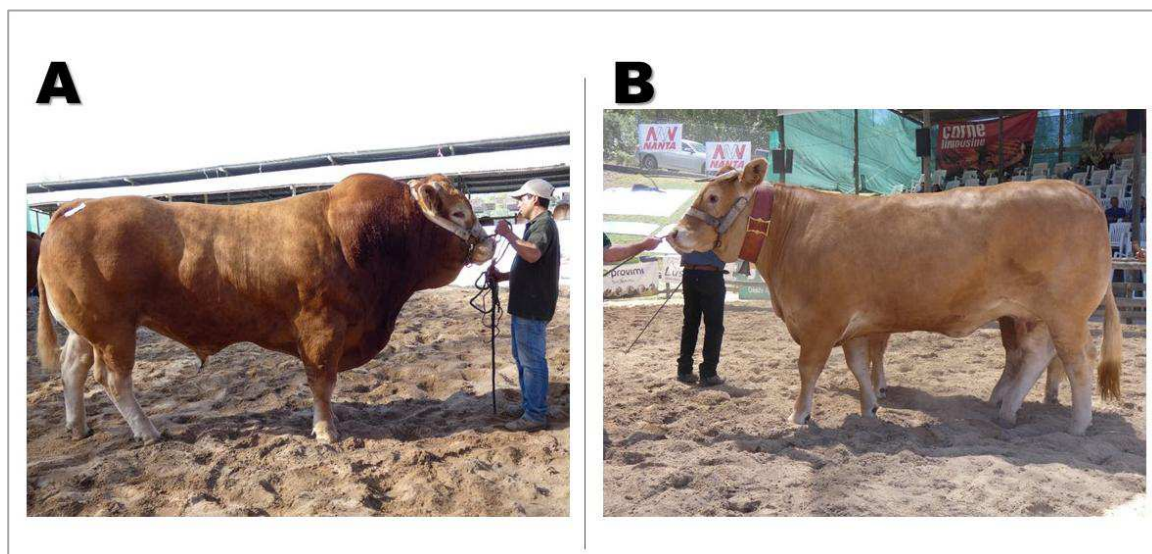


Figura 4 - Macho (A) e fêmea (B) da raça Limousine (APCRBL, 2018b).

Segundo a APCRBL (2018a), podem distinguir-se 3 tipos morfológicos distintos consoante a sua aptidão:

- Tipo “**Elevage**” (esquelético) cujos animais apresentam um desenvolvimento esquelético superior ao desenvolvimento muscular. São animais com crescimento mais tardio e com tendência a serem mais altos.
- Tipo “**Boucherie**” (carne) cujos animais apresentam um desenvolvimento muscular superior ao desenvolvimento esquelético. São animais com um crescimento mais precoce, resultando em animais mais baixos, mas mais corpulentos.
- Tipo “**Mixte**” (misto) cujos animais apresentam um equilíbrio entre o crescimento esquelético e o muscular. É neste tipo que se encontram a maioria dos animais desta raça.

2.2. Efetivo e Características Reprodutivas, Produtivas e Temperamentais

Em 2014 foram registados em Portugal, 3519 nascimentos no livro de nascimentos da raça Limousine (APCRBL, 2018a). Destes, 1732 foram fêmeas (49,2%) e 1787 foram machos (50,8%). A distribuição destes nascimentos está representada na Figura 5.

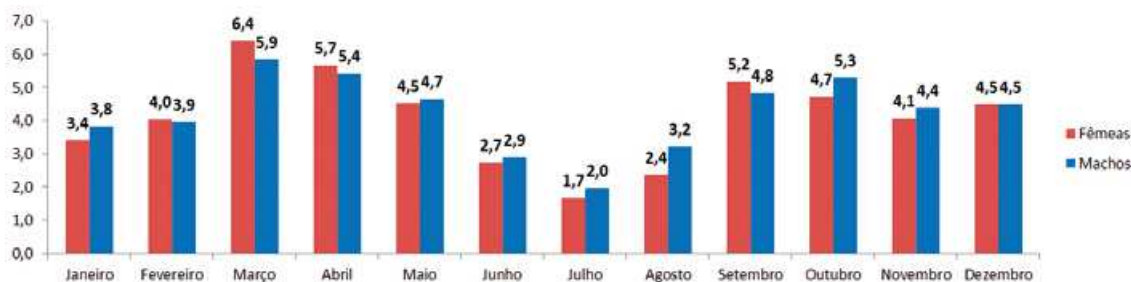


Figura 5 - Distribuição dos nascimentos ao longo do ano de 2014.

Do total de fêmeas nascidas nesse ano, 1 075 foram efetivamente sujeitas a controlo de performances e classificadas com Prata e Bronze. Destas 1 075 fêmeas, 6,8% não obtiveram qualquer certificação, ficando inscritas no livro de nascimentos.

Relativamente ao total de machos nascidos em 2014, 1 036 foram sujeitos a controlo de performance e posteriormente classificados com PRE-Ouro, Prata e Bronze (detalhes desta certificação no ponto 2.5). Destes 1 036, 7,8% não obtiveram qualquer classificação ficando registados no livro de nascimentos da raça.

Nas Tabelas 1 e 2 estão resumidos os valores médios dos parâmetros técnicos registados para fêmeas e machos, respetivamente, em função da classificação dos animais. A forma de obtenção e classificação de cada parâmetro é apresentada nos pontos 2.3 e 2.4.

Tabela 1 - Valores médios dos parâmetros técnicos das fêmeas controladas e certificadas ao desmame em 2014. Peso ao nascimento (PN); Peso aos 120 dias (P120); Peso aos 210 dias (P210); Desenvolvimento muscular (DM); Desenvolvimento esquelético (DE); Aptidão Funcional (AF); Temperamento (TE).

CERTIFICAÇÃO	PN (Kg)	P120 (Kg)	P210 (Kg)	DM (Pts.)	DE (Pts.)	AF (Pts.)	TE (Pts.)
Prata	42,30 (n=838)	167,80 (n=838)	266,00 (n=838)	67,25 (n=838)	65,18 (n=838)	67,12 (n=838)	2,88 (n=838)
	42,07 (n=163)	136,00 (n=163)	213,50 (n=163)	63,87 (n=351)	58,36 (n=351)	59,30 (n=351)	3,19 (n=351)
Livro de Nascimentos	41,40 (n=74)	134,80 (n=74)	198,50 (n=74)	59,63 (n=136)	47,00 (n=136)	51,21 (n=83)	3,11 (n=136)

Os detalhes da avaliação dos parâmetros são descritos nos pontos 2.3 e 2.4.

Tabela 2 - Valores médios dos parâmetros técnicos dos machos controlados e certificados ao desmame em 2014. Peso ao nascimento (PN); Peso aos 120 dias (P120); Peso aos 210 dias (P210); Desenvolvimento muscular (DM); Desenvolvimento esquelético (DE); Aptidão Funcional (AF); Temperamento (TE).

CERTIFICAÇÃO	PN (Kg)	P120(Kg)	P210(Kg)	DM (Pts.)	DE (Pts.)	AF (Pts.)	TE (Pts.)
PRE-Ouro	45,16 (n=475)	191,30 (n=475)	316,10 (n=475)	67,58 (n=475)	77,06 (n=475)	70,93 (n=475)	2,60 (n=475)
	44,12 (n=225)	166,00 (n=225)	270,00 (n=225)	65,11 (n=225)	65,25 (n=225)	65,29 (n=225)	2,97 (n=225)
Bronze	45,62 (n=255)	145,20 (n=255)	231,90 (n=255)	63,40 (n=402)	61,05 (n=402)	59,88 (n=402)	3,19 (n=402)
	44,34 (n=81)	137,40 (n=81)	209,20 (n=81)	60,31 (n=110)	49,42 (n=110)	50,78 (n=110)	3,07 (n=110)
Livro de Nascimentos							

Os detalhes da avaliação dos parâmetros são descritos nos pontos 2.3 e 2.4.

Normalmente os animais nascem com pesos reduzidos, mas quando adultos, atingem pesos elevados. Isto é possível, devido ao rápido desenvolvimento dos vitelos, que atingem Ganhos Médios Diários (GMD) de 1,16 kg até ao desmame de 1,5 kg durante a recria (France Limousin Selection, 2018). Baixos pesos ao nascimento (PN) associados à elevada dimensão da bacia das fêmeas (APCRBL, 2018), permitem uma taxa de partos fáceis elevada (Berrechet et al., 2017).

Na Tabela 3 estão resumidas as qualidades reprodutivas, temperamentais e produtivas, para os bovinos da raça Limousine, referenciadas para França e para Portugal.

São animais dóceis e com capacidade maternal bem desenvolvida, o que resulta numa taxa de sobrevivência dos vitelos até ao desmame bastante elevada (93%). Para além do elevado número de vitelos desmamados, as vacas desta raça possuem uma longevidade produtiva considerável e fertilidade elevada, o que permite um maior rendimento por vaca (mais Kg de carne por fêmea reprodutora).

Tabela 3 - Características produtivas, reprodutivas e temperamento da raça Limousine.

Característica	Desempenho	Origem dos dados	Referência
Fertilidade	98%	França	France Limousin Selection, 2018)
Facilidade de parto	93% partos fáceis	França	Berrechet et al., 2017
	1,05 pontos	Portugal	Carolino et al., 2017b
Intervalo entre partos	383 dias	França	Berrechet et al., 2017
	425,8 dias	Portugal	Carolino et al., 2017b
Longevidade Produtiva	10-12 anos	França	France Limousin Selection, 2018
Vitelos desmamados	93%	França	France Limousin Selection, 2018
Temperamento	2-3 pontos	França	Berrechet et al., 2017
	2,73 pontos	Portugal	Carolino et al., 2017b
Índice de Conversão	4-5 kg MS/kg PV	Portugal	APCRBL, 2018a
Rendimento da carcaça	62-65%	Portugal	APCRBL, 2018a
% Músculo	75%	Portugal	APCRBL, 2018a
Proporção músculo/gordura	7	Portugal	(PCRBL, 2018a
Proporção músculo/osso	4,7	Portugal	APCRBL, 2018a
Classificação da carcaça dos vitelos	-E ou -U	Portugal	APCRBL, 2018a

Relativamente ao intervalo entre partos, é mais baixo em França (383 dias) do que em Portugal (425,8 dias). Esta diferença pode ser explicada pelas diferentes condições ambientais entre países e, conseqüentemente, diferenças no manejo (incluindo alimentação, reprodução, instalações) e sistema de produção. Outra questão a considerar, são os critérios de seleção adotados pelos criadores: uma vez que se verifica um antagonismo entre a capacidade de crescimento e a capacidade maternal, a seleção no sentido de obter animais mais pesados pode levar à redução do desempenho para características como intervalo entre partos, idade ao primeiro parto e capacidade leiteira (Lopes et al., 2013; McHugh et al., 2014; Cortés-Lacruz et

al., 2017a). Segundo Sepchat et al. (2018), nos últimos 40 anos é evidente um decréscimo da produção de leite, o que pode estar associado ao facto de a seleção ser feita no sentido do potencial de crescimento, que estará de acordo com o acréscimo de 5-6 Kg/ano verificado no peso adulto.

Analisando a Tabela 3 pode concluir-se que a raça destaca-se pela qualidade da carcaça, sendo que 75% das carcaças de vitelos são classificadas com -E ou -U, com elevado rendimento e baixa percentagem de osso e gordura relativamente ao músculo (France Limousin Selection, 2018). Apresenta ainda um Índice de Conversão (IC) mais baixo relativamente a raças como Angus (7,79) e Charolês (6,5) (Arthur et al., 2001a; Arthur et al., 2001b), o que se traduz numa maior eficiência alimentar. Relativamente a caracteres reprodutivos, é uma raça caracterizada pelas elevadas fertilidade (98%), longevidade produtiva (10-12 anos) e facilidade de parto, tanto em Portugal como na França.

Segundo a APCRBL (2018a), os animais desta raça são criados predominantemente em regime extensivo, no qual são criados em liberdade e tendo uma alimentação essencialmente à base de pastagens naturais e forragens.

Na Tabela 4 a raça Limousine é comparada com outras raças francesas como Blonde d'Aquitaine e Charolês e na Tabela 5, com raças autóctones como a Mertolenga e Alentejana. Através da análise dessas tabelas, conclui-se que, relativamente ao Peso ao Nascimento (PN) e ao peso ao desmame (P210), os vitelos da raça Limousine apresentam valores mais baixos, comparativamente com outras raças exóticas, mas mais elevados, relativamente às raças autóctones. Quanto ao Ganho Médio Diário (GMD), comparando com as raças francesas, apresenta valores muito semelhantes, o que resulta em pesos à idade adulta superiores à raça Charolesa e inferior à Blonde d'Aquitaine. Comparativamente às raças autóctones Portuguesas, o GMD é superior.

Tabela 4 - Comparação produtiva da raça Limousine com outras raças exóticas, em França. Peso ao nascimento (PN); Peso aos 210 dias (P210); Ganho médio diário (GMD); Idade ao 1º parto (ID1P); Longevidade produtiva (LP); Intervalo entre partos (IntP).

Raça	Limousine		Blonde d'Aquitaine		Charolês		Referências
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	
Sexo							
Efetivo		252 369		154 943		377 786	Institut de l'Élevage e Races de France(2018)
PN (kg)	42,6	40,3	48,1	45,1	47,4	44,8	Berrechet et al. (2017)
P210 (kg)	285	260	301	276	295	262	Berrechet et al. (2017)
GMD (KG)	1,15	1,05	1,20	1,1	1,18	1,03	
Peso adulto (kg)	1000-1300 ¹	650-850 ¹	1000-1500 ⁶	650-950 ⁶	950-1200 ⁴	650-800 ⁴	¹ Berrechet et al. (2017) ⁴ APRC (2018) ⁶ Institut de l'Élevage e Races de France, (2018)
ID1P (meses)		32-35 ¹		32-35 ¹		35,4 ⁵	¹ Berrechet et al. (2017) ⁵ Herd-Book Charolaise (2018)
LP (anos)		10-12 ²		12-15 ³		10 ⁴	² France Limousin Selection (2018) ³ Blonde d'Aquitaine Stamboek Nederland (2018) ⁴ APRC (2018)
IntP (dias)		383		401		385	Berrechet et al. (2017)

Tabela 5 - Comparação produtiva da raça Limousine com raças autóctones, valores obtidos em Portugal. Peso ao nascimento (PN); Peso aos 210 dias (P210); Ganho médio diário (GMD); Idade ao 1º parto (ID1P); Longevidade produtiva (LP); Intervalo entre partos (IntP).

Raça	Limousine		Alentejana		Mertolenga	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Sexo						
Efetivo	6384 ³	29 297 ³	272	25 391	261	30 468
PN (kg)	42,201 ¹	44,983 ¹	32	30	25	23
P210 (kg)	267 ¹	262,9 ¹	225	205	170	155
GMD (kg)	1,07	1,04	0,92	0,83	0,69	0,63
Peso adulto (kg)			1000	700	800	450
ID1P (meses)				32		24-36
LP (anos)		10-12		10		12
IntP (dias)		360 ²		450		420
Referências	¹ (Veríssimo, 2013)				SPREGA (2018)	
	² (APCRBL, 2018)					
	³ (Carolino et al., 2017b)					

2.3. Registos Genealógicos, Reprodutivos e Produtivos

Desde janeiro de 2007, que a inscrição dos animais no Livro Genealógico só é feita após testes de paternidade, através do perfil de ADN. Este é feito utilizando uma amostra de tecido de orelha, na altura da aplicação do brinco de identificação (APCRBL, 2018a).

São efetuados registos dos seguintes caracteres reprodutivos: idade ao 1º parto (ID1P) em meses, intervalo entre partos (IntP) em dias, longevidade produtiva (LP) em meses e condição de nascimento (CondNasc) que é classificado através da atribuição de uma nota de dificuldade de nascimento:

- 1 -Natural sem ajuda
- 2 -Com ajuda fácil
- 3 -Com ajuda difícil
- 4 -Cesariana
- 5 -Aborto
- 6 -Nado-morto
- 7 -Difícil com intervenção do médico veterinário

Para o Controlo de Performances (CP) os Serviços Técnicos do HBL deslocam-se às explorações para realizar as pesagens e as avaliações morfológicas dos vitelos até ao desmame. Os valores dos pesos são normalizados e corrigidos em função do “Rang”¹ do parto da mãe, do sexo do animal e da época de nascimento, de acordo com a tabela do Anexo A. No Regulamento Interno da Raça Limousine (Associação Portuguesa de Criadores Limousine, 2013 cit. por APCRBL, 2018a) são definidos os detalhes dos pesos às idades normalizadas, assim como a forma de estimativa:

- **Peso ao Nascimento** – pesagem recolhida pelo criador no momento do nascimento e indicado na Declaração de Nascimento. Utilizado para estimar o grau a facilidade de parto e para indexar os progenitores em relação a este indicador.
- **Peso aos 120 dias (P120)** – destina-se a indexar o valor leiteiro das vacas aleitantes, através do cálculo do ganho médio diário do nascimento até esta idade. A fórmula para a sua estimativa é,

$$P120 = ((P2-P1) / (A2-A1)) * (AT-A1) + P1$$

¹ Rang – Número de parto da vaca.

Em que:

P1: Peso à primeira pesagem

P2: Peso à segunda pesagem

A1: Idade em dias à primeira pesagem

A2: Idade em dias à segunda pesagem

AT: Idade Tipo (120 dias)

Nota: A P1 deve ser feita antes dos 130 dias e a P2 antes dos 230 dias. O intervalo entre as duas pesagens (A1-A2) tem de estar entre os 60 e os 130 dias.

- **Ganho Médio Diário do nascimento aos 4 meses (GMD 0-120)** – corresponde ao ganho médio diário entre o peso obtido aos 120 dias e o peso ao nascimento declarados pelo criador.
- **Peso aos 210 dias (P210)** – mede o potencial de crescimento do vitelo, na perspetiva da sua aptidão para a produção de carne. Permite ainda a qualificação individual dos animais e o cálculo do Índice P210 dos progenitores. A Fórmula de estimativa é,

$$P210 = ((P2-P1) / (A2-A1)) * (AT-A1) + P1$$

Em que:

P1: Peso à primeira pesagem

P2: Peso à segunda pesagem

A1: Idade em dias à primeira pesagem

A2: Idade em dias à segunda pesagem

AT: Idade Tipo (210 dias)

Nota: Um dos pesos deve ser obtido depois dos 150 dias, podendo a outra pesagem ser obtida entre os 0 e os 300 dias. O intervalo entre as duas pesagens não deve exceder os 130 dias.

2.4. Avaliação Morfológica e Comportamental

Segundo o Regulamento Interno da Raça Limousine (Associação Portuguesa de Criadores Limousine, 2013 cit. por APCRBL, 2018a), a certificação dos vitelos ao desmame, é o resultado da avaliação morfológica “por pontuação” ao desmame, conjuntamente com os valores dos pesos normalizados e corrigidos aos 120 e 210 dias.

A classificação morfológica é realizada em dois níveis:

- **Avaliação Linear** - em que os diferentes “traços” dos animais são caracterizados em face da diversidade morfológica da raça Limousine;
- **Classificação Morfológica** - tendo em consideração a avaliação do animal face ao padrão morfológico “ideal” de bovino da raça Limousine.

As avaliações morfológicas são realizadas por técnicos credenciados pelo Institut de L'Élevage (entidade competente francesa) com o estatuto de “Classificador” para a Raça Limousine. Compete ao HBL providenciar a acreditação dos seus técnicos com essa certificação.

São reprovados os animais que não correspondam ao padrão morfológico da raça, ou que apresentem as seguintes características indesejáveis: pelagem atípica, aprumos defeituosos, prognatismo, enognatismo, monorquidismo, criptorquidismo, hérnias umbilicais, bragas, manchas pretas no focinho ou pelos pretos nas orelhas ou focinho (barbas). Os animais que apresentem notas de DM, DE ou AF inferiores a 45 pontos ou DM+DE inferior a 105 pontos não serão aprovados para reprodução.

Através da Pontuação os animais são classificados em relação aos seguintes parâmetros:

- **Desenvolvimento Muscular - DM**

Valoriza-se a largura entre espáduas, largura do dorso, espessura do lombo, largura e arredondamento da nádega.

- **Desenvolvimento Esquelético - DE**

Avalia-se a forma e comprimento do tronco (através dos parâmetros desenvolvimento e comprimento do dorso), as dimensões da bacia (valorizam-se os parâmetros largura das ancas e comprimento da bacia) e a angulação dos principais conjuntos estruturais do esqueleto, nomeadamente peito, espáduas, dorso, costado e bacia.

- **Aptidão Funcional - AF**

Observa-se a facilidade de movimento dos animais, a atitude da linha dorsal em movimento, a largura do focinho, a solidez e a correção dos aprumos.

- **Temperamento - TE**

O temperamento define-se como o comportamento do animal em relação à presença humana (Burrow, 1997). Animais mais dóceis são menos nervosos, têm melhor adaptabilidade aos humanos, têm melhor bem-estar e proporcionam melhores condições de segurança aos tratadores. É um aspeto particularmente importante em produção extensiva, uma vez que os animais têm menor contacto com os humanos e por isso tendem a ficar mais nervosos no momento das práticas de manejo e, por esta razão, a seleção dos animais tem sido feita no sentido de os tornar mais dóceis (Phocas et al., 2006). Na avaliação morfológica realizada ao desmame e à idade adulta, pretende-se incluir a apreciação do temperamento e comportamento

dos animais. Propõe-se para o efeito a utilização de uma escala de 1 a 7, conforme critérios descritos seguidamente:

Nota 1 - Muito dócil e sociável: Procura contacto com as pessoas para ser coçado;

Nota 2 - Dócil: Calmo; Para e movimenta-se lentamente; lidado facilmente;

Nota 3 - Inquieto: Calmo, mas mais desperto; cauda vacilante; teimoso ao ser conduzido;

Nota 4 - Nervoso: Manuseável, mas nervoso e impaciente; de condução difícil; abana a cauda;

Nota 5 - Muito nervoso: Fugidio; tenta saltar cancelas ou vedações; emite rugidos; movimenta a cauda rápida e repetidamente; defeca e urina quando conduzido; tenta fugir quando apertado;

Nota 6 - Agressivo: Comportamento semelhante ao anterior, mas mais exuberante; muito agitado; sempre em movimento tentando saltar limites físicos; comportamento de ataque quando isolado;

Nota 7 - Muito agressivo: Violento; avança contra as pessoas.

É possível que vacas menos agressivas sejam mais produtivas do que vacas agressivas, uma vez que apresentam maior precocidade reprodutiva, facilidade de parto, maior produção de leite e comportamento maternal (Neindre et al., 2002; Phocas et al., 2006). Pode ainda supor-se que animais mais dóceis, são mais calmos e com isso atingem melhores taxas de crescimento (Burrow, 2001; Phocas et al., 2006). Em concordância, Burrow (1997) conclui que a seleção dos animais para maiores taxas de crescimento leva a temperamento mais calmo, o que está associado a produções de leite significativamente maiores. Em relação à fertilidade, a mesma autora, conclui que o temperamento dócil é sobretudo importante em situações de Inseminação Artificial, uma vez que fêmeas dóceis têm estros mais evidentes e facilitam todo o processo de inseminação. Em situações de monta natural não é um parâmetro de relevância.

2.5. Programa de Melhoramento da Raça Limousine

Com a responsabilidade de gestão do Livro a seu cargo, a APCRBL tem tentado adotar, um plano de melhoramento da raça à semelhança do que é praticado em França. O processo atual em Portugal, baseia-se na avaliação e certificação de animais e explorações, disponibilizando esta informação aos criadores. Estes, cumprindo as regras definidas para cada “tipo de criador” (ver nos parágrafos seguintes), decidem os emparelhamentos e realizam a seleção, segundo os critérios pessoais, usando a informação disponibilizada pelo HBL.

Segundo o Regulamento Interno da Raça Limousine (Associação Portuguesa de Criadores Limousine, 2013 cit. por APCRBL, 2018a), existem “três tipos de criadores”:

selecionadores, multiplicadores e produtores de carne, de acordo com um programa de organização e difusão do melhoramento com uma estrutura piramidal.

Os criadores selecionadores são os únicos produtores de machos certificados como Limousine Ouro ou Limousine Prata, bem como fêmeas Limousine Prata, as quais podem subir um nível na segunda avaliação. São também obrigados a declarar o peso dos animais ao nascimento e efetuar controlo de performances (APCRBL, 2018a).

Os criadores multiplicadores produzem apenas machos Limousine Bronze e fêmeas Limousine Bronze, ao desmame, as quais podem subir um nível na segunda avaliação (APCRBL, 2018a).

Os criadores Produtores de Carne devem utilizar touros com classificação mínima Limousine Bronze ou Homologados para Cruzamento Terminal. Produzem animais de abate, segundo as regras definidas no respetivo Regulamento de Certificação (APCRBL, 2018a).

No sentido de se tentar adotar um esquema de melhoramento, a partir de janeiro de 1994, os criadores selecionadores ficaram com os seus efetivos sujeitos a Controlo de Performances em exploração até ao desmame. Este controlo foi definido segundo critérios estipulados pela EUROLIM (da qual o HBL faz parte), valorizando assim a certificação de machos e fêmeas por parte da APCRBL. Esta certificação é feita através dos resultados obtidos no CP; porém, para ser uma garantia da qualidade genética e aptidões funcionais, necessita da avaliação genética dos critérios, atrás referidos. O CP na raça Limousine tem por finalidade possibilitar a estimativa do valor genético das vacas e dos touros Limousine, a partir dos resultados do crescimento antes do desmame, da conformação dos seus vitelos, da caracterização do potencial individual de crescimento e da aptidão tanto para a produção de carne, como para a função reprodutiva. São obrigadas a CP as explorações da raça Limousine aderentes ao HBL que pretendam produzir animais certificados para Seleção nos termos do Regulamento Técnico do HBL (APCRBL, 2018a).

A avaliação dos animais resulta na classificação em 3 níveis de certificação, cada um integrando vários critérios de avaliação (APCRBL, 2018a):

➤ **Certificação de Fêmeas:**

- “Limousine Ouro” (A1):
 - São certificadas para reprodução após a Avaliação Morfológica à idade adulta.
 - Segunda Avaliação Morfológica (18-24 meses) com soma de Desenvolvimento Muscular (DM) e Desenvolvimento Esquelético (DE) igual ou superior a 130.
 - Foram sujeitas a Controlo de Performances até ao desmame obtendo a classificação Limousine Prata.

- A mãe tem de ser certificada para reprodução nível A1 ou nível A2TI2 (correspondente ao ponto seguinte).
 - O pai tem de ter a qualificação mínima: "Limousine Ouro".
 - Avaliação Morfológica ao desmame DM, DE e Aptidão Funcional (AF) igual ou superior a 50 e DM + DE igual ou superior a 110. Peso corrigido aos 210 dias \geq peso corrigido médio das fêmeas Limousine nacionais controladas do ano n-2.
 - "Limousine Prata" (A1 ou A2TI2 ou A2TI1):
 - São certificadas para reprodução após a Avaliação Morfológica à idade adulta.
 - Foram ou não sujeitas a Controlo de Performances até ao desmame obtendo a classificação Limousine Prata ou Bronze.
 - A mãe tem de ser certificada para Reprodução nível A1 ou nível A2TI2.
 - O pai tem de ter a qualificação mínima: "Limousine Ouro".
 - Avaliação Morfológica ao desmame com DM, DE e AF igual ou superior a 50 e DM + DE igual ou superior a 110.
 - "Limousine Bronze" (A1, A2 ou BS):
 - Foram ou não sujeitas a Controlo de Performances até ao desmame obtendo a classificação Limousine Bronze.
 - A mãe pode ter sido reprovada para reprodução, mas tem de ser genuinamente de origem Puro Limousine.
 - O pai pode ser no mínimo "Limousine Bronze".
 - Avaliação Morfológica com DM, DE e AF igual ou superior a 45 e DM + DE igual ou superior a 105.
- **Certificação de Machos:**
- "Limousine Ouro"
 - Obrigatoriamente sujeitos a Controlo de Performances.
 - São certificados para reprodução após a segunda Avaliação Morfológica entre 14 e 18 meses.
 - Com performances mínimas: peso aos 7 meses superior a 305Kg.
 - Avaliação morfológica ao desmame com soma de DM e DE igual ou superior a 130.
 - Segunda Avaliação Morfológica (14-18 meses) com soma de DM e DE igual ou superior a 130.
 - A mãe tem de ser certificada para reprodução nível A1 ou nível A2TI2.
 - O pai tem de ter a qualificação mínima: certificado para reprodução nível A1 "Reprodutor Esperança - RE/Limousine Ouro".

- "Limousine Prata"
 - Obrigatoriamente sujeitos a Controlo de Performances.
 - São certificados para reprodução após classificação morfológica ao desmame.
 - Com performances mínimas ao desmame: peso aos 7 meses superior a 275Kg.
 - Avaliação Morfológica ao desmame com DM, DE e AF igual ou superior a 55 e DM + DE igual ou superior a 114.
 - A mãe tem de ser certificada para Reprodução nível A1 ou nível A2TI2
 - O pai tem de ter a qualificação mínima: "Reprodutor Esperança - RE/Limousine Ouro".
- "Limousine Bronze"
 - São certificados para reprodução após classificação morfológica ao desmame.
 - Podem ter sido sujeitos a Controlo de Performances ou não.
 - A mãe tem de ser certificada para Reprodução nível A1, A2TI2 ou A2R.
 - O pai tem de ter a qualificação mínima: "Recomendado para Cruzamento Terminal/Limousine Prata".
- "PRE-OURO"
 - Peso corrigido aos sete meses de idade igual ou superior a 305 Kg.
 - DM + DE igual ou superior a 130 pontos, DE igual ou superior a 55 pontos, DM igual ou superior a 55 pontos e AF igual ou superior a 55 pontos.

Para além desta classificação e certificação é feita anualmente, desde 2003, a Avaliação Genética da raça Limousine, na Unidade Estratégica de Investigação e Serviços de Biotecnologia e Recursos Genéticos - Polo de Investigação da Fonte Boa do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P. Inicialmente, eram estimados os valores genéticos para a Capacidade de Crescimento até aos 210 dias (CCr), Capacidade maternal (CMt), Desenvolvimento muscular (DM), Desenvolvimentos Esquelético (DE), Aptidão funcional (AF) e Intervalo entre partos (IntP), mas ao longo dos anos foram sendo incluídas mais características, pelo que os respetivos parâmetros genéticos foram estimados também ao longo dos anos (Carolino et al., 2018).

Atualmente são estimados os valores genéticos das seguintes características:

- Capacidade de crescimento até aos 210 dias (CCr)
- Capacidade maternal (CMt)
- Desenvolvimento Muscular (DM)

- Desenvolvimentos Esquelético (DE)
- Aptidão funcional (AF)
- Intervalo entre partos (IntP)
- Temperamento (TE)
- Peso ao nascimento - efeitos diretos (PNdi)
- Peso ao nascimento - efeitos maternos (PNmat)
- Condição de nascimento - efeitos diretos (CNdi)
- Condição de nascimento - efeitos maternos (CNmat)
- Índice de facilidade de nascimento
- Índice de facilidade de parto

Para a análise do peso aos 210 dias (P210) e da condição de nascimento (CondNasc) é utilizado um modelo que tem em consideração os efeitos genéticos diretos (CCr – indicador de capacidade de crescimento até ao desmame), os efeitos genéticos maternos (CMt – indicador de capacidade maternal), os efeitos maternos ambientais permanentes e os efeitos ambientais temporários. Para a análise dos caracteres de conformação e temperamento são considerados os efeitos genéticos diretos e ambientais temporários. Para a análise do intervalo entre partos (IntP) são considerados como efeitos aleatórios o valor genético do animal e o efeito ambiental permanente (Carolino et al., 2018).

Na Tabela 6 estão resumidos os parâmetros genéticos utilizados na Avaliação Genética de 2018 (Carolino et al., 2018).

Tabela 6 - Parâmetros genéticos utilizados na Avaliação Genética de 2018, para Peso ao nascimento (PN), Peso aos 210 dias (P210), Desenvolvimento muscular (DM), Desenvolvimento esquelético (DE), Aptidão Funcional (AF), Temperamento (TE) e Intervalo entre Partos consecutivos (IntP). V_a - Variância Genética; Cov_{am} - Covariância entre Efeitos Diretos e Maternos; V_m - Variância Materna; V_{pe} - Variância Ambiental Materna Permanente; V_e - Variância Residual; V_p - Variância Fenotípica; h^2_a - Heritabilidade; r_{am} - Correlação entre Efeitos Diretos e Maternos; h^2_{am} - Heritabilidade Materna.

Parâmetros Genéticos	PN	P210	DM	DE	AF	TE	IntP	CondNasc
V_a	4,554	265,7	8,288	10,096	6,151	0,214	490,0	0,013
Cov_{am}	-1,118	-47,0						-0,001
V_m	46,250	132,9						0,007
V_{pe}	0,617	51,1					420,0	0,001
V_e	9,349	619,3	17,612	21,454	18,345	0,398	9840,0	0,069
V_p	16,826	1022,0	25,900	31,550	24,496	0,612	10750,0	0,088
h^2	0,271	0,260	0,320	0,320	0,251	0,350	0,046	0,144
r_{am}	-0,283	-0,250						-0,109

h^2_m	0,203	0,130	0,077
---------	-------	-------	-------

3. Estimativas do Valor Genético

Segundo Hidalgo et al. (2015), a seleção de animais candidatos a reprodutores através dos seus valores genéticos é a forma mais adequada de garantir a eficiência de um programa de melhoramento. Nos bovinos de carne, em particular, a seleção dos animais pelas suas performances ao desmame deve-se ter em consideração o efeito direto dos genes do próprio vitelo e ainda os efeitos maternos que influenciam os resultados nesta idade (Carolino et al., 2003). Em outros critérios, a avaliação, pode exigir ainda medidas dispendiosas, como é o caso da eficiência alimentar ou a qualidade de carcaça (Chen et al., 2015).

O conhecimento dos parâmetros genéticos é essencial em melhoramento animal para a avaliação genética de candidatos à seleção e para a avaliação da resposta aos programas de seleção. Estes parâmetros incluem as componentes da variância e deverão ser estimados com máxima precisão possível. O modelo mais simples a partir do qual se definem os parâmetros genéticos e que serve de suporte à sua estimativa é:

$$P = G + E$$

em que P corresponde aos registos fenotípicos observáveis e G e E correspondem às componentes genética e ambiental, respetivamente. A componente genética reflete a influência do efeito aditivo dos genes e do efeito não aditivo (dominância e epistasia). A componente genética resultante do efeito aditivo, baseia-se no pressuposto de $G_{\text{indivíduo}} = \frac{1}{2} (G_{\text{pai}} + G_{\text{mãe}})$, podendo assim ser previsto o valor que transmitirá à geração seguinte; a componente não aditiva é o resultado da combinação aleatória que ocorre, manifestando-se variavelmente em função da heterozigose que possa ocorrer entre alelos.

A componente ambiental corresponde aos fatores não genéticos que influenciam a expressão dos genes, como por exemplo, efeito da exploração, alimentação, idade da fêmea e época do ano em que pariu (Carolino et al., 2000). No caso particular dos bovinos de carne, de uma forma geral, a seleção é feita tendo em conta a performance ao desmame dos vitelos e, neste caso, torna-se importante considerar ainda o efeito ambiental materno. Por sua vez, o efeito ambiental materno pode ser influenciado por efeitos ambientais temporários (Etv) – fatores não genéticos que afetam a performance materna durante uma determinada gestação e/ou lactação – e por fatores ambientais permanentes (Epv) – fatores não genéticos a que a mãe foi sujeita durante o seu crescimento ou recria, como alimentação e manejo, ou qualquer outro evento durante a vida reprodutiva da fêmea, que possa influenciar a sua performance materna para o resto da sua vida (Carolino et al., 2003).

Ao nível da população, esta expressão básica acima referida, é representada pela Variância dos valores fenotípicos. Assim, a resposta à seleção dos progenitores irá

dependem do seu desvio para a média da população, na razão direta. Por isso, a estimativa dos parâmetros genéticos é baseada então na repartição da variância fenotípica nos seus componentes, isto é, Variância genética aditiva, Variância genética não aditiva, Variância ambiental e Variância residual (que incluirá todos os efeitos “não controlados”). A precisão de estimativa destes modelos vai condicionar então a estimativa dos valores genéticos e, conseqüentemente, a precisão da estimativa do progresso genético.

A avaliação de um caráter, com base no registo do próprio indivíduo baseia-se na estimativa da heritabilidade (h^2)². No caso de se querer avaliar um caráter com base em registos repetidos, como por exemplo, a produção de leite em lactações sucessivas, então deve-se incluir no cálculo da estimativa a repetibilidade (r_e)³. Para avaliar mais do que um caráter em simultâneo, como por exemplo o peso ao abate e o rendimento em carcaça, deve incluir-se a estimativa das correlações genéticas entre os dois caracteres. Com este parâmetro são estimadas as componentes de variância para cada caráter assim como as covariâncias entre caracteres, possibilitando assim definir as correlações fenotípicas (r_p), genéticas (r_a) e ambientais (r_e), entre os mesmos (Gama et al., 2004). Na avaliação genética feita ao efetivo bovino da raça Limousine são disponibilizados para cada animal os valores dos seguintes caracteres: Desenvolvimento Muscular, Desenvolvimento Esquelético, Aptidão Funcional, Potencial de Crescimento até Desmame – CCr (termo corresponde a efeitos genéticos diretos), Potencial Maternal até ao Desmame – CMT (termo corresponde a efeitos genéticos maternos), Intervalo entre Partos (IntP) Temperamento (TE) e os índices compostos de Facilidade de Nascimento (IFNas) e Facilidade de Parto (IFPar).

Atualmente, o recurso a métodos de estimativa lineares e “não enviesados” – Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) - para a estimativa de parâmetros genéticos e para a avaliação genética, está generalizado. Uma das vantagens destes modelos BLUP, relativamente a outros métodos, é que, sendo incluída a matriz de parentesco entre os animais em análise, a informação dos animais aparentados é usada para a avaliação de cada animal, aumentando a precisão de estimativa (Gama, 2002). Desta forma, não só é possível avaliar os animais pela informação dos indivíduos aparentados, mesmo não dispondo de registos obtidos do próprio animal, mas também efetuar simultaneamente as estimativas dos efeitos fixos.

Um aspeto importante para uma correta estimativa dos valores genéticos dos animais para determinada característica, reside numa utilização de parâmetros genéticos adequados à sua avaliação e numa definição apropriada do modelo de

² Heritabilidade (h^2) - parâmetro genético que se define como a proporção da variância fenotípica que é devida ao efeito aditivo dos genes e corresponde à seguinte expressão: $h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_p^2}$, em que σ_a^2 e σ_p^2 correspondem às variâncias genética aditiva e fenotípica, respetivamente (Gama et al., 2004).

³ Repetibilidade (r_e) - correlação entre registos repetidos no mesmo indivíduo, de acordo com a seguinte expressão: $r_e = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_{pe}^2}{\sigma_p^2}$, em que σ_{pe}^2 representa o efeito ambiental permanente (Gama et al., 2004).

análise a utilizar, para essa mesma característica. Outro aspeto não menos importante, consiste em considerar que os parâmetros genéticos não são constantes, mas que evoluem ao longo do tempo, podendo estar sujeitos aos efeitos da seleção e da consanguinidade (Carolino et al., 2003).

4. Os Programas de Melhoramento Genético e a Depressão Consanguínea

Após ser implementado um sistema de identificação animal único, fiável, consistente e universal, deverá ser recolhida informação de campo que posteriormente deverá ser validada, estruturada e analisada por forma a permitir tomar as melhores decisões no momento da seleção dos animais com vista ao melhoramento genético da raça (Gama, 2002).

Em avaliações genéticas de bovinos da raça Limousine, caracteres relacionados com a facilidade de parto, como PN e Condição de Nascimento (CondNasc) (Phocas e Laloë, 2004; Diskin e Kenny, 2014), parâmetros de crescimento até ao desmame, como P120 e P210, e parâmetros de conformação (Phocas e Laloë, 2004; Åby et al., 2012) são os principais caracteres considerados de interesse económico para as explorações.

O principal objetivo de um programa de melhoramento será promover a alteração do valor médio dos critérios (parâmetros ou caracteres) no sentido de permitir o aumento da rentabilidade da exploração. Desta forma, a informação a ser registada será aquela que permite avaliar estes parâmetros, como sugerido na Tabela 7.

Segundo o Regulamento Interno da Raça Limousine (Associação Portuguesa de Criadores Limousine, 2013 cit. por APCRBL, 2018a), para além destes parâmetros é ainda feita uma avaliação morfológica e temperamental, por pontuação, ao desmame. Os parâmetros morfológicos avaliados são o Desenvolvimento Muscular, Desenvolvimento Esquelético e Aptidão Funcional.

Tabela 7 - Informação recolhida em bovinos de carne (Gama, 2002).

	Tipo de Registo	Informação registada
Todos os animais	Identificação.	Oficial e particular.
	Exploração.	De origem e movimentos.
	Inscrição no Livro Genealógico.	Data, Tipo, Pontuação.
	Refugo/Mortalidade.	Data e causa.
Vacas	Serviços (Cobrição Natural ou Inseminação Artificial).	Datas e Touros.
	Partos.	Data, vitelo (identificação, genótipo, sexo), facilidade de parto.
Vitelos	Peso Vivo.	Nascimento, 120 dias, 210 dias.
	Características da carcaça.	Data do abate, peso, classificação, área do L. dorsi, espessura da gordura, marmoreado, peso das peças, indicadores <i>in vivo</i> , etc.

Um aspeto a tomar em consideração, que ainda não abordámos, é a “consanguinidade”. A consanguinidade (F) ocorre em resultado do acasalamento de indivíduos aparentados (ou seja, com pelo menos um ascendente comum) e é definida pela probabilidade de dois alelos, num determinado locus, serem cópias do gene comum aos pais (Mc Parland et al., 2008). A estes alelos é dado o nome de “idênticos por descendência” e ao indivíduo portador dá-se o nome de “homozigótico idêntico” (Carolino et al., 2017a).

Historicamente, a consanguinidade tem sido usada na produção animal como ferramenta para “purificar” raças, fixar genes simples associados com a definição do padrão da raça e gerar uniformidade na descendência (Burrow, 1993; Gómez et al., 2009). Porém, muitos estudos revelam desvantagens resultantes do aumento da consanguinidade. Segundo Gama (2002), a consanguinidade resulta em manutenção das frequências génicas e alteração das frequências genótípicas, ou seja, redução da heterozigotia, com tendência a redistribuir pelos dois genótipos homozigóticos.

Assim, a utilização de indivíduos aparentados entre si como reprodutores, para além do aumento da homozigotia das populações já referida, pode ter como consequência o efeito designado por “depressão consanguínea”, consequência da perda da variabilidade genética (Meuwissen e Woolliams, 1994; Shamsavarani e Rahimi-Mianji, 2010). Esta perda de variabilidade, consequência do fenómeno designado por “deriva genética”, que consiste em perda de alelos numa população

(Howard et al., 2017), na prática pode revelar-se pela redução do crescimento, produção, fertilidade, “fitness” (Burrow, 1993; Carrillo e Siewerdt, 2010), pelo aparecimento de doenças associadas a genes recessivos deletérios, como resultado do aumento da frequência de homozigotos (Pariset et al., 2003; Rashidi et al., 2015; Carolino et al., 2017a) e pelo aumento da fragilidade genética das populações, que se tornam menos tolerantes ao stress ambiental.

A prática comum nos programas de melhoramento de selecionar animais por “truncatura”⁴ e/ou intensidades de seleção elevadas, podem aumentar não só o ganho genético, mas também a consanguinidade (Curik et al., 2001; Howard et al., 2017). A principal consequência da consanguinidade na produção animal é a redução da média da performance de caracteres associados a fitness (reprodução, sobrevivência, etc) e produtividade (Burrow, 1993; Carrillo e Siewerdt, 2010), sendo os primeiros mais afetados pelo efeito da consanguinidade do que caracteres controlados fundamentalmente por ação génica aditiva, como é o caso do peso e características da carcaça (Gama, 2002; Mc Parland et al., 2008). Este problema pode ser agravado com a utilização generalizada de métodos BLUP – Modelo Animal e com a utilização massiva de técnicas reprodutivas, como a Inseminação Artificial. É por isso fundamental o controlo da consanguinidade nos programas de melhoramento, para assegurar a resposta à seleção no futuro e evitar a acumulação de efeitos deletérios associados à consanguinidade (Falconer e Mackay, 1996; van Wyk et al., 2009; Howard et al., 2017).

O acasalamento entre indivíduos aparentados acaba por ser inevitável em populações de dimensões finitas (Howard et al., 2017) especialmente naquelas em que existe seleção direcionada para apenas um carater (Burrow, 1993).

Esta situação leva a alterações na distribuição genotípica de uma população como a fixação de alelos, redução da variância genética aditiva e não aditiva numa população e redução da resposta à seleção praticada para um determinado carater (Howard et al., 2017).

São diversos os fatores que levam ao aumento da consanguinidade e consequente impacto negativo na variabilidade genética nas populações, são eles:

- Escolha errada de animais para acasalamentos (Pariset et al., 2003);
- Aumento da longevidade dos reprodutores, intervalos entre gerações reduzidos e avanços no manejo reprodutivo levam ao aumento da contribuição genética de cada individuo (Meuwissen e Woolliams, 1994; Carolino e Gama, 2008a; Carolino e Gama, 2008b);
- A utilização de tecnologias de reprodução (IA, MOET) combinadas com métodos de seleção que têm em conta a informação dos parentescos

⁴ Seleção por Truncatura - Organização dos indivíduos de acordo com o fitness e onde são selecionados para reprodutores os indivíduos com superioridade fenotípica (Thierens e Goldberg, 2005).

(BLUP), permitem o aumento da intensidade de seleção e com isso o aumento da ocorrência de consanguinidade (Carolino e Gama, 2008a; Carrillo e Siewerdt, 2010).

Contudo, a depressão consanguínea apenas é observada em caracteres afetados por efeitos de dominância (Howard et al., 2017). Os mesmos autores explicam que a depressão consanguínea é causada pela expressão de genes recessivos deletérios em indivíduos homozigóticos. Com o aumento da consanguinidade numa população, a frequência de homozigotos recessivos deletérios, que estavam inicialmente “ocultos” nos heterozigotos, aumenta e são expostos os efeitos deletérios (dominância parcial). Os mesmo autores, explicam ainda que pode acontecer sobredominância, em que, o efeito de dominância de um heterozigoto tem vantagem sobre qualquer homozigoto. Com o aumento da consanguinidade, verifica-se a redução da frequência de heterozigotos e por isso, este efeito de superioridade torna-se cada vez mais reduzido.

A literatura aponta para uma relação linear entre a consanguinidade e a produtividade (Carolino e Gama, 2008a; Mc Parland et al., 2008; Howard et al., 2017). Contudo, em algumas situações é apontada uma relação não-linear, que pode ser explicada pelas relações epistáticas⁵ envolvidas na consanguinidade (Carolino e Gama, 2008a; Howard et al., 2017).

A consanguinidade tanto do indivíduo como dos progenitores deve ser tido em conta na performance do vitelo (Carolino e Gama, 2008a). O efeito da consanguinidade da fêmea no vitelo varia com a idade do mesmo (Burrow, 1993), tendo maior importância no período que antecede o desmame pois, nesta fase, o fenótipo do vitelo (como o peso ao desmame) é grandemente influenciado pelo efeito materno (caraterísticas maternas). Este, irá influenciar a performance do vitelo ao longo da sua vida produtiva já que o peso que o animal atinge a determinada idade está altamente relacionado com os pesos atingidos em idades anteriores (Carolino et al., 2003).

Burrow (1993) na sua revisão sobre o efeito da consanguinidade em bovinos, concluiu que todos os caracteres são afetados de alguma forma pela consanguinidade (uns mais afetados do que outros), que esse efeito difere consoante a idade e sexo do animal, sendo menos importante para coeficientes de consanguinidade inferiores a 20%.

O efeito da consanguinidade pode ser estimado por análise de regressão. Em alguns casos, porém, este método pode subestimar esse efeito, uma vez que depende da distribuição dos coeficientes de consanguinidade da população (elevada dispersão com muitos indivíduos com níveis reduzidos de consanguinidade e pouca representatividade de indivíduos com níveis elevados) (Burrow, 1993). Para além

⁵ Epistasia - interação entre alelos em loci diferentes (Gama, 2002).

disto, em alguns casos, a depressão consanguínea pode não ser uma função linear, e pode ter um efeito heterogéneo. Quando genes recessivos são distribuídos de forma desigual entre indivíduos ou quando a linha de seleção é diferente, a descendência resultante sofrerá de diferentes depressões consanguíneas consoante a família de indivíduos fundadores a que pertencem (Casellas et al., 2009). Este efeito pode ser estudado ao analisar os coeficientes dos indivíduos fundadores de uma determinada população, através das genealogias (Howard et al., 2017).

Para isso, é fundamental o conhecimento da variância genética e da estrutura genealógica de uma população ao longo das gerações (Maignel et al., 1996; Gutiérrez et al., 2003; Carolino e Gama, 2008b; Bernardes et al., 2016). O registo genealógico é uma ferramenta fundamental para a manutenção da variabilidade genética e minimização da consanguinidade, pois permite conhecer a relação de parentesco entre indivíduos e, desta forma, identificar animais com importância genética de maneira a melhorar a média produtiva e minimizar a consanguinidade da população (Russello e Amato, 2004).

Genealogias incompletas reduzem a precisão da estimativa da consanguinidade. A correta deteção da depressão consanguínea depende da estimativa da consanguinidade (Cassell et al., 2003). A precisão desta estimativa pode ser aumentada quando combinada com informação molecular (Shahsavarani e Rahimi-Mianji, 2010).

Para a determinação do efeito da consanguinidade nos caracteres com interesse económico, é calculada a depressão consanguínea (decréscimo médio de produtividade por 1% de F). Este parâmetro é determinado através da regressão da performance em função do valor da consanguinidade. Neste contexto, é essencial (e ainda para mais em espécies pecuárias) distinguir os efeitos associados à consanguinidade individual e materna. Desta forma, a depressão consanguínea é estimada através da regressão múltipla do carácter a estudar na consanguinidade individual e materna (F_i – individual e F_m – maternal) (Gama, 2002; Carolino et al., 2003).

Na Tabela 8 está resumido o efeito do aumento de 1% na consanguinidade individual (F_i) e materna (F_m) em diversos caracteres de interesse na produção de bovinos de carne.

Tabela 8 - Depressão consanguínea (variação em unidades/1% aumento de F), para diferentes caracteres em bovinos de carne. Consanguinidade individual (Fi); Consanguinidade materna (Fm).

Carateres	Depressão da Fi	Depressão da Fm	Referência
Peso ao nascimento (Kg)	-0,06	+0,02	(Gama, 2002)
	-2,19	-1,92	(Carrillo e Siewerdt, 2010)
	-0,027	-0,020	(Carolino e Gama, 2008a)
	-0,07	+0,02	(Burrow, 1993)
Peso aos 3 meses (Kg)	-0,15	-0,23	(Gama, 2002)
	-0,327	-0,205	(Carolino e Gama, 2008a)
Peso ao desmame (Kg)	-0,44	-0,30	(Gama, 2002)
	-25,76	-14,64	(Carrillo e Siewerdt, 2010)
	-0,34	-0,3	(Burrow, 1993)
Idade ao 1º parto (d)	+1,7	-	(Gama, 2002)
	+4,2	-	(Burrow, 1993)
	+0,2	-	(Mc Parland et al., 2007)
Intervalo entre partos (d)	+1,4	-	(Gama, 2002)
	+1,7	-	(Burrow, 1993)
	+0,263	-	(Carolino e Gama, 2008a)
	+0,7	-	(Mc Parland et al., 2007)
Longevidade reprodutiva (d)	-20	-	(Gama, 2002)
	-60	-	(Burrow, 1993)
Condição de Nascimento (pts)	0,322	-	(Leroy, 2014)
Temperamento (pts)	-0,1	-	(Mc Parland et al., 2008)
	0,006	-	(Burrow, 1998)
	-2,9	-	(Mc Parland et al., 2007)

É de salientar que os caracteres mais afetados são os que apresentam heritabilidades mais baixas, como é o caso dos caracteres relacionados com o *fitness*⁶, nomeadamente caracteres reprodutivos associados às fêmeas, que, para além de apresentarem baixa heritabilidade, são difíceis de medir em condições de campo e são particularmente influenciáveis pelo manejo, como por exemplo, a escolha das épocas de parto (Moser et al., 1996). Em relação aos caracteres influenciados por genes de ação aditiva (e consequentemente heritabilidades mais elevadas), como é o caso de caracteres produtivos, tendem a não ser tão afetados pela depressão consanguínea (Gama, 2002).

⁶ Fitness - é o contributo genético que um indivíduo transmite à geração seguinte, ou seja, o número de descendentes representados na geração seguinte (Falconer e Mackay, 1996).

CAPÍTULO II - COMPONENTE PRÁTICA

1. Objetivos

A raça Limousine encontra-se perfeitamente estabelecida em Portugal tendo a utilização do património genético nacional desta raça mais de duas décadas. A preferência dos produtores pela “genética nacional” em detrimento da “importada” associada à seleção de reprodutores, podem levar a uma população com valores de consanguinidade crescentes e, em consequência, aumentar a depressão consanguínea (APCRBL, 2018a). Desta forma, para além da avaliação genética dos caracteres com interesse económico, é fundamental estudar a extensão do efeito depressivo da consanguinidade. Assim, neste trabalho pretende-se realizar esta avaliação, utilizando os registos do Livro Genealógico da raça, complementando a avaliação genética que é realizada anualmente.

2. Material e Métodos

A informação genealógica e os dados relativos ao controlo de performances utilizados para o desenvolvimento deste trabalho, foram disponibilizados pela Associação Portuguesa de Criadores da Raça Bovina Limousine (APCRBL). Este estudo incidiu sobre os registos compilados entre 1990 e 2018 e foi realizado na Unidade Estratégica de Investigação e Serviços de Biotecnologia e Recursos Genéticos - Polo de Investigação da Fonte Boa do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P.

2.1. Efetivo Animal

Toda a informação utilizada neste trabalho relativa às genealogias, pesagens, avaliações morfológicas e parâmetros reprodutivos, está disponível no Livro Genealógico Português da raça Bovina Limousine, também conhecido por Herd-Book Português da Raça Limousine (HBL).

Após a verificação e correção dos dados relativos ao controlo de performances fornecidos, obteve-se uma base de dados com um total de 134549 indivíduos. A Figura 6 ilustra a distribuição dos nascimentos de machos e fêmeas por ano entre 1990 e 2018.

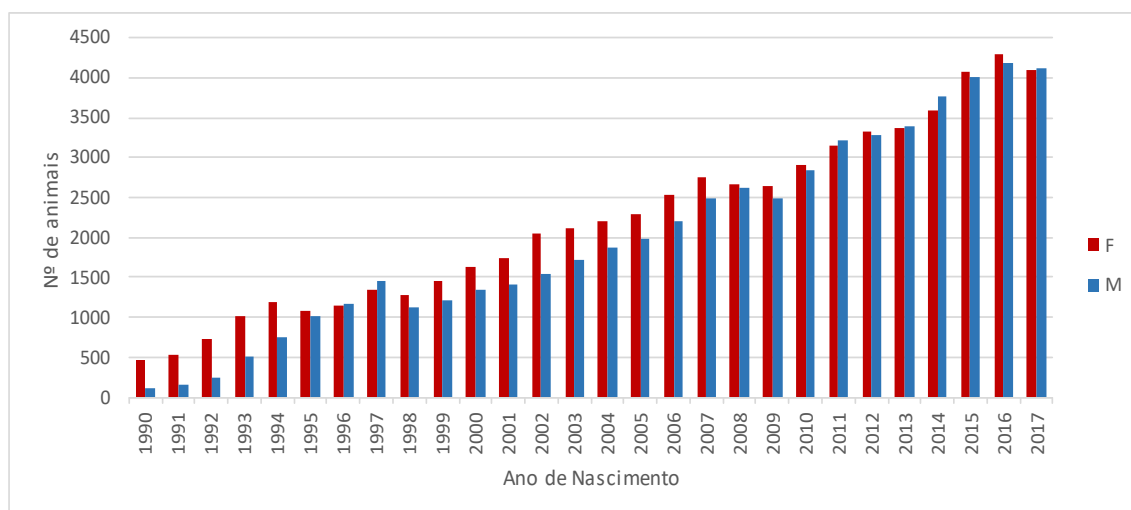


Figura 6 - Número de machos e fêmeas nascidos por ano, no período de 1990-2018.

2.2. Carateres Estudados e Metodologias de Análise

Neste trabalho foram avaliados carateres morfológicos, reprodutivos, produtivos e de comportamento com base na informação fornecida pela APCRBL, como resumido na Tabela 9:

Tabela 9 - Carateres avaliados e número de registos incluídos nas análises (1990-2018).

Tipo	Caracter	Nº registos
Morfologia	Pontuação:	51 955
	• Desenvolvimento Muscular (DM)	
	• Desenvolvimento Esquelético (DE)	
	• Aptidão Funcional (AF)	
Produção	Pesos ao nascimento (PN)	23 261
	Pesos aos 120 dias de idade (P120)	36 957
	Pesos aos 210 dias de idade (P210)	37 502
Reprodução	Idades ao Primeiro Parto (ID1P)	12 223
	Intervalos entre Partos (IntP)	65 197
	Longevidade Produtiva (LP)	8 931
	Condição de Nascimento (CondNasc)	25 267
Comportamento	Temperamento (TE)	30 957

Adicionalmente aos carateres apresentados na Tabela 9, foi necessário estimar os parâmetros genéticos para ID1P, LP e P120. Os modelos utilizados para a sua estimativa, incluíram os componentes referidos na Tabela 10.

Tabela 10 - Componentes incluídos nos modelos de estimativa dos parâmetros genéticos calculados para a idade ao 1º parto (ID1P), longevidade produtiva (LP) e peso aos 120 dias (P120).

Parâmetros Genéticos	ID1P	LP	P120
Variância Genética	X	X	X
Covariância entre Efeitos Diretos e Maternos			X
Variância Materna			X
Variância Ambiental Materna Permanente			X
Variância Residual	X	X	X
Variância Fenotípica	X	X	X
Heritabilidade	X	X	X
Correlação entre Efeitos Diretos e Maternos			X
Heritabilidade Materna			X
Desvio Padrão Genético Direto	X	X	X
Desvio Padrão Genético Materno	X		

Os parâmetros genéticos foram estimados por máxima verosimilhança restrita, com recurso ao software MTDFREML – Multiple Trait Derivate-Free Restricted Maximum Likelihood, desenvolvido por Boldman et al. (1995). Quanto aos valores genéticos e efeitos fixos para os caracteres em análise foram estimados através do BLUP – Modelo Animal.

O BLUP – Modelo Animal permite estimar os valores genéticos dos 9 caracteres em análise através, não só da informação individual, quando disponível, mas também através da informação de todos os ascendentes, descendentes e colaterais conhecidos, por análises univariadas e multivariadas. O modelo pode incluir efeitos genéticos aditivos e outros efeitos aleatórios correlacionados (p.e. efeitos genéticos maternos) ou independentes (p.e. efeitos ambientais permanentes), efeitos fixos descontínuos e covariáveis específicos para cada carater (Carolino et al., 2018). Neste caso, no modelo BLUP foram considerados os efeitos ambientais ajustados a cada carater, conforme se explicita nos pontos seguintes.

O software MTDFREML funciona com três subrotinas distintas: o MTDFNRM, o MTDFPREP e o MTDFFRUN. Estas subrotinas têm de ser executadas sequencialmente tendo em conta as respostas adequadas à análise pretendida (Boldman et al., 1995; Carolino, 2001; Gama et al., 2004).

A subrotina **MTDFNRM** calcula a consanguinidade de cada indivíduo através do inverso da matriz de parentesco (A^{-1}).

Na subrotina **MTDFPREP** é definido o Modelo Animal a utilizar, ou seja, define-se o número de caracteres a incluir na análise (univariada ou multivariada), os efeitos fixos descontínuos, as covariáveis (lineares, quadráticas, etc.), os efeitos aleatórios genéticos (diretos e maternos) e os efeitos permanentes.

A subrotina **MTDFRUN**, a partir dos coeficientes obtidos do MTDFPREP, estima as componentes de (co)variância através do método Simplex (polítopo), e permite ainda estimar soluções para efeitos fixos e aleatórios, variâncias amostrais e erros padrão das soluções.

2.2.1. Caracteres Produtivos

Os caracteres de produção analisados foram:

- Peso ao Nascimento;
- Peso aos 120 dias de idade;
- Peso aos 210 dias de idade.

As estimativas dos efeitos fixos e predição dos valores genéticos dos três caracteres de produção e a estimativa dos parâmetros genéticos do Peso aos 120 dias de idade foram efetuadas com o Modelo Animal I, que se segue, que inclui os efeitos maternos.

$$y = Xb + Z_a a + Z_m m + Z_p p + e \quad [1]$$

Em que:

- y** é o vetor de registos produtivos;
- b** é o vetor dos efeitos fixos;
- a** é o vetor de efeitos genéticos aditivos diretos;
- m** é o vetor de efeitos genéticos aditivos maternos;
- p** é o vetor dos efeitos ambientais maternos permanentes;
- e** é o vetor de efeitos residuais;

X , Z_a , Z_m e Z_p são matrizes de incidência que relacionam os efeitos fixos (X) e aleatórios (Z_a , Z_m e Z_p) com o vetor das observações y .

Foram considerados como efeitos fixos:

- Exploração*ano de nascimento;
- Mês de nascimento (Jan - Dez);
- Sexo (M e F);
- F_i e F_{i_m} (covariáveis lineares);
- Idade da mãe (covariável linear e quadrática).
-

2.2.2. Caracteres Reprodutivos

Os caracteres reprodutivos avaliados foram:

- Idade ao Primeiro Parto (ID1P);
- Intervalo entre Partos (IntP);
- Longevidade Produtiva (LP);
- Condição de Nascimento (CondNasc).

As estimativas dos parâmetros genéticos, efeitos fixos e predição dos valores genéticos dos caracteres reprodutivos ID1P e LP e dos efeitos fixos e predição dos valores genéticos da CondNasc foram obtidos por análises univariadas através do Modelo Animal idêntico ao utilizado para os caracteres de conformação (Modelo III), já que são caracteres mensuráveis apenas uma vez na vida do animal.

Para a CondNasc foram considerados como efeitos fixos:

- Idade da mãe (covariável linear e quadrática);
- Consanguinidade individual - F_i (covariável linear);
- Consanguinidade materna - F_m (covariável linear);
- Exploração*ano;
- Mês de nascimento (Jan - Dez);
- Sexo (M e F).

Para a ID1P foram considerados como efeitos fixos:

- Exploração*ano do 1º parto;
- Mês do parto (Jan - Dez);
- F_i (covariável linear).

Para a LP foram considerados como efeitos fixos:

- Exploração*ano do 1º parto;
- Ano do 1º parto (1987-2016);
- ID1P (covariável quadrática);
- F_i (covariável linear).

Para a análise do IntP foi utilizado o Modelo Animal II para registos repetidos.

$$y = Xb + Za + Zp + e \quad [II]$$

Em que:

- y é o vetor de registos produtivos;
- b é o vetor dos efeitos fixos;
- a é o vetor dos valores genéticos;
- p é o vetor dos efeitos ambientais permanentes;
- e é o vetor de efeitos residuais;

X e Z são as matrizes de incidência que relacionam os efeitos fixos (X) e aleatórios (Z) com o vetor das observações (y).

Foram considerados como efeitos fixos

- Exploração*ano de parto;
- Mês de nascimento (Jan - Dez);
- Sexo (M e F);
- ID1P (covariável linear e quadrática);
- F_i (covariável linear).

2.2.3. Características Morfológicas e Temperamento

Segundo o Regulamento Interno da Raça Limousine (Associação Portuguesa de Criadores Limousine, 2013 cit. por APCRBL, 2018), as avaliações morfológicas devem ser feitas por um técnico credenciado pelo Institut de L'Elevage (entidade competente francesa) que confere o estatuto de "Classificador". Os animais têm de ter entre 6 a 10 meses de idade para poderem ser inscritos no HBL.

As características morfológicas avaliadas foram:

- **Desenvolvimento Muscular (DM)**
- **Desenvolvimento Esquelético (DE)**
- **Aptidão Funcional (AF)**

As estimativas dos efeitos fixos e predição dos valores genéticos destas características morfológicas e do temperamento foram obtidas por análises univariadas através do Modelo Animal III seguinte:

$$y = Xb + Za + e \quad \text{[III]}$$

Em que:

y é o vetor de registos morfológicos ou de temperamento;

b é o vetor dos efeitos fixos;

a é o vetor dos valores genéticos;

e é o vetor de efeitos residuais;

X e Z são as matrizes de incidência que relacionam os efeitos fixos (X) e aleatórios (Z) com o vetor das observações (y).

Como efeitos fixos foram considerados:

- Exploração*ano;
- Idade à pontuação (covariável linear);
- Sexo (M e F);
- Idade da mãe (covariável quadrática);
- Consanguinidade individual - F_i (covariável linear);
- Mês de nascimento (Jan - Dez).

2.3. Consanguinidade e depressão da consanguinidade

Os coeficientes de consanguinidade individuais foram obtidos através do cálculo do inverso da matriz de parentesco (A^{-1}) usando toda a informação das genealogias.

A depressão consanguínea foi estimada através da inclusão, no modelo dos efeitos fixos, de uma covariável correspondente ao coeficiente de consanguinidade individual (F_i) e nos casos em que foram considerados os efeitos maternos, foi adicionada a covariável correspondente ao coeficiente de consanguinidade materna (F_m).

3. Resultados e Discussão

3.1. Estatísticas Descritivas e Efeitos Fixos

As estatísticas descritivas dos caracteres analisados encontram-se sumarizadas na Tabela 11.

Tabela 11 - Estatísticas descritivas para os caracteres analisados. Peso ao nascimento (PN); Peso aos 120 dias de idade (P120); Peso aos 210 dias de idade (P210); Intervalo entre partos (IntP); Idade ao 1º parto (ID1P); Longevidade produtiva (LP); Condição de nascimento (CondNasc); Desenvolvimento muscular (DM); Desenvolvimento esquelético (DE); Aptidão funcional (AF); Temperamento (TE); Desvio Padrão (DP).

Carater		Nº Obs.	Min.	Média	Max.	DP
Produtivos	PN (Kg)	23 261	20	42,7	60	5,5
	P120 (Kg)	36 957	60	160,9	260	28,95
	P210 (Kg)	37 502	81	257,55	448	48,06
Reprodutivos	IntP (dias)	65197	285	425,85	1 100	120,38
	ID1P (meses)	12223	22	37,6518	96	11,44
	LP (meses)	8931	6,9	76,58	259,1	50,50
Conformação e Temperamento	CondNasc (pontos)	2526	1	1,05	5	0,30
	DM (pontos)	51955	30	59,72	92	8,44
	DE (pontos)	51955	30	61,07	96	7,42
	AF (pontos)	51955	30	62,58	88	5,99
	TE (pontos)	30833	1	2,75	7	0,81

Comparativamente aos resultados obtidos no controlo de performance de 2017, realizado para raças bovinas aleitantes em França pelo Institut de L'Élevage, os resultados de Portugal são semelhantes, à exceção dos parâmetros reprodutivos IntP e ID1P, que apresentaram valores médios superiores em Portugal de 43 dias e 3 meses, respetivamente.

Os bovinos da raça Limousine em Portugal são utilizados por todo o território continental e ilhas pelo que está sujeita à influência das mais variadíssimas condições ambientais, quer sejam o tipo de manejo alimentar, sistema de produção em geral, como sejam características relacionadas com a estrutura das explorações, como o relevo e condições (Rodrigues, 2004). Isto reflete-se nas soluções de efeitos fixos obtidas pelo Modelo Animal, onde se percebe uma elevada dispersão do efeito da exploração e do ano de parto ou nascimento nas várias características. Esta dispersão está ilustrada na Tabela 12.

Tabela 12 - Efeito da exploração e do ano de parto e nascimento nos caracteres produtivos, reprodutivos e conformação e temperamento. Peso ao nascimento (PN); Peso aos 120 dias de idade (P120); Peso aos 210 dias de idade (P210); Intervalo entre partos (IntP); Idade ao 1º parto (ID1P); Longevidade produtiva (LP); Condição de nascimento (CondNasc); Desenvolvimento muscular (DM); Desenvolvimento esquelético (DE); Aptidão funcional (AF); Temperamento (TE).

Carater		Min.	Média	Max.
Produtivos	PN (Kg)	-11,8	1,5	14,4
	P120 (Kg)	-83,8	-10,1	49,9
	P210 (Kg)	-123,9	4,5	105,9
Reprodutivos	IntP (dias)	-135	-3	533
	ID1P (meses)	-13	4	61
	LP (meses)	-87	-4	62
	CondNasc (pontos)	-0,28	-0,002	0,98
Conformação e Temperamento	DM (pontos)	-24,7	0,68	20,8
	DE (pontos)	-21,3	0,84	20,8
	AF (pontos)	-19,0	-0,8	15,0
	TE (pontos)	-1,9	-0,03	2,61

Relativamente aos caracteres produtivos, verificaram-se diferenças devido ao efeito da exploração e ano entre +14,4 Kg e -11,8 Kg para o PN, entre +49,9 Kg e -83,8 Kg para o P120 e entre +106,0 Kg e -123,9 Kg para o P210. Para os caracteres de conformação, a AF registou diferenças devido ao mesmo efeito entre +15 pontos e -19 pontos, o DM diferenças entre +21 pontos e -25 pontos, o DE diferenças entre +21 pontos e -21 pontos e o TE diferenças entre explorações e anos entre 3 pontos e -2 pontos. Relativamente aos caracteres reprodutivos, o INTP registou diferenças entre explorações e anos entre +533 dias e -135 dias, a Id1P diferenças entre +61 dias e -13 dias, a LP diferenças entre +62 dias e -87 dias e por último a CondNasc registou diferenças entre explorações e anos de +1 ponto e -0,3 pontos.

A idade da vaca ao 1º parto mostrou ter um efeito quadrático na LP (Figura 7). Estes resultados mostram que 1º parto a partir dos 35 meses de idade resultam numa diminuição na longevidade produtiva (LP). Estes resultados são contrariados com um bom manejo durante a fase da recria das novilhas de substituição, por forma a garantir uma boa condição corporal, assim como, assegurar que no momento do 1º parto a vaca terá concluído todo o seu desenvolvimento corporal e reprodutivo (Szabó e Dákay, 2009; Lacruz, 2017). Outro resultado obtido neste trabalho, foi que se registaram LP superiores para o período de 1987 a 2005.

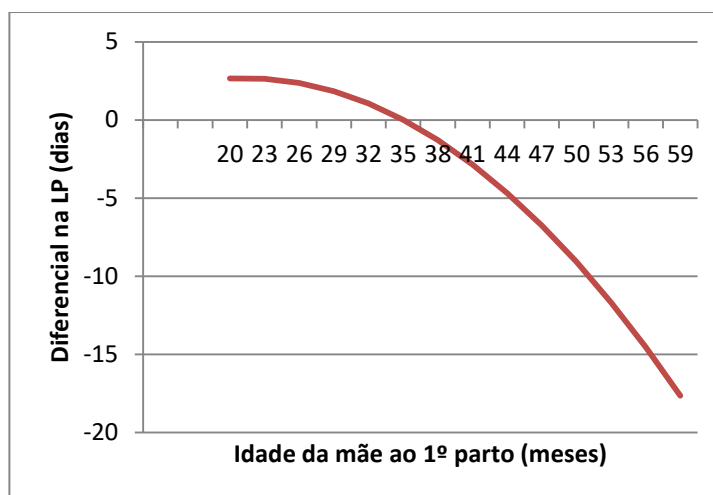


Figura 7 - Efeito da idade da vaca ao 1º parto na longevidade produtiva.

A idade da mãe no momento do parto tem um efeito quadrático na pontuação dos caracteres de conformação, condição de nascimento e no valor das pesagens ao nascimento, 120 dias e 210 dias. Pela análise da Figura 8, é possível concluir que vitelos que nascem de vacas com idades compreendidas entre os 84 e os 120 meses de idade, apresentam melhores performances produtivas até ao desmame; a partir dos 132 meses de idade da vaca, os pesos dos vitelos descem abaixo da média. Isto pode estar relacionado com redução da produção de leite ao longo das lactações, que resulta em P120 e P210 menores (Liu et al., 2015; Sepchat et al., 2018). Para além disso, poderá ser consequência de um início de atividade reprodutiva precoce, comprometendo toda a vida reprodutiva da fêmea - efeitos ambientais permanentes - (Carolino et al., 2003), tais como, o manejo durante a fase de recria (Day e Nogueira, 2013) ou a condição corporal no momento da cobrição (Rodríguez-Sánchez et al., 2015). Relativamente aos caracteres de conformação (AF, DM e DS), os vitelos nascidos de vacas com idades compreendidas entre os 60 e os 96 meses, revelam melhores “pontuações”, diminuindo para valores abaixo da média a partir dos 108 dias de idade da mãe (Figura 8). A CondNasc (Figura 8) aumenta acima da média a partir dos 72 meses de idade da vaca; porém, os desvios são muito pequenos não chegando aos 0,3 pontos aos 240 meses de idade.

Relativamente ao sexo do vitelo, os machos mostraram ser mais pesados do que as fêmeas até ao desmame, tal como Riggio et al. (2008) e Vostrý e Milerski (2013) concluíram nos seus estudos. Para os caracteres de conformação, os machos apresentam melhores pontuações no desenvolvimento muscular e as fêmeas no desenvolvimento esquelético e aptidão funcional. Em relação ao temperamento os machos mostram ser mais dóceis do que as fêmeas, o que pode estar relacionado com o comportamento maternal. Para os caracteres reprodutivos, o nascimento dos machos tem uma influência negativa no IntP e na CondNasc relativamente às fêmeas. Estes resultados podem estar relacionados, pois machos com PN superior podem levar a partos mais difíceis e com isso aumentar a possibilidade de ocorrência de

distócia e, por sua vez, a uma redução da fertilidade pós-parto, já que esta condição promove a ocorrência de doenças uterinas e atraso na atividade luteínica (Andrade, 1995; Berry et al., 2003; Zaborski et al., 2009; Berry et al., 2014).

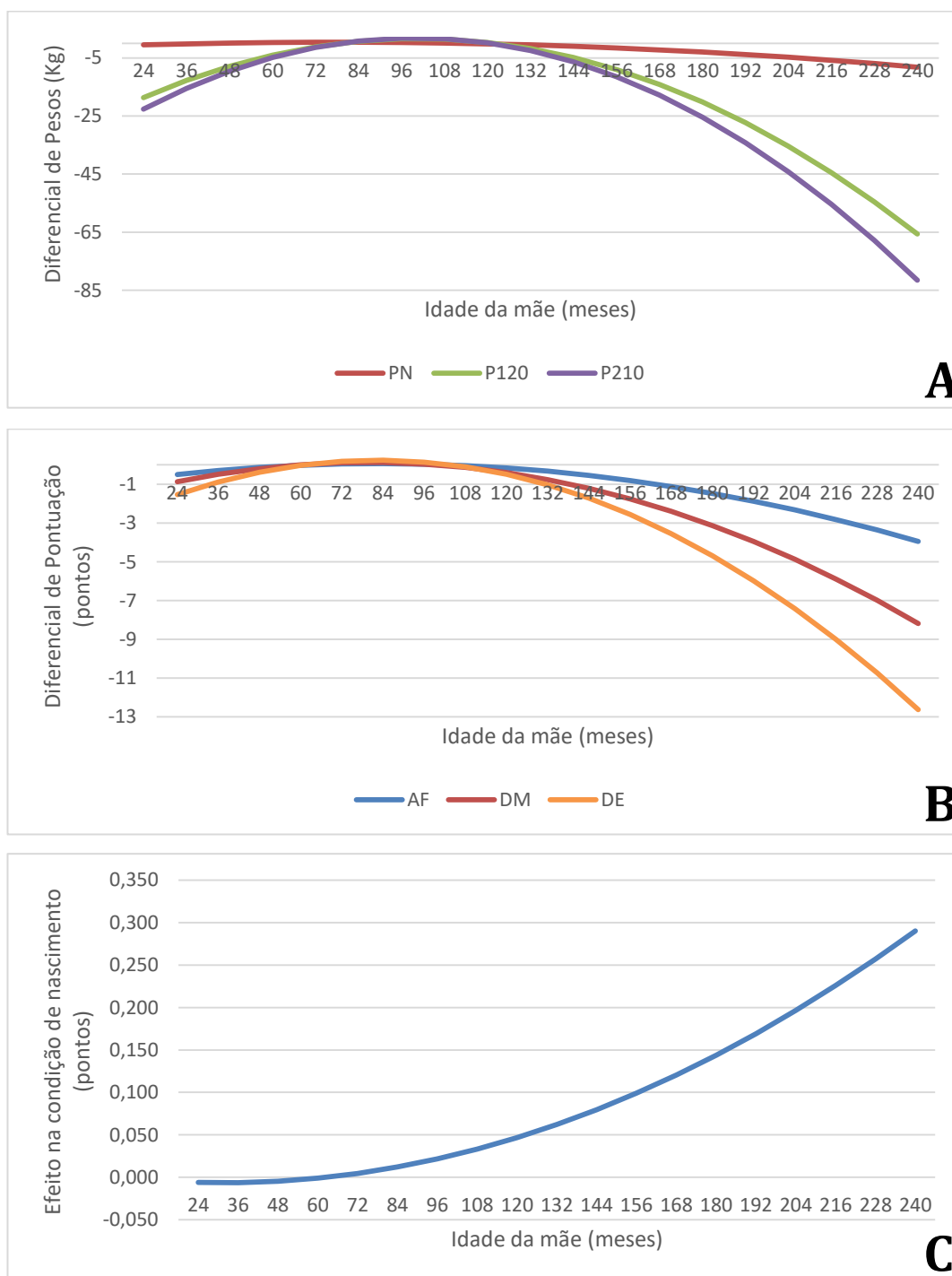


Figura 8 - Efeito da idade da vaca nos pesos (A), na conformação (B) e na condição de nascimento (C). Peso ao nascimento (PN); Peso aos 120 dias de idade (P120); Peso aos 210 dias de idade (P210); Desenvolvimento muscular (DM); Desenvolvimento esquelético (DE); Aptidão funcional (AF); Condição de nascimento (CondNasc).

Na Figura 9 está resumido o efeito do mês de nascimento nos PN, P120 e P210. Para o PN o efeito do mês não se verificou muito relevante. Os partos acontecem ao longo de todo o ano, notando-se um PN ligeiramente mais baixo entre julho e outubro. Vitelos nascidos entre janeiro e fevereiro apresentaram um P120 mais elevado. Os vitelos nascidos em janeiro foram os que apresentaram P210 mais elevado, enquanto os nascidos em julho apresentaram os valores mais baixos. Na origem destes resultados pode estar o facto de animais nascidos no inverno (janeiro) beneficiarem de um ambiente mais favorável na primavera, conseguindo tirar melhor partido da pastagem e atingir melhores performances de crescimento, tanto aos 120 como aos 210 dias de idade (Carolino et al., 2003; APCRBL, 2018a).

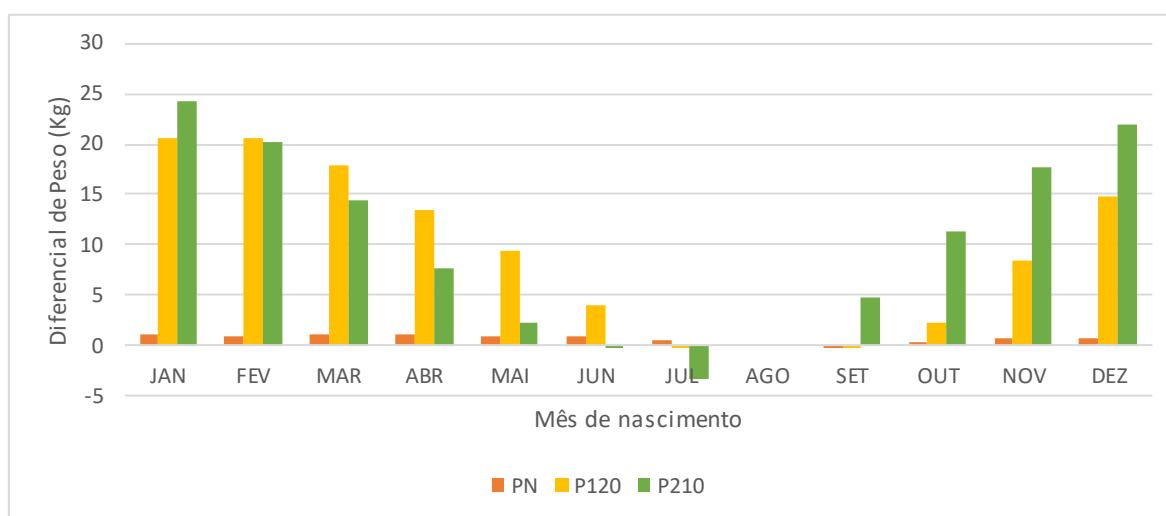


Figura 9 - Efeito do mês de nascimento no PN, P120 e P210 (relativamente ao mês de agosto). Peso ao nascimento (PN); Peso aos 120 dias de idade (P120); Peso aos 210 dias de idade (P210).

Relativamente à conformação (Figura 10), observam-se melhores pontuações para os três caracteres entre os meses de setembro e fevereiro, talvez pelo facto de na maioria dos casos a classificação dos vitelos ser feita na primavera (Carolino et al., 2003).

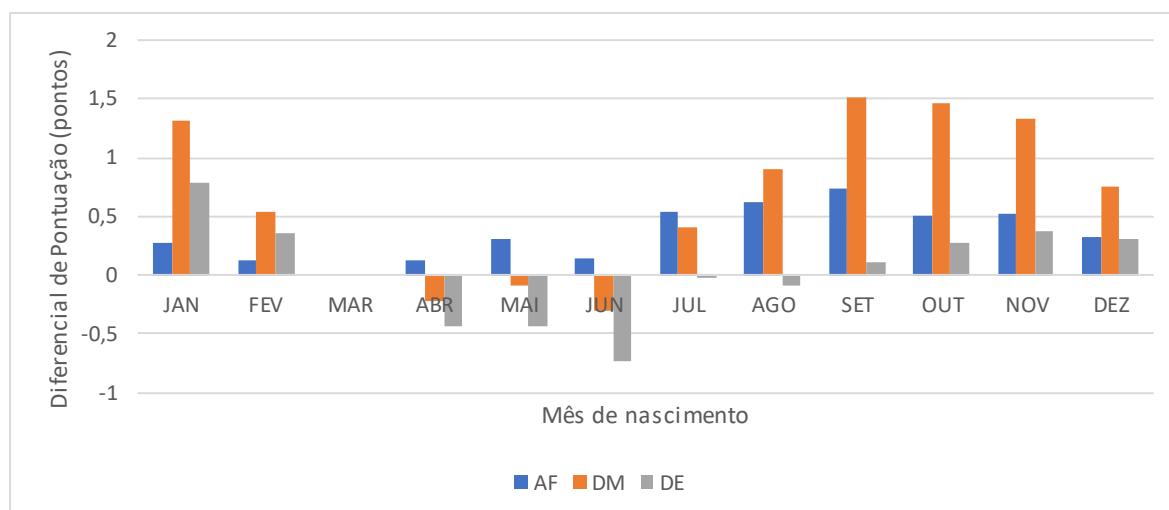


Figura 10 - Efeito do mês de nascimento nos caracteres de conformação (relativamente ao mês de março). Desenvolvimento muscular (DM); Desenvolvimento esquelético (DE); Aptidão funcional (AF).

O IntP mostrou ser mais elevado para os partos no mês de dezembro e menor para os partos de julho. Quanto à CondNasc (Figura 11), os partos em fevereiro registaram os valores mais elevados e entre os meses de agosto e dezembro registaram-se partos mais fáceis. Aspectos relacionados com o manejo reprodutivo podem estar na origem destes valores, principalmente em explorações em que os animais são mantidos em pastoreio, como é o caso da maioria das explorações bovinas da raça Limousine em Portugal. Valores reduzidos para o IntP podem estar relacionados com a duração da época de pastoreio e com a qualidade/quantidade de alimento disponível que irá permitir uma boa condição corporal da vaca no momento do parto o que contribui para uma fácil recuperação no pós-parto (Roberts et al., 2016). Por outro lado, acesso a alimento com qualidade/quantidade durante a gestação, pode levar ao aumento do peso ao nascimento, que associado à elevada condição corporal da vaca, pode resultar em partos mais difíceis (Phocas e Laloë, 2004; Cervantes et al., 2010).

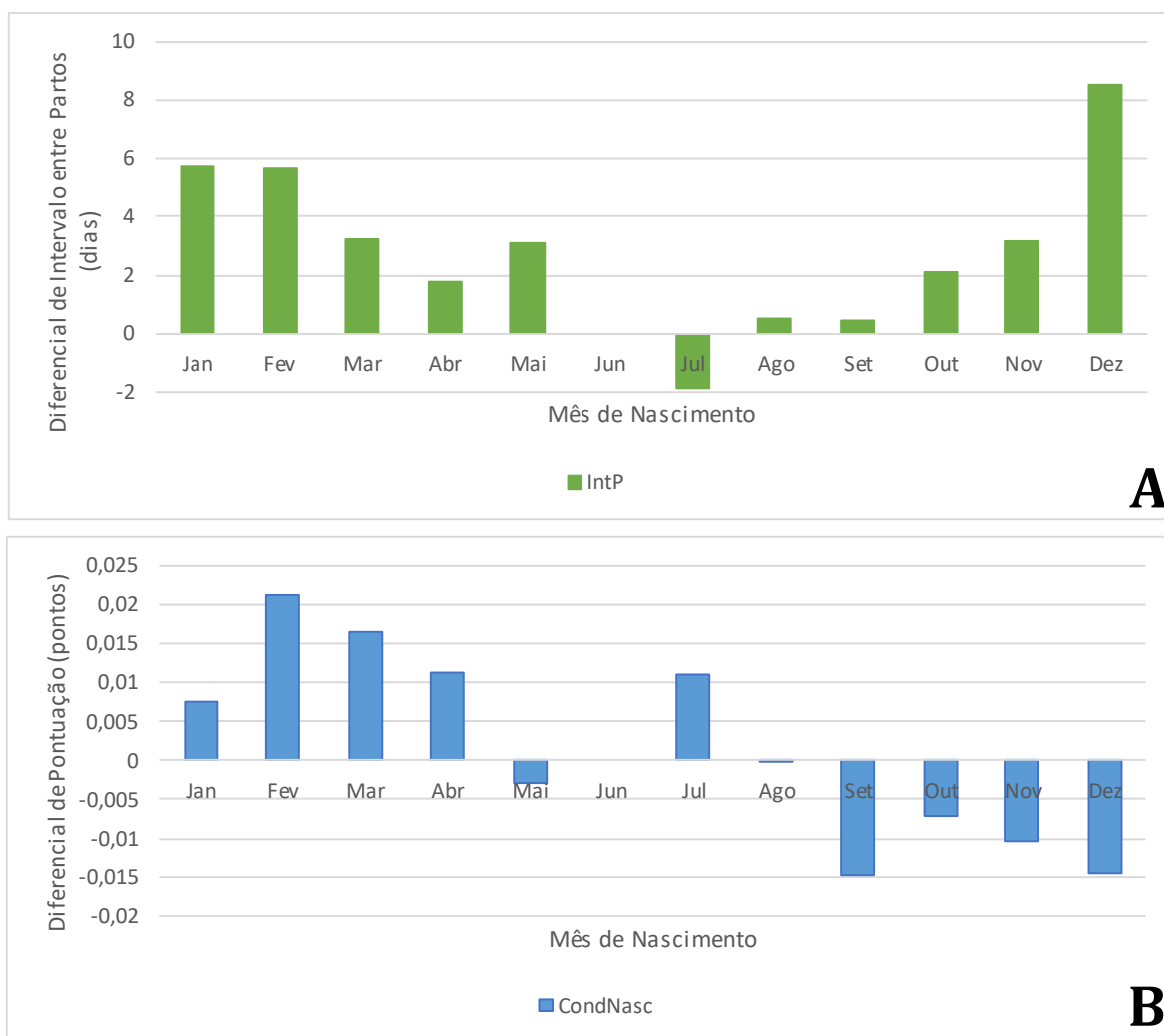


Figura 11 - Efeito do mês de nascimento no IntP (A) e CondNasc (B) (relativamente ao mês de junho). Intervalo entre partos (IntP); Condição de nascimento (CondNasc).

3.2. Parâmetros Genéticos

Foram estimados os parâmetros genéticos: variâncias genéticas aditiva, ambiental e fenotípica, heritabilidade e desvios padrão genéticos individual para o P120, LP e ID1P. Para o P120, foi ainda considerada a variância para os efeitos maternos, a covariância e a correlação entre estes e os efeitos diretos. Os valores estão resumidos na Tabela 13, que se apresenta de seguida:

Tabela 13 - Parâmetros genéticos do peso aos 120 dias (P120), longevidade produtiva (LP) e idade ao 1º parto (ID1P).

Parâmetros Genéticos	P120	LP	ID1P
Variância Genética	83,37 Kg	184,3 dias	38,52 dias
Covariância entre Efeito Diretos e Maternos	-10,12		
Variância Materna	46,25 Kg		
Variância Ambiental Materna Permanente	55,92 Kg		
Variância Residual	279,24 Kg	1538,9 dias	41,75 dias
Variância Fenotípica	455,66 Kg	1723,2 dias	80,27 dias
Heritabilidade	0,19	0,107	0,48
Heritabilidade Materna	0,10		
Correlação entre Efeitos Diretos e Maternos	-0,16		
Desvio Padrão Genético Direto	9,19 Kg	13,6 dias	6,20 dias
Desvio Padrão Genético Materno	6,80 Kg		

As heritabilidades individual e materna calculadas neste trabalho para o caráter produtivo (P120) foram de 0,185 e 0,102, respetivamente. Estes resultados, à semelhança dos encontrados por Shi et al. (1993) e Splan et al. (2002) ainda que superiores, sugerem que a heritabilidade individual é mais elevada em relação à materna. Isto sugere que a variabilidade genética do P120 é determinada principalmente pelo potencial genético individual. É importante não ignorar o efeito materno nesta característica, uma vez que parte da variabilidade do peso pode estar relacionada com o ambiente materno, já que nesta fase o vitelo é ainda dependente da mãe (Shi et al., 1993; Gama, 2002; Phocas e Sapa, 2004; Blanco et al., 2008; Lopes et al., 2013; Liu et al., 2015). No entanto, a metodologia utilizada pelo HBL para a estimativa do P120, poderá resultar em valores que não traduzem corretamente o efeito materno neste caráter.

A correlação entre efeitos maternos e diretos foi negativa para o P120 (-0,162). Tal como em Shi et al. (1993) e Splan et al. (2002), que demonstraram um antagonismo entre efeitos maternos e diretos. Isto significa que alguns genes ou grupos de genes têm efeitos opostos nas componentes materna e direta, ou seja, animais com potencial genético superior para o crescimento tendem a ter potencial genético inferior para caracteres maternos e vice-versa. Desta forma, no desenvolvimento de um programa de seleção, é importante ter em conta que o progresso genético de uma componente afetará o progresso genético da outra. Por isso, a utilização de índices de seleção como método de seleção de reprodutores poder ser a forma de obter a ponderação adequada entre as componentes materna e

direta. Por outro lado, no caso da utilização de reprodutores para cruzamentos terminais, como é situação frequente para a raça Limousine em Portugal, torna-se pertinente escolher touros com uma boa componente direta de maneira a transmitir boas características de crescimento à descendência (Carolino et al., 2003).

O valor estimado neste trabalho para a heritabilidade, para a ID1P, foi elevado e superior à estimativa obtida por Gutiérrez et al. (2002) ($h^2=0,235$), por Caetano et al. (2013) ($h^2=0,165$) e por Mohiuddin (1993) e Koots et al. (1994a, 1994b) citados por Gama (2002) ($h^2=0,06$). A heritabilidade para a LP estimada neste trabalho foi aproximada à estimativa de Mohiuddin (1993) e Koots et al. (1994a, 1994b) citados por Gama (2002) ($h^2=0,10$) e elevada relativamente ao valor estimado por Vollema e Groen (1996), ainda que estes valores correspondam a bovinos de leite.

Variações nas estimativas entre estudos podem ser explicadas por diferenças nos métodos de estimativa, modelos estatísticos, na origem dos dados, raças e sistemas de produção considerados, na seleção praticada (Shi et al., 1993) e pela metodologia utilizada na estimativa dos P120 e P210, atualmente usada para a raça Limousine pelo HBL.

3.3. Depressão Consanguínea

A depressão consanguínea pode ser quantificada pela redução do valor fenotípico médio para um determinado carater, normalmente relacionado com parâmetros reprodutivos, produtivos e eficiência alimentar (Carrillo e Siewerdt, 2010).

Para a raça Limousine em Portugal, a consanguinidade média para os vitelos nascidos em 2018 foi de 1,5%. Ainda que a raça Limousine em Portugal apresente níveis de consanguinidade média baixos, não significa que ao nível dos emparelhamentos, não seja necessário ter o efeito da consanguinidade em consideração, já que existem animais fortemente consanguíneos (máximo verificado 42,2%). Através do gráfico da Figura 12 é possível observar que a consanguinidade não sofreu grandes oscilações entre 1990-2018. Um aspeto a ter em conta e que poderá explicar este valor, é o facto da raça Limousine ser utilizada em mais de 70 países e existir mundialmente um elevado número de reprodutores. Só em França, solar da raça, em 2014, existiam mais de 1 100 000 vacas em produção. A possibilidade de os Criadores Portugueses acederem a animais ou Germoplasma de outros países, tem permitido aumentar da variabilidade genética da população nacional e, com isso, um controlo efetivo da consanguinidade.

O aumento do número de gerações conhecidas ao longo dos anos tem permitindo proceder ao acasalamento de animais menos aparentados (Russello e Amato, 2004).

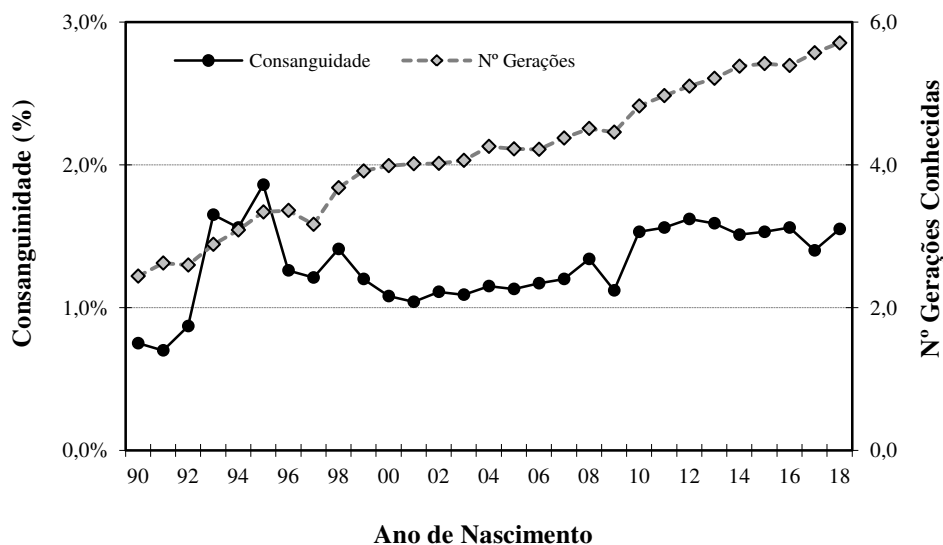


Figura 12 - Evolução da consanguinidade média entre 1990-2018.

Os valores da depressão consanguínea estimados para os caracteres produtivos, reprodutivos e de conformação estão resumidos na tabela 14.

Neste trabalho os resultados obtidos para o PN mostraram ser mais baixos relativamente aos obtidos na bibliografia, registando-se um decréscimo por cada 1% de F individual e materna de 0,013 Kg e 0,008 Kg, respetivamente. Burrow (1993) numa revisão sobre o efeito da consanguinidade em bovinos, concluiu que para valores de consanguinidade individual e materna diferentes de zero, foi notório um decréscimo de 0,07 Kg e 0,02 Kg, respetivamente. Segundo Pirchner (1985) citado por Gama (2002), por outro lado, por cada 1% de consanguinidade individual e materna, o PN sofreu uma redução de 0,06 Kg mas um aumento de 0,02 Kg, respetivamente. Carolino e Gama (2008a) no seu estudo com bovinos de carne da raça Alentejana, concluíram que o efeito da consanguinidade individual e materna no PN dos vitelos seria de uma redução de 0,027 Kg e 0,02 Kg, respetivamente, resultados um pouco superiores aos obtidos. Mais recentemente, Sumreddee et al. (2018), no seu estudo sobre o efeito da consanguinidade individual e materna em bovinos da raça Hereford, com base em registos genealógicos, concluíram que o PN sofreu uma redução de 0,031 Kg e de 0,089 Kg por cada 1% de consanguinidade individual e materna, respetivamente.

Tabela 14 - Depressão consanguínea (DepConsang) em unidade/1% F, nos caracteres analisados: Peso ao nascimento (PN), Peso normalizado aos 120 e 210 dias (P120 e P210), Intervalo entre partos (IntP), Idade ao 1º parto (ID1P), Longevidade produtiva (LP), Condição de nascimento (CN), Aptidão funcional (AF), Desenvolvimentos muscular e esquelético (DM e DS) e Temperamento (TE). Erro padrão da estimativa (EP); Consanguinidade individual (F_i); Consanguinidade materna (F_m); Média (μ).

<i>Carater (unidades/1% F)</i>		DepConsang da $F_i \pm EP$	DepConsang na μ do carater (%)	F_i média	F_i max	F_i min	DepConsang da $F_m \pm EP$	DepConsang na μ do carater (%)	F_m média	F_m max	F_m min
<i>Produção</i>	PN (Kg)	-0,0130±0,0088	-0,27%	1,3%	37,5%	0%	-0,0077±0,0104	-0,02%	1,0%	32,9%	0,0%
	P120 (Kg)	-0,4315±0,0358	-0,27%	1,3%	37,5%	0%	-0,2887±0,0464	-0,18%	1,0%	37,5%	0,0%
	P210 (Kg)	-0,6843±0,0525	-0,24%	1,3%	37,5%	0%	-0,3904±0,0633	-0,15%	1,0%	37,5%	0,0%
<i>Reprodução</i>	IntP (d)	+1,0188±0,1359	0,24%	1,2%	40,6%	0%					
	ID1P (d)	+0,0746±0,0233	0,20%	1,3%	37,5%	0%					
	LP (d)	-0,2252±0,1063	-0,29%	1,4%	42,2%	0%					
	CondNasc (pts)	-0,0008±0,0006	-0,08%	1,4%	39,3%	0%	+0,004±0,0007	-0,08%	1,1%	32,9%	0,0%
<i>Conformação</i>	AF (pts)	-0,0452±0,007	-0,07%	1,5%	42,2%	0%					
	DM (pts)	-0,0932±0,0071	-0,16%	1,5%	42,2%	0%					
	DE (pts)	-0,0079±0,0079	-0,01%	1,5%	42,2%	0%					
	TE (pts)	-0,0014±0,0015	0,05%	1,6%	37,6%	0%					

À semelhança do PN, os P120 e P210 também sofreram negativamente com o acréscimo da consanguinidade (-0,4315 Kg/1% de F_i e -0,2887 Kg / 1% de F_m para o P120 e -0,6843 Kg/1% de F_i e -0,3904 Kg/1% de F_m para o P210). Estes resultados estão de acordo com os obtidos na bibliografia. Pirchner (1985) citado por Gama (2002) e Carolino e Gama (2008a) apontam para um efeito negativo da consanguinidade nos pesos aos 3 meses e aos 7 meses em bovinos de carne. Burrow (1993) no seu trabalho de revisão sobre o efeito da consanguinidade em bovinos, notou uma redução de 0,34 Kg e de 0,3 Kg no peso ao desmame com o aumento de 1% de consanguinidade individual e materna, respetivamente. Também nos trabalhos de Carrillo e Siewerdt (2010) e Sumreddee et al. (2018) é apontada uma redução no peso ao desmame dos vitelos como resultado do aumento da consanguinidade tanto individual como materna.

A consanguinidade pode influenciar não só o fenótipo do próprio indivíduo, mas também da sua descendência. Este facto torna-se particularmente importante em situações em que as características maternas são determinantes no fenótipo da descendência, como é o caso dos caracteres produtivos (MacNeil et al., 2007; Carolino and Gama, 2008a; Davis e Simmen, 2010; Béréños et al., 2016; Pereira et al., 2016). O peso até ao desmame dos vitelos é resultado do potencial genético do indivíduo e das condições ambientais que lhe são proporcionadas, incluindo a produção e qualidade do leite materno e instinto maternal da vaca (Phocas e Sapa, 2004; Liu et al., 2015), sendo este fator mais importante no peso do vitelo até aos 120 dias de idade, já que a sua alimentação neste período restringe-se praticamente ao leite materno (Blanco et al., 2008; Lopes et al., 2013).

No caso do presente estudo, porém, o efeito da consanguinidade dos efeitos maternos foi superior no P210, relativamente ao P120, o que, aliás, se verifica também nos efeitos diretos nestes dois pesos. O facto da depressão consanguínea do P210 ser maior relativamente à do P120 pode ser explicada pela dependência que o peso do vitelo, numa determinada idade, tem do peso em idades anteriores (Carolino et al., 2003). Outra explicação possível será a metodologia de cálculo dos pesos aos 120 e 210 dias de idade. Como descrito no ponto 2.3 do Capítulo I, estes pesos são obtidos através de uma fórmula que permite a estimativa das pesagens às idades normalizadas recorrendo a valores com uma elevada distância temporal. Assim, por exemplo, no caso do P210, ao serem considerados valores de pesagem relativos a idades entre os 0 e os 300 dias de idade, poderão estar a ser considerados valores de pesagem, com a respetiva depressão consanguínea, relativos ao período até aos 120 dias. Da mesma forma, para o cálculo do P120, no extremo, a sua obtenção pode ser a partir dos pesos aos 129 e 229 dias de idade, o que pode conduzir a uma estimativa que, biologicamente, não difere da do P210. Como forma de contornar esta situação sugerimos que as pesagens utilizadas no cálculo do P120 sejam feitas entre os 0-150 dias de idade e para o cálculo do P210 que as pesagens sejam feitas entre os 150-300 dias de idade.

As diferenças entre populações, também podem estar na origem da discrepância encontrada entre os resultados da literatura e os obtidos neste trabalho. O facto de os animais serem mantidos em sistemas de produção diferentes também poderá ser muito importante, uma vez que os animais da raça Limousine em Portugal são maioritariamente mantidos em sistemas extensivos ao ar livre, com base em pastoreio. Assim, a expressão da depressão consanguínea não será tão evidente relativamente a animais mantidos em sistemas intensivos em que o intervalo entre gerações é menor e a seleção natural não tem um papel tão evidente (Carolino e Gama, 2008a).

O efeito negativo da consanguinidade é notório em todos os caracteres reprodutivos analisados. Na CondNasc, os resultados foram muito baixos, embora pareça existir um antagonismo entre os efeitos genéticos maternos e diretos. Este antagonismo poderá ser explicado pelo facto de um aumento do tamanho e da musculatura da vaca poderem levar a um aumento da dificuldade de parto e risco de ocorrência de distócia (Phocas e Laloë, 2004; Vostrý et al., 2015; Nelson et al., 2016; Cortés-Lacruz et al., 2017b), associado ao aumento do PN do vitelo (Phocas e Laloë, 2004; Cervantes et al., 2010).

Neste trabalho verificou-se uma redução de 0,225 dias na LP por cada 1% de consanguinidade. Resultados semelhantes aos encontrados por Miglior et al. (2008) e Oliveira (2011). Segundo Cortés-Lacruz et al. (2017b), a diminuição da facilidade de parto é também fator que pode levar à redução da LP. O manejo reprodutivo é também um fator importante neste caráter. Segundo Szabó e Dákay (2009), novilhas que parem pela primeira vez na primavera apresentam maior LP do que aquelas que parem no outono.

A consanguinidade resulta num atraso de 1,02 dias no IntP. A ID1P, neste trabalho, é influenciada desfavoravelmente pela consanguinidade, em média +0,075 dias por 1% de consanguinidade, valor algo diferente daqueles sugeridos por Burrow (1993), Gama (2002) e Carolino e Gama (2008a). Estas diferenças podem ser explicadas pela importância da seleção dos animais no sentido do aumento de peso. Bovinos com peso adulto mais elevado apresentam necessidades nutricionais maiores e com isso um atraso no início da atividade reprodutiva (Ferrell, 1982; Cundiff, 1988; Jenkins e Ferrell, 1994; Silva et al., 2015). Outro fator a ter em conta será o manejo reprodutivo de uma exploração. A forma como estão organizados os partos ao longo do ano é determinante na precocidade reprodutiva das fêmeas. Segundo Lacruz (2017), o mês de nascimento das novilhas de substituição tem grande relevo no início da atividade reprodutiva.

Neste trabalho o efeito da consanguinidade no TE é muito baixo, sugerindo, apesar disso, que a consanguinidade pode proporcionar animais mais dóceis. Mc Parland et al. (2008) também concluíram que a consanguinidade não afeta significativamente o TE na raça Limousine. Já Burrow (1998) concluiu que a consanguinidade tem um efeito positivo, mas reduzido, no temperamento, ou seja, a consanguinidade torna os

animais mais dóceis. A mesma autora, no seu trabalho de revisão sobre o efeito da consanguinidade em bovinos, conclui que a consanguinidade tem um efeito negativo, ainda que com pouca relevância do ponto de vista económico, nos caracteres de temperamento e conformação (Burrow, 1993).

Quanto ao efeito sobre a AF, Mc Parland et al. (2008) concluíram que a consanguinidade não tem qualquer influência neste caráter o que contraria de certa forma os resultados obtidos o presente trabalho, que, apesar de não terem grande expressão, refletem um efeito negativo por cada 1% de consanguinidade de $-0,0452 \pm 0,007$ pontos. Para os restantes caracteres de conformação, os resultados obtidos neste trabalho estão de acordo com os encontrados por Mc Parland et al. (2008), que sugerem um efeito negativo no desenvolvimento muscular e esquelético em bovinos da raça Limousine.

4. Conclusões

Este trabalho permitiu estudar o efeito da consanguinidade em caracteres produtivos como o PN, P120 e P210, em caracteres reprodutivos como a ID1P, IntP, LP e CondNasc e em caracteres de conformação e comportamento como o DM, DE, AF e TE.

A consanguinidade média estimada para os bovinos da raça Limousine em Portugal foi baixa (1,5%), mas ainda assim foi notório o seu efeito negativo em todos os caracteres em análise, com exceção do Temperamento. Este trabalho permitiu concluir que, uma raça como a Limousine que é utilizada mundialmente, ainda que consiga manter reduzidos os níveis de consanguinidade do efetivo, a depressão consanguínea manifesta-se inevitavelmente.

A depressão consanguínea, diminuição do vigor ou da produtividade dos animais, expressa-se mesmo quando os valores médios da consanguinidade individual são reduzidos.

Ainda que a depressão consanguínea dependa do tipo de carácter e população, normalmente afeta de uma forma mais negativa e acentuada os caracteres relacionados com *fitness*, especialmente os reprodutivos (fertilidade, mortalidade, sobrevivência, etc.). Neste trabalho comprovou-se o efeito mais pronunciado da consanguinidade nas características reprodutivas e de crescimento.

Os parâmetros genéticos do P120, da LP e da ID1P estimados neste estudo indicam valores de variabilidade genética semelhantes aos de outros trabalhos realizados também com a raça Limousine em Portugal e noutros países.

Os efeitos ambientais incluídos nos modelos de análise dos diferentes tipos de caracteres estudados - Produtivos, Reprodutivos, Conformação e Temperamento - demonstram a influência destes mesmos fatores nos respetivos caracteres e a importância da sua inclusão nos modelos.

A definição do modelo mais adequado para a análise de um determinado tipo de carácter é fundamental para a validade dos resultados que venham a obter-se, quer em termos das estimativas dos parâmetros genéticos, quer das predições dos valores genéticos e das suas precisões. Os efeitos fixos a considerar têm de estar de acordo com a biologia do carácter em estudo, nomeadamente os efeitos que normalmente o afetam. De igual forma, os efeitos aleatórios a incluir num modelo (efeitos genéticos diretos ou maternos e efeitos ambientais permanentes), deverão refletir mais uma vez o tipo de carácter em análise.

Em suma, com este trabalho, foi possível concluir que, mesmo com valores de consanguinidade reduzidos, os seus efeitos nos caracteres estudados foram evidentes. Desta forma, a consanguinidade gerada em cada geração deve ser um fator a ter em conta em programas de melhoramento, no sentido de diminuir o seu impacto em caracteres de interesse económico nas explorações.

Por último, o método de estimativa dos P120 e P210, atualmente em uso, poderá não permitir uma correta separação dos efeitos diretos e maternos, pelo que deveria ser equacionado a sua revisão.

Referências Bibliográficas

- Åby, B. A., L. Aass, E. Sehested, and O. Vangen. 2012. A bio-economic model for calculating economic values of traits for intensive and extensive beef cattle breeds. *Livest. Sci.* 143:259–269.
- Andrade, L. P. M. P. 1995. Fatores que afetam e controlam o anestro pós-parto e o reinício da actividade ovárica em vacas de carne. Instituto Politecnico de Castelo Branco, Castelo Branco.
- APCRBL. 2018. Associação Portuguesa de Criadores da Raça Bovina Limousine. Acedido a: 15-10-2018. Disponível em: <http://www.limousineportugal.com/conteudo.php?idm=13>
- APCRBL. 2018. Associação Portuguesa de Criadores da Raça Bovina Limousine. Acedido a: 20-10-2018. Disponível em: <https://www.facebook.com/limousineportugal>
- APRC. 2018. Associação Portuguesa da Raça Charolesa. Acedido a: 18-10-2018. Disponível em: <http://www.charoles.com.pt/index.php>
- Arthur, P. F., J. A. Archer, D. J. Johnston, R. M. Herd, E. C. Richardson, and P. F. Parnell. 2001a. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. *J. Anim. Sci.* 79:2805.
- Arthur, P. F., G. Renand, and D. Krauss. 2001b. Genetic parameters for growth and feed efficiency in weaner versus yearling Charolais bulls. *Aust. J. Agric. Res.* 52:471–476.
- Béréños, C., P. A. Ellis, J. G. Pilkington, and J. M. Pemberton. 2016. Genomic analysis reveals depression due to both individual and maternal inbreeding in a free-living mammal population. *Mol. Ecol.* 25:3152–3168.
- Bernardes, P. A., D. A. Grossi, R. P. Savegnago, M. E. Buzanskas, S. B. Ramos, E. P. Romanzini, D. G. F. Guidolin, L. A. F. Bezerra, R. B. Lôbo, and D. P. Munari. 2016. Population structure of Tabapuã beef cattle using pedigree analysis. *Livest. Sci.* 187:96–101.
- Berrechet, P., S. P. Miller, P. Boulesteix, A. Delpeuch, and O. Leudet. 2017. Résultats du Contrôle des Performances Bovins Allaitants. France.
- Berry, D. P., F. Buckley, P. Dillon, R. D. Evans, M. Rath, and R. F. Veerkamp. 2003. Genetic Relationships among Body Condition Score, Body Weight, Milk Yield, and Fertility in Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 86:2193–2204.
- Berry, D. P., E. Wall, and J. E. Pryce. 2014. Genetics and genomics of reproductive performance in dairy and beef cattle. *Animal.* 8:105–121.
- Blanco, M., D. Villalba, G. Ripoll, H. Sauerwein, and I. Casasús. 2008. Effects of pre-weaning concentrate feeding on calf performance, carcass and meat quality of autumn-born bull calves weaned at 90 or 150 days of age. *Animal.* 2:779–789.
- Blonde d'Aquitaine Stamboek Nederland. 2018. Blonde d'Aquitaine Stamboek Nederland. Acedido a: 15-10-2018. Disponível em: <https://www.blondestamboek.nl/pg-24952-7-43950/pagina/home.html>
- Boldman, K. G., L. A. Kriese, L. D. Van Vleck, C. P. Van Tassell, and S. D. Kanchman. 1995. A Manual for Use of MTDFREML – a Set of Programs to Obtain Estimates of Variances and Covariances. 116.
- Burrow, H. . 2001. Variances and covariances between productive and adaptive traits and temperament in a composite breed of tropical beef cattle. *Livest. Prod. Sci.* 70:213–233.
- Burrow, H. M. 1993. The effects of inbreeding in beef cattle. *Anim. Breed. Abstr.* 61:737–751.

Burrow, H. M. 1997. Measurements of temperament and their relationships with performance traits of beef cattle. *Anim. Breed. Abstr.* 65:477–495.

Burrow, H. M. 1998. The effects of inbreeding on productive and adaptive traits and temperament of tropical beef cattle. *Livest. Prod. Sci.* 55:227–243.

Caetano, S. L., R. P. Savegnago, A. A. Boligon, S. B. Ramos, T. C. S. Chud, R. B. Lôbo, and D. P. Munari. 2013. Estimates of genetic parameters for carcass, growth and reproductive traits in Nellore cattle. *Livest. Sci.* 155:1–7.

Carolino, N. 2001. Modelos Principais - Exemplos Práticos. Departamento de Genética e Melhoramento Animal, Estação Zootécnica Nacional - Fonte Boa.

Carolino, N., L. Gama, and R. Carolino. 2000. Efeitos genéticos e ambientais no intervalo entre partos num efectivo bovino Mertolengo. *Veterinária Técnica.* Ano10:16–23.

Carolino, N., and L. T. Gama. 2008a. Inbreeding depression on beef cattle traits: Estimates, linearity of effects and heterogeneity among sire-families. *Genet. Sel. Evol.* 40:241–264.

Carolino, N., and L. T. Gama. 2008b. Indicators of genetic erosion in an endangered population: The Alentejana cattle breed in Portugal. *J. Anim. Sci.* 86:47–56.

Carolino, N., L. T. Gama, J. Rodrigues, and J. Bento. 2003. Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características de crescimento e conformação em bovinos da raça Limousine. *Rev. Port. Zootec.* Nº1:1–24.

Carolino, N., C. O. e Sousa, F. Santos-Silva, and I. Carolino. 2017a. Consanguinidade e depressão consanguínea nas espécies pecuárias. *Vida Rural.* 26–27.

Carolino, N., F. Veríssimo, and M. Silveira. 2017b. Raça bovina Limousine – Avaliação Genética 2017. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P., Polo de Investigação da Fonte Boa, Portugal.

Carolino, N., F. Veríssimo, and M. Silveira. 2018. Raça bovina Limousine – Avaliação Genética 2018. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária, I.P., Polo de Investigação da Fonte Boa, Portugal.

Carrillo, J. A., and F. Siewerdt. 2010. Consequences of long-term inbreeding accumulation on preweaning traits in a closed nucleus Angus herd. *J. Anim. Sci.* 88:87–95.

Casellas, J., J. Piedrafita, G. Caja, and L. Varona. 2009. Analysis of founder-specific inbreeding depression on birth weight in Ripollesa lambs. *J. Anim. Sci.* 87:72–79.

Cassell, B. G., V. Adamec, and R. E. Pearson. 2003. Effect of Incomplete Pedigrees on Estimates of Inbreeding and Inbreeding Depression for Days to First Service and Summit Milk Yield in Holsteins and Jerseys. *J. Dairy Sci.* 86:2967–2976.

Catita, D. 2015. Notícias Limousine. Nº23. 5.

Catita, D. 2017. Notícias Limousine. Nº25. 5.

Cervantes, I., J. P. Gutiérrez, I. Fernández, and F. Goyache. 2010. Genetic relationships among calving ease, gestation length, and calf survival to weaning in the Asturiana de los Valles beef cattle breed. *J. Anim. Sci.* 88:96–101.

Chen, L., M. Vinsky, and C. Li. 2015. Accuracy of predicting genomic breeding values for carcass merit traits in Angus and Charolais beef cattle. *Anim. Genet.* 46:55–59.

- Cortés-Lacruz, X., I. Casasús, R. Revilla, A. Sanz, M. Blanco, and D. Villalba. 2017a. The milk yield of dams and its relation to direct and maternal genetic components of weaning weight in beef cattle. *Livest. Sci.* 202:143–149.
- Cortés-Lacruz, X., R. Revilla, I. Casasús, A. Sanz, J. Ferrer, P. Banzo, and D. Villalba. 2017b. Evaluación genética de la facilidad de parto en la raza bovina parda de montaña usando los modelos lineal y umbral. *ITEA Inf. Tec. Econ. Agrar.* 113:158–175.
- Cundiff, L. V. 1988. Sources of genetic variation in beef cattle. *Poult. Breeders Am.* May 5-6:74–104.
- Curik, I., J. Sölkner, and N. Stipic. 2001. The influence of selection and epistasis on inbreeding depression estimates. *J. Anim. Breed. Genet.* 118:247–262.
- Davis, M. E., and R. C. M. Simmen. 2010. Estimates of inbreeding depression for serum insulin-like growth factor I concentrations, body weights, and body weight gains in Angus beef cattle divergently selected for serum insulin-like growth factor I concentration^{1,2,3}. *J. Anim. Sci.* 88:552–561.
- Day, M. L., and G. P. Nogueira. 2013. Management of age at puberty in beef heifers to optimize efficiency of beef production. *Anim. Front.* 3:6–11.
- Diskin, M. G., and D. A. Kenny. 2014. Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers. *Animal.* 8:27–39.
- Falconer, D. S., and T. F. C. Mackay. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. 4^a. Longman Group Ltd, London.
- Ferrell, C. L. 1982. Effects of postweaning rate of gain on onset of puberty and productive performance of heifers of different breeds. *J. Anim. Sci.* 55:1272–1283.
- France Limousin Selection. 2018. France Limousin Selection. Acedido a: 15-10-2018. Disponível em: <https://www.limousine.org/>
- Gama, L. T. 2002. *Melhoramento Genético Animal*. Escolar Editora, Lisboa.
- Gama, L. T. da, C. P. de Matos, and N. Carolino. 2004. *Modelos Mistos em Melhoramento Animal*. Direção Geral de Veterinária, Lisboa.
- Gomes, V. 2018. Notícias Limousine. N°26. 5.
- Gómez, M. D., M. Valera, A. Molina, J. P. Gutiérrez, and F. Goyache. 2009. Assessment of inbreeding depression for body measurements in Spanish Purebred (Andalusian) horses. *Livest. Sci.* 122:149–155.
- Gutiérrez, J. ., I. Alvarez, I. Fernández, L. . Royo, J. Díez, and F. Goyache. 2002. Genetic relationships between calving date, calving interval, age at first calving and type traits in beef cattle. *Livest. Prod. Sci.* 78:215–222.
- Gutiérrez, J. P., J. Altarriba, C. Díaz, R. Quintanilla, J. Cañón, and J. Piedrafita. 2003. Pedigree analysis of eight Spanish beef cattle breeds. *Genet. Sel. Evol.* 35:43–63.
- Herd-Book Charolaise. 2018. Herd-Book Charolaise. Acedido a: 18-10-2018. Disponível em: <https://charolaise.fr/>
- Hidalgo, A. M., J. W. M. Bastiaansen, M. S. Lopes, B. Harlizius, M. A. M. Groenen, and D.-J. de Koning. 2015. Accuracy of Predicted Genomic Breeding Values in Purebred and Crossbred Pigs. *G3 GENES, GENOMES, Genet.* 5:1575–1583.
- Howard, J. T., J. E. Pryce, C. Baes, and C. Maltecca. 2017. Inbreeding in the genomics era: Inbreeding, inbreeding depression, and management of genomic variability. *J. Dairy Sci.* 100:6009–6024.

Institut de l'Elevage and Races de France. 2018. France Génétique Elevage. Acedido a: 19-10-2018. Disponível em: <http://en.france-genetique-elevage.org/>

Jenkins, T. G., and C. L. Ferrell. 1994. Productivity through weaning of nine breeds of cattle under varying feed availabilities: I. Initial evaluation. *J. Anim. Sci.* 72:2787–2797.

Lacruz, X. C. 2017. Análisis de los principales factores que afectan a la productividad en la raza Parda de Montaña: nuevas propuestas para el esquema de mejora genética. Universitat de Lleida.

Leroy, G. 2014. Inbreeding depression in livestock species: Review and meta-analysis. *Anim. Genet.* 45:618–628.

Liu, T., A. R. Mays, K. E. Turner, J. P. Wu, and M. A. Brown. 2015. Relationships of milk yield and quality from six breed groups of beef cows to preweaning average daily gain of their calves. *J. Anim. Sci.* 93:1859–1864.

Lopes, F. B., C. U. Magnabosco, F. Paulini, M. C. da Silva, E. S. Miyagi, and R. B. Lôbo. 2013. Genetic Analysis of Growth Traits in Polled Nellore Cattle Raised on Pasture in Tropical Region Using Bayesian Approaches. *PLoS One.* 8:1–6.

MacNeil, M., V. Leesburg, and T. Mott. 2007. Validating the breeding value for maternal preweaning gain in beef cattle with measured milk production. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 36.

Maignel, L., D. Boichard, and E. Verrier. 1996. Genetic variability of French dairy breeds estimated from pedigree information. *Interbull Bull.* 14:49–53.

Mc Parland, S., J. F. Kearney, D. E. MacHugh, and D. P. Berry. 2008. Inbreeding effects on postweaning production traits, conformation, and calving performance in Irish beef cattle. *J. Anim. Sci.* 86:3338–3347.

Mc Parland, S., J. F. Kearney, M. Rath, and D. P. Berry. 2007. Inbreeding Effects on Milk Production, Calving Performance, Fertility, and Conformation in Irish Holstein-Friesians. *J. Dairy Sci.* 90:4411–4419.

McHugh, N., A. R. Cromie, R. D. Evans, and D. P. Berry. 2014. Validation of national genetic evaluations for maternal beef cattle traits using Irish field data. *J. Anim. Sci.* 92:1423–1432.

Meuwissen, T. H. E., and J. A. Woolliams. 1994. Effective sizes of livestock populations to prevent a decline in fitness. *Theor. Appl. Genet.* 89:1019–1026.

Miglior, F., B. J. Van Doormaal, and G. Kistemaker. 2008. Phenotypic analysis of inbreeding depression for traits measured in Canadian dairy cattle breeds. 2008 Annu. Meet. Can. Soc. Anim. Sci. (CSAS).

Moser, D. W., J. K. Bertrand, L. L. Benyshek, M. A. McCann, and T. E. Kiser. 1996. Effects of selection for scrotal circumference in Limousin bulls on reproductive and growth traits of progeny. *J. Anim. Sci.* 74:2052.

Neindre, P. le, L. Grignard, G. Trillat, A. Boissy, F. Menissier, F. Sapa, and X. Boivin. 2002. Docile limousine cows are not poor mothers. *Proc. 7th World Congr. Genet. Appl. to Livest. Prod.* 14:1–4.

Nelson, S. T., A. D. Martin, I. H. Holmøy, K. Karlberg, and A. Nødtvedt. 2016. A cross-sectional study of factors associated with birth weights of Norwegian beef calves. *Prev. Vet. Med.* 125:59–65.

Oliveira, M. 2011. Performance reprodutiva, produtiva e características comportamentais de vacas Holstein-Frísia em comparação com os respectivos cruzamentos com Montbéliarde e Vermelha Sueca. Universidade Técnica de Lisboa.

Pariset, L., I. Capuccio, and A. Valentini. 2003. Use of microsatellite for genetic variation and inbreeding

- analysis in Sarda sheep flocks of central Italy. *J. Anim. Breed. Genet.* 120:425–432.
- Pereira, R. J., M. L. Santana, D. R. Ayres, A. B. Bignardi, G. R. O. Menezes, L. O. C. Silva, C. H. C. Machado, L. A. Josahkian, and L. G. Albuquerque. 2016. Inbreeding depression in Zebu cattle traits. *J. Anim. Breed. Genet.* 133:523–533.
- Phocas, F., X. Boivin, J. Sapa, G. Trillat, A. Boissy, and P. Le Neindre. 2006. Genetic correlations between temperament and breeding traits in Limousin heifers. *Anim. Sci.* 82:805–811.
- Phocas, F., and D. Laloë. 2004. Genetic parameters for birth and weaning traits in French specialized beef cattle breeds. *Livest. Prod. Sci.* 89:121–128.
- Phocas, F., and J. Sapa. 2004. Genetic parameters for growth, reproductive performance, calving ease and suckling performance in beef cattle heifers. *Anim. Sci.* 79:41–48.
- Rashidi, A., M. S. Mokhtari, and J. P. Gutiérrez. 2015. Pedigree analysis and inbreeding effects on early growth traits and greasy fleece weight in Markhoz goat. *Small Rumin. Res.* 124:1–8.
- Riggio, V., R. Finocchiaro, and S. C. Bishop. 2008. Genetic parameters for early lamb survival and growth in Scottish Blackface sheep. *J. Anim. Sci.* 86:1758–1764.
- Roberts, A. J., R. N. Funston, E. E. Grings, and M. K. Petersen. 2016. Triennial Reproduction Symposium: Beef heifer development and lifetime productivity in rangeland-based production systems. *J. Anim. Sci.* 94:2705–2715.
- Rodrigues, A. M. 2004. A Produção Bovina Extensiva em Portugal. In: II Jornadas de Bovinicultura. UTAD, Vila Real. p. 17–18.
- Rodríguez-Sánchez, J. A., A. Sanz, C. Tamanini, and I. Casasús. 2015. Metabolic, endocrine, and reproductive responses of beef heifers submitted to different growth strategies during the lactation and rearing periods. *J. Anim. Sci.* 93:3871–3885.
- Russello, M. A., and G. Amato. 2004. Ex situ population management in the absence of pedigree information. *Mol. Ecol.* 13:2829–2840.
- Sepchat, B., P. D'Hour, and J. Agabriel. 2018. Production laitière des vaches allaitantes: caractérisation et étude des principaux facteurs de variation. *INRA Prod. Anim.* 30:139–152.
- Shahsavarani, H., and G. Rahimi-Mianji. 2010. Analysis of genetic diversity and estimation of inbreeding coefficient within Caspian horse population using microsatellite markers. *African J. Biotechnol.* 9:293–299.
- Shi, M. J., D. Lalöe, F. Menissier, and G. Renand. 1993. Estimation of Genetic-Parameters of Prewaning Performance in the French Limousin Cattle Breed. *Genet. Sel. Evol.* 25:177–189.
- Silva, L. N., E. Gasparino, R. A. A. Torres Júnior, K. Euclides Filho, L. O. C. Silva, M. M. Alencar, M. D. Souza Júnior, J. V. F. Battistelli, and S. C. C. Silva. 2015. Repeatability and genotypic correlations of reproductive and productive traits of crossbred beef cattle dams. *Genet. Mol. Res.* 14:5310–5319.
- Splan, R. K., L. V. Cundiff, M. E. Dikeman, and L. D. Van Vleck. 2002. Estimates of parameters between direct and maternal genetic effects for weaning weight and direct genetic effects for carcass traits in crossbred cattle. *J. Anim. Sci.* 80:3107–3111.
- SPREGA. 2018. Sociedade Portuguesa de Recursos Genéticos Animais. Acedido a: 19-10-2018. Disponível em: <http://www.sprega.com.pt/index.php>
- Sumreddee, P., S. Toghiani, E. H. Hay, A. Roberts, S. E. Agrey, and R. Rekaya. 2018. Inbreeding depression in line 1 Hereford cattle population using pedigree and genomic information. *J. Anim. Sci.*

Szabó, F., and I. Dákay. 2009. Estimation of some productive and reproductive effects on longevity of beef cows using survival analysis. *Livest. Sci.* 122:271–275.

Thierens, D., and D. Goldberg. 2005. Convergence models of genetic algorithm selection schemes. *Parallel Probl. Solving from Nature—PPSN III.* 119–129.

Veríssimo, F. 2013. Controlo de Performances. *Notícias Limousine.* 74:101–103.

Vollema, A. R., and A. F. Groen. 1996. Genetic Parameters of Longevity Traits of an Upgrading Population of Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.* 79:2261–2267.

Vostrý, L., and M. Milerski. 2013. Genetic and non-genetic effects influencing lamb survivability in the Czech Republic. *Small Rumin. Res.* 113:47–54.

Vostrý, L., M. Milerski, E. Krupa, Z. Veselá, and H. Vostrá-Vydrová. 2015. Genetic relationships among calving ease, birth weight and perinatal calf survival in Charoláis cattle. *Anim. Sci. Pap. Reports.* 33:233–242.

van Wyk, J. B., M. D. Fair, and S. W. P. Cloete. 2009. Case study: The effect of inbreeding on the production and reproduction traits in the Elsenburg Dormer sheep stud. *Livest. Sci.* 120:218–224.

Zaborski, D., W. Grzesiak, I. Szatkowska, A. Dybus, M. Muszynska, and M. Jedrzejczak. 2009. Factors affecting dystocia in cattle. *Reprod. Domest. Anim.* 44:540–551.

Anexos

Anexo A - “Tabela com as correções aos pesos aos 120 e 210 dias em função do “Rang” do parto da mãe, do sexo do animal e da época de nascimento.”

REGULAMENTO TÉCNICO DO HERD-BOOK PORTUGUÊS DA RAÇA LIMOUSINE

4.5. O P120 e o P210 são objecto de “correções” a fazer em função do “Rang” do parto da mãe, do sexo do animal e da época de nascimento, de acordo com a seguinte tabela:

FACTORES DE CORRECÇÃO	MÊS NASC.	RANG.	CORRECÇÕES		FÊMEAS		
			MACHOS	P210	P120	P210	
JAN	1	401	12	21	801	23	45
FEV	1	402	11	24	802	22	47
MAR	1	403	13	30	803	24	54
ABR	1	404	16	37	804	27	60
MAI	1	405	21	38	805	32	62
JUN	1	406	26	41	806	37	65
JUL	1	407	29	46	807	40	70
AGO	1	408	30	43	808	40	66
SET	1	409	30	39	809	41	63
OUT	1	410	28	34	810	38	58
NOV	1	411	22	24	811	33	47
DEZ	1	412	17	21	812	28	45
JAN	2	413	3	8	813	14	32
FEV	2	414	1	11	814	12	34
MAR	2	415	3	17	815	14	41
ABR	2	416	7	24	816	17	47
MAI	2	417	12	25	817	23	49
JUN	2	418	17	28	818	27	52
JUL	2	419	19	33	819	30	57
AGO	2	420	20	30	820	31	53
SET	2	421	20	26	821	31	50
OUT	2	422	18	21	822	29	45
NOV	2	423	13	11	823	24	34
DEZ	2	424	7	8	824	18	32
JAN	3	425	-1	5	825	10	28
FEV	3	426	-3	7	826	8	31
MAR	3	427	-1	13	827	10	37
ABR	3	428	2	20	828	13	44
MAI	3	429	8	22	829	18	46
JUN	3	430	12	24	830	23	48
JUL	3	431	15	29	831	26	53
AGO	3	432	16	26	832	27	50
SET	3	433	16	23	833	27	46
OUT	3	434	14	17	834	25	41
NOV	3	435	9	7	835	20	31
DEZ	3	436	3	4	836	14	28
JAN	4	437	-4	2	837	7	26
FEV	4	438	-6	5	838	5	29
MAR	4	439	-3	11	839	8	35
ABR	4	440	0	18	840	11	41
MAI	4	441	5	20	841	16	43
JUN	4	442	10	22	842	21	46

FACTORES DE CORRECÇÃO	MÊS NASC.	RANG.	CORRECÇÕES		FÊMEAS		
			MACHOS	P210	P120	P210	
JUL	4	443	13	27	843	24	51
AGO	4	444	13	24	844	24	48
SET	4	445	14	20	845	25	44
OUT	4	446	11	15	846	22	39
NOV	4	447	6	5	847	17	29
DEZ	4	448	1	2	848	12	26
JAN	5	449	-4	0	849	-4	24
FEV	5	450	-6	3	850	-6	27
MAR	5	451	-4	9	851	-4	33
ABR	5	452	-1	16	852	-1	39
MAI	5	453	5	18	853	5	41
JUN	5	454	9	20	854	9	44
JUL	5	455	12	25	855	12	49
AGO	5	456	13	22	856	13	46
SET	5	457	13	18	857	13	42
OUT	5	458	11	13	858	11	37
NOV	5	459	6	3	859	6	27
DEZ	5	460	0	0	860	0	24
JAN	6	461	-5	1	861	6	24
FEV	6	462	-7	3	862	4	27
MAR	6	463	-5	9	863	6	33
ABR	6	464	-2	16	864	9	40
MAI	6	465	4	18	865	14	42
JUN	6	466	8	20	866	19	44
JUL	6	467	11	25	867	22	49
AGO	6	468	12	22	868	23	46
SET	6	469	12	19	869	23	42
OUT	6	470	10	13	870	21	37
NOV	6	471	5	3	871	16	27
DEZ	6	472	-1	0	872	10	24
JAN	7 e mais	473	-2	4	873	9	28
FEV	7 e mais	474	-4	6	874	7	30
MAR	7 e mais	475	-2	13	875	9	36
ABR	7 e mais	476	1	19	876	12	43
MAI	7 e mais	477	7	21	877	17	47
JUN	7 e mais	478	11	24	878	22	45
JUL	7 e mais	479	14	29	879	25	52
AGO	7 e mais	480	15	25	880	26	49
SET	7 e mais	481	15	22	881	26	46
OUT	7 e mais	482	13	17	882	24	40
NOV	7 e mais	483	8	6	883	19	30
DEZ	7 e mais	484	2	4	884	13	27