

Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Zootécnica

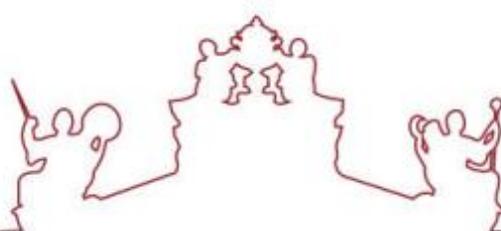
Dissertação

Parâmetros genéticos e ambientais de características lineares morfo-funcionais no cavalo Lusitano

Margarida Pais Lourenço Mateus

Orientador(es) | Renato Nuno Pimentel Carolino
António Pedro Andrade Vicente
José Manuel Martins

Évora 2022



Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia

Mestrado em Engenharia Zootécnica

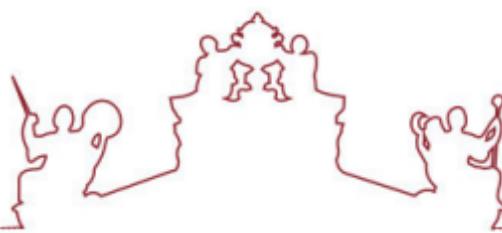
Dissertação

Parâmetros genéticos e ambientais de características lineares morfo-funcionais no cavalo Lusitano

Margarida Pais Lourenço Mateus

Orientador(es) | Renato Nuno Pimentel Carolino
António Pedro Andrade Vicente
José Manuel Martins

Évora 2022



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Fernando Paulo Marques (Universidade de Évora)

Vogais | José Pedro Pestana Fragoso de Almeida (Instituto Politécnico de Bragança)
(Arguente)
Renato Nuno Pimentel Carolino (Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV)) (Orientador)

AGRADECIMENTOS

Antes de mais queria transmitir os meus sinceros agradecimentos a todos os professores, profissionais, família e amigos que, de uma forma ou de outra, me acompanharam durante o meu percurso académico e durante a realização desta dissertação. Para mim foi uma honra ter a colaboração e apoio de todos.

Ao meu orientador Professor Doutor Nuno Carolino, por ter sido um orientador incansável, por todas as horas dedicadas a este trabalho, por todas as palavras de força e por toda a amizade que demonstrou ao longo do último ano. É, sem dúvida, uma inspiração para mim como profissional e como pessoa. Muito obrigada por tudo.

Ao meu coorientador Professor Doutor António Vicente, pelo apoio incondicional, por ter aceitado integrar esta equipa de trabalho, estando sempre disponível para ajudar na elaboração e revisão do mesmo e incentivando-me sempre a melhorar.

Ao meu coorientador Professor Doutor José Manuel Martins, por toda a ajuda com a tese e a total disponibilidade que teve para comigo, sobretudo na reta final desta etapa.

À Associação de Criadores de Cavalos do Cavalo Puro-Sangue Lusitano, em especial ao secretário-geral Eng. João Ralão Duarte, por ter facultado o acesso a todos os dados necessários para a elaboração desta dissertação e pela confiança depositada em mim e no meu trabalho.

A todas as pessoas que se cruzaram comigo no INIAV, obrigada pela forma generosa e afável com que sempre me receberam, em especial à Professora Doutora Inês Carolino, por todas as palavras de motivação e amizade.

À Universidade de Évora e ao Instituto Superior de Agronomia pelos anos felizes que me proporcionaram e a todos os docentes que fizeram parte do meu percurso académico, tendo sido importantes na minha formação e que me transmitiram os seus conhecimentos.

Às minhas Evorianas, que mais do que colegas de curso, são amigas que levo para a vida. À Margarida Esteves, a minha Estevinha, obrigada por seres a melhor *roomie* que poderia ter pedido, por me acompanhares para todo o lado, pela nossa cumplicidade e pela forma entusiasta com que celebras todas as minhas conquistas. À Leonor Nabeiro, obrigada por seres o meu bote salva vidas para todas as situações, por todas as noites e madrugadas de

estudo antes dos exames e por seres, literalmente, o meu contacto de emergência. Sem vocês não teria conseguido.

A todos os meus amigos da Universidade de Évora e do Instituto Superior de Agronomia que tornaram inesquecíveis os momentos da minha vida académica.

A todos os meus amigos, pessoas fundamentais na minha vida e que tanto me incentivaram quando se desvanecia a determinação na conclusão deste trabalho. Não tenho palavras para vocês.

Ao Carloto, pelo carinho e apoio incondicional ao longo desta etapa, estando sempre comigo em todos os momentos e que nunca duvidou que eu era capaz de atingir os meus objetivos. Estou muito grata por te ter na minha vida. Obrigada por tudo!

O mais especial e carinhoso agradecimento à querida Família! À minha mãe Dora e ao meu pai Jorge, por me proporcionarem tudo, por investirem na minha formação e educação, por todos os valores e princípios transmitidos, por me incentivarem sempre a ser mais e melhor, pela paciência e pelo amor incondicional. Ao meu irmão Manuel, pelo constante incentivo para que terminasse a minha dissertação. Ao meu avô “Nandito” que me incutiu o gosto pelos cavalos e por ter sempre uma palavra de ânimo para me dar.

Por fim, mas não menos importante, à minha Avó Suzette (*In memoriam*), o amor da minha vida, de quem tenho tantas saudades. Gostava que tivesses cá comigo a celebrar as minhas conquistas. Espero que estejas orgulhosa de mim.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo estimar parâmetros genéticos e ambientais de 63 características morfo-funcionais lineares (45 morfológicas e 18 de andamentos) avaliadas na raça Lusitana, pela primeira vez, através de uma Tabela Padrão (TP). Utilizaram-se registos de 3200 animais avaliados através da TP e respetivas genealogias, disponíveis no *Studbook* da raça Lusitana, perfazendo uma matriz de parentescos com 12109 indivíduos. Os parâmetros genéticos foram obtidos por máxima verosimilhança restrita, através do BLUP – Modelo Animal, com um modelo que incluiu os efeitos fixos da idade, consanguinidade, ano de classificação e género e, como efeitos aleatórios, o valor genético direto e o erro residual. As 63 estimativas da heritabilidade variaram entre 0,000 e 0,453 (média). As correlações entre valores genéticos variaram entre -0,766 e 0,857. Os resultados obtidos sugerem que a avaliação linear pode ser utilizada num programa de seleção, levando a uma melhoria das características morfo-funcionais de acordo com os objetivos definidos para o Lusitano.

Palavras-chave: *Avaliação linear; Avaliação morfo-funcional; Equinos; Heritabilidade; Melhoramento.*

“Genetic and environmental parameters of linear morpho-functional traits in the Lusitano horse”

ABSTRACT

This study aimed to estimate the genetic and environmental parameters of 63 morpho-functional linear traits (45 morphological and 18 gaits) evaluated in the Lusitano breed, for the first time, through *Tabela Padrão* (TP). Records of 3200 animals scored through the TP and respective genealogies, available in the Studbook of the Lusitano breed, were used, making up a relationship matrix with 12109 individuals. The genetic parameters were obtained by restricted maximum likelihood and BLUP - Animal Model, with a model that included the fixed effects of age, inbreeding, year of classification and gender and, as random effects, the direct genetic value, and the residual error. The heritability estimates ranged between 0.000 and 0.453. The estimates of correlations between breeding values were in the range of -0.766 and 0.857. The results obtained suggest that linear profiling can be used in a selection programme, leading to an improvement in morpho-functional traits in accordance with the objectives defined for the Lusitano breed.

Keywords: *Breeding; Heritability; Horses; Linear profiling; Morpho-functional evaluation.*

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS.....	x
I. INTRODUÇÃO.....	1
II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
1. O cavalo Lusitano.....	3
1.1. Breves referências históricas.....	3
1.2. Padrão da raça.....	5
1.3. Características morfo-funcionais.....	8
1.3.1. Caracterização morfológica.....	8
1.3.2. Caracterização funcional.....	11
1.3.3. Aprovação de Reprodutores.....	12
1.3.4. Concursos de Modelo e Andamentos.....	16
1.4. Distribuição geográfica.....	18
2. Avaliação Morfo-funcional Linear.....	20
2.1. Objetivos e características.....	20
2.2. Características a integrar num esquema de classificação linear.....	22
2.3. A avaliação linear como alternativa ao método de avaliação tradicional.....	23
2.4. Raças e/ou países com esquemas de classificação lineares.....	24
3. Parâmetros genéticos e ambientais de características lineares.....	25
3.1. Metodologias de determinação de componentes de (co)variância.....	25
3.2. Modelos de análise.....	27
3.3. Parâmetros genéticos em características morfo-funcionais em equinos.....	29
III. MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
1. Animais.....	34
2. Dados.....	34
3. Características lineares avaliadas.....	35
4. Estimativas de parâmetros genéticos, efeitos fixos e de valores genéticos.....	45
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
1. Características lineares.....	50

1.1. Estatísticas descritivas dos registos da Tabela Padrão	50
1.1.1. Distribuição dos registos por género e por idade	54
1.1.2. Incidência dos defeitos na população amostral.....	56
1.2. Soluções para os efeitos fixos	58
1.2.1. Efeito da Idade.....	58
1.2.2. Efeito da consanguinidade	58
1.2.3. Efeito do ano de classificação	61
1.2.4. Efeito do género	62
2. Parâmetros genéticos.....	64
2.1. Heritabilidades.....	64
2.2. Correlações fenotípicas e entre valores genéticos.....	73
V. CONCLUSÃO	75
VI. BIBLIOGRAFIA.....	77
VII. ANEXOS	86

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Padrão da raça Puro Sangue Lusitano (Adaptado de APSL, 2021b).....	6
Tabela 2 - Tabela com as regiões e respetivos coeficientes utilizada para a aprovação de reprodutores (Adaptado de APSL, 2016)	13
Tabela 3 - Evolução da avaliação do PSL para o Livro de Reprodutores	15
Tabela 4 - Raças/países que utilizam esquemas de classificação linear	25
Tabela 5 - Modelos aplicados por diversos autores na estimativa de parâmetros genéticos e ambientais	29
Tabela 6 -Distribuição do nº de avaliações lineares pelos anos de classificação	34
Tabela 7 - Descrição do sistema de classificação linear no Lusitano.....	36
Tabela 8 - Descrição dos defeitos que podem surgir nas características lineares analisadas	44
Tabela 9 - Estatística descritiva dos registos da classificação linear (em pontos).....	50
Tabela 10 - Distribuição dos registos relativamente à Tabela Padrão, por género.....	55
Tabela 11 - Depressão consanguínea das características lineares (Variação do carácter na respetiva unidade por variação de +1% da consanguinidade).....	59
Tabela 12 - Estimativas das heritabilidades (h^2) e respetivos erros-padrão (EP) e das variâncias genéticas (σ^2_a), ambientais (σ^2_e) e fenotípicas (σ^2_p).....	65
Tabela 13 - Revisão sobre as heritabilidades encontradas para características lineares nas diversas populações equinas.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ofensor, Coudelaria Assunção Coimbra. Fonte: Aurélio Grilo	7
Figura 2. Escorial, Coudelaria Santa Barbara. Fonte: ABR Fotografia	8
Figura 3. Dispersão mundial do Lusitano.....	19
Figura 4 - Nível de preenchimento das Genealogias (%) na raça Lusitana.....	48

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Número de animais nascidos por ano de nascimento e género	54
Gráfico 2 - Percentagem de animais inscritos no LA por ano de nascimento consoante o género ..	54
Gráfico 3 - Idade, em meses, dos animais candidatos a reprodutores por ano de inscrição	55
Gráfico 4 - Distribuição dos registos por idade	56
Gráfico 5 - Incidência dos defeitos dos animais da população amostral	56
Gráfico 6 - Gráfico com o diferencial de pontuações macho-fêmea	63
Gráfico 7 - Gráfico com o diferencial de pontuações macho-fêmea	63
Gráfico 8 - Gráfico com o diferencial de pontuações macho-fêmea	64
Gráfico 9 - Gráfico com o diferencial de pontuações macho-fêmea	64

LISTA DE ABREVIATURAS

AML	Avaliação Morfo-funcional Linear
APSL	Associação Portuguesa de Criadores do Cavalo Puro-Sangue Lusitano
BLUP	Best Linear Unbiased Prediction
BWP	Belgisch Warmbloedpaard
CV	Coeficiente de variação
CW	Czech Warmblood
DFREML	Derivative Free Restricted Maximum Likelihood
EM	Expectation-Maximization
FAO	Food and Alimentation Organization
h^2	Heritabilidade
KWPN	Koninklijk Warmbloed Paardenstamboek Nederland
LG	Livro Genealógico
LM	Livro de Mérito
LN	Livro de Nascimentos
MINQUE	Minimum Norm Quadratic Unbiased Estimation
MIVQUE	Minimum Variance Quadratic Unbiased Estimation
ML	Maximum Likelihood
MTDFREML	Multiple Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood
PRE	Pura Raça Espanhola
PSL	Puro Sangue Lusitano
REML	Restricted Maximun Likelihood
SW	Slovak Warmblood
SWB	Swedish Warmblood
TP	Tabela Padrão
WBFSH	World Breeding Federation for Sport Horses

I. INTRODUÇÃO

O Homem, ao longo dos tempos, tem criado cavalos para diferentes fins, de modo a suprimir as suas necessidades (Edwards, 1991), levando à divergência notória entre as atuais raças de equinos. A domesticação do cavalo permitiu revolucionar a civilização, através das suas inúmeras finalidades. Permitiu o transporte de pessoas e mercadorias, assim como a propagação de ideias, idiomas e religiões. Serviu nos campos de batalha e nos campos agrícolas. Talvez o cavalo tenha sido o animal mais valorizado e glorificado desde a antiguidade, desempenhando um papel singular na história da Humanidade (ANCCE, 2008).

É possível constatar a evolução de diversas raças equinas como consequência da adaptação à sua finalidade. De um modo geral, existe uma procura delicada de características morfológicas, tendo também em vista a sua funcionalidade, sobretudo nas raças de cavalos de desporto, para que se possam alcançar os mais altos níveis de competição (Holmström *et al.*, 1990). O Lusitano é o exemplo de uma raça que, depois de ter sido utilizado outrora na guerra e no trabalho agrícola, tem na atualidade mostrado a sua aptidão para o desporto, com um número crescente de praticantes e entusiastas.

Desde a instituição oficial do Livro Genealógico (LG – *Studbook*) do cavalo Lusitano no ano de 1967, muito trabalho tem sido desempenhado em prol do melhoramento da raça. Os critérios de aprovação de reprodutores sofreram alterações ao longo do tempo, de forma a tornar mais eficazes as medidas efetivas de melhoramento da raça (Soares, 1998). A aprovação de candidatos a reprodutores é a primeira fase de seleção definida no programa de melhoramento genético do cavalo Lusitano e, até ao ano de 2017, aplicava-se apenas a metodologia tradicional, procedendo-se à realização de um teste morfológico e funcional, comparativo com o padrão da raça, com base numa escala de pontuação, em que as características analisadas em cada animal são pontuadas com a aproximação ao que está descrito no padrão (Vicente, 2015). A partir de 2017, foi implementado o método de avaliação linear baseado na Tabela Padrão, como complemento à avaliação tradicional.

O método de avaliação linear surgiu na produção de bovinos de leite nos anos 70 e desde então tem sido amplamente introduzido nos programas de melhoramento por seleção das mais variadas espécies e raças. Os sistemas de avaliação lineares foram desenvolvidos como alternativa às avaliações tradicionais. Na avaliação linear, as características mais importantes são consideradas individualmente e são descritas em relação a extremos biológicos

previamente estabelecidos, obtendo-se assim informações mais específicas e mais objetivas (Duensing *et al.*, 2014).

A presente dissertação é um trabalho preliminar relativamente à avaliação morfo-funcional linear no cavalo Lusitano. O objetivo deste estudo foi estimar os parâmetros genéticos e ambientais de características morfo-funcionais lineares avaliadas na raça Lusitana. Pretendeu-se quantificar em cada característica incluída na TP a proporção das diferenças entre animais que é transmissível à descendência e, desta forma, considerar a possibilidade destas características serem incluídas na avaliação genética da raça, de forma a permitir uma seleção mais objetiva dos futuros reprodutores, no âmbito do programa de seleção do Puro Sangue Lusitano.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. O cavalo Lusitano

1.1. Breves referências históricas

Portugal é o solar da raça Puro Sangue Lusitano (PSL). No entanto, estes animais surgiram antes da formação do país, numa região então denominada Lusitânia, que abrangia grande parte do atual território nacional e parte de Espanha. A designação de Lusitano deriva então do nome do primeiro povo histórico que habitou esta região, os Lusitanos. Paralelamente, a província da Bética, correspondente à atual Andaluzia, era a principal zona de criação do cavalo Espanhol ou Andaluz. Deste modo, sendo a Lusitânia e a Bética províncias vizinhas, tanto o cavalo Lusitano como o cavalo Andaluz tiveram origem comum, progrediram simultaneamente e desenvolveram características morfo-funcionais análogas (Monteiro, 1983), tendo sido posteriormente selecionados com diferentes objetivos.

Até ao ano de 1942, o cavalo Ibérico era uma raça única em Portugal e em Espanha, denominada de cavalo Espanhol, Peninsular ou Andaluz. Nessa época, Espanha decidiu criar a denominação de Pura Raça Espanhola (PRE) e separar os animais que nasciam nestes dois países (Soares, 1998). Após a criação do *Studbook* do PRE, Portugal passou, oficialmente, a utilizar a designação de Lusitano para que os cavalos nascidos em Portugal, através das suas características morfo-funcionais e pela genealogia, fossem autorizados a utilizar esta denominação (Monteiro, 1983). Então, a partir de 1942, os equinos nascidos nestes dois países começaram a ser reconhecidos como duas raças diferentes: o PRE em Espanha e o Lusitano em Portugal (Soares, 1998).

Apesar de estas duas raças ibéricas terem a mesma base e origem, as diferenças entre elas são notórias e devem-se a processos de seleção e objetivos distintos ao longo dos anos, com base em determinadas características de interesse (Bowling e Ruvinsky, 2000). O Lusitano, sendo um cavalo bastante versátil, era utilizado em trabalhos agrícolas leves, como cavalo de sela e como cavalo de carruagem (Edwards, 1991). Foi utilizado como montada dos equitadores da corte nos séculos XVII e XIX e, mais recentemente, por cavaleiros tauromáquicos. A utilização do cavalo Lusitano como parte integrante da tradicional Corrida de Touros à Portuguesa foi fundamental no seu processo de seleção e evolução até aos dias de hoje. Portugal, ao manter de forma continuada e ininterrupta as Corridas de Touros, fez com que os utilizadores do Lusitano mantivessem o essencial do seu modelo morfológico,

as suas características de carácter e temperamento, e a flexibilidade, agilidade e qualidade dos andamentos, sobretudo do galope (Andrade, 1973, citado por Vicente, 2015). Por outro lado, em Espanha, o toureio a cavalo foi proibido durante o reinado de Felipe V, e os toureiros começaram a tourear a pé (Botelho Neves, 1992). Por este motivo, os critérios de seleção do PRE seguiram um caminho diferente das suas origens, tornando o PRE menos funcional do que o Lusitano (Monteiro, 1983). O PRE foi selecionado sobretudo pela sua “beleza” e morfologia, ideal para cortejos, feiras e exposições (Vicente, 2015). Apesar das suas divergências, estas duas raças de cavalos ibéricos são muito valorizadas atualmente devido à sua força e elegância, sendo utilizadas no melhoramento de outras raças europeias (Bowling e Ruvinsky, 2000).

Juntamente com a seleção para a funcionalidade do cavalo Lusitano, o seu temperamento foi moldado de forma a ser um cavalo corajoso, ardente e sofredor, mas também generoso, dócil e nobre. Desta forma, esta raça tornou-se ideal para lazer e desporto (Vicente, 2015). O Lusitano é um cavalo versátil, dotado de grande funcionalidade e polivalência nas mais variadas disciplinas equestres, nomeadamente, nos saltos de obstáculos, equitação de trabalho, atrelagem, *dressage* e alta escola (Cordeiro, 1997). As suas características e o seu padrão bastante sólido e consagrado, levam a uma elevada dispersão mundial do Lusitano, sobretudo no Brasil, França, Espanha e México (Vicente *et al.*, 2020).

O cavalo Lusitano atravessa neste momento um dos seus melhores momentos. Tem sido considerada uma das raças com melhores aptidões para o toureio, sendo também de referir o enorme destaque alcançado na disciplina de equitação de trabalho e, em particular, na *dressage*. A par da equitação de trabalho, que consistiu na transformação de uma utilização funcional e tradicional do cavalo Lusitano numa disciplina desportiva, captando praticantes e adeptos em todo o mundo, a *dressage* catapultou o Lusitano para um lugar de grande destaque a nível da alta competição internacional. Durante o ano de 2019, diversos Lusitanos destacaram-se nas grandes competições internacionais tais como: Coroado, Xenofonte D’Atela, Beirão, Fogoso e Equador. Devido às exímias prestações destes Lusitanos, Portugal fez história ao ganhar em 2019 a FEI *Dressage Nations CUP* em Hickstead no Reino Unido e garantiu o apuramento para os Jogos Olímpicos de 2020 (adiados para 2021 devido à pandemia causada pela Covid-19) com uma equipa formada por Maria Caetano com Coroado, Duarte Nogueira com Beirão, Rodrigo Torres com Fogoso e João Torrão com Equador. Posteriormente, os Jogos Olímpicos de 2020 decorreram de 23 de julho a 08 de agosto de 2021, tendo sido Portugal e o PSL representado na disciplina de *dressage* por João

Torrão com Equador, Maria Caetano com Fénix de Tineo e Rodrigo Torres com Fogoso. Rodrigo Torres juntamente com Fogoso alcançaram uma marca notável em Tóquio, com a pontuação histórica de 78,943% no Grande Prémio *Freestyle*, terminando na 16ª posição. Devido a estes resultados, segundo a World Breeding Federation for Sport Horses (WBFSH) (2021), o Lusitano encontra-se em 8º lugar no *ranking* mundial de raças utilizadas na *dressage*, de acordo com os resultados publicados em setembro de 2021, sendo a primeira raça com um livro genealógico fechado.

1.2. Padrão da raça

Apesar de, em 1942, se ter estabelecido a designação de Lusitano, o Livro Genealógico só foi instituído oficialmente em 1967, com uma pequena base de animais, com o fim de assegurar a preservação e o melhoramento da raça Lusitana. Desde o estabelecimento do LG e até ao ano de 1989, este permaneceu aberto e permitiu o registo a título inicial de descendentes de pais não registados (registados num livro anexo), desde que correspondessem ao padrão da raça. A partir de 1989, o LG foi “fechado” e passou apenas a ser permitido inscrever descendentes de garanhões e de éguas registados e, desde 1992, é necessária a realização de testes de filiação antes de um animal poder ser registado (Vicente *et al.*, 2012). Para a avaliação e aprovação dos candidatos a reprodutores procede-se à realização de um teste morfológico e funcional, comparativo com o padrão da raça, por juízes credenciados e pela classificação segundo uma grelha de pontuação (Vicente, 2015). O LG possui três seções, designadamente o Livro de Nascimento (LN), o Livro de Adultos ou Reprodutores (LR) e o Livro de Mérito (LM). Em dezembro de 1989 foi constituído um organismo nacional e internacional responsável pela gestão do LG e pela defesa, promoção e divulgação da raça: a Associação Portuguesa de Criadores do Cavalo Puro-Sangue Lusitano (APSL).

As origens de praticamente todo o efetivo atual de cavalos Lusitanos assentam essencialmente em quatro grandes “famílias”: Alter, com a Coudelaria de Alter Real, a Fundação Eugénio de Almeida e a Casa Cadaval; a Coudelaria Nacional; Veiga com a Coudelaria Veiga, Coimbra e Núncio; e a Coudelaria Andrade. Estas coudelarias são a base de quase todo o efetivo atual devido à sua grande influência e à dominância e difusão de algumas linhas de animais muito populares, que garantem a variabilidade genética da raça, em concordância com o padrão da raça (APSL, 2021a).

O padrão da raça Lusitana encontra-se descrito na tabela 1 e as figuras 1 e 2 evidenciam dois exemplares da raça.

Tabela 1 - Padrão da raça Puro Sangue Lusitano (Adaptado de APSL, 2021b)

Tipo	Eumétrico (peso cerca de 500 kg); Mediolínio; Subconvexilíneo (de formas arredondadas), de silhueta inscritível num quadrado.
Altura	Média ao garrote, medida com hipómetro, aos 6 anos: Fêmeas 1,55m; Machos 1,60m.
Pelagem	As mais frequentes são a ruça e a castanha, em todos os seus matizes.
Temperamento	Nobre, generoso e ardente, mas sempre dócil e sofredor.
Andamentos	Ágeis e elevados, projetando-se para diante, suaves, e de grande comodidade para o cavaleiro.
Aptidão	Tendência natural para a concentração, com grande predisposição para exercícios de Alta Escola e grande coragem e entusiasmo nos exercícios de Gineta (combate, caça, toureio, maneio de gado, etc).
Cabeça	Bem proporcionada, de comprimento médio, delgada e seca, de ramo mandibular pouco desenvolvido e faces relativamente compridas, de perfil levemente subconvexo, fronte levemente abaulada (sobressaindo entre as arcadas supraciliares), olhos sobre o elíptico, grandes e vivos, expressivos e confiantes. As orelhas de comprimento médio, finas, delgadas e expressivas.
Pescoço	De comprimento médio, rodado, de crineira delgada, com ligação estreita à cabeça; largo na base e, bem inserido nas espáduas, saindo do garrote sem depressão acentuada.
Garrote	Bem destacado e extenso, numa transição suave entre o dorso e o pescoço, sempre levemente mais elevado que a garupa. Nos machos inteiros fica “afogado” em gordura, mas destaca-se sempre bem das espáduas.
Peitoral	De amplitude média, profundo e musculoso.
Costado	Bem desenvolvido, extenso e profundo, com costelas levemente arqueadas, inseridas obliquamente na coluna vertebral, proporcionando um flanco curto e cheio.
Espáduas	Compridas, oblíquas e bem musculadas.
Dorso	Bem dirigido, tendendo para o horizontal, servindo de traço de união suave entre o garrote e o rim.

Tabela 1 - Padrão da raça Puro Sangue Lusitano (Adaptado de APSL, 2021b)
(continuação)

Rim	Curto, largo, musculoso, levemente convexo, bem ligado ao dorso e à garupa com a qual forma uma linha contínua e perfeitamente harmónica.
Garupa	Forte e arredondada, bem proporcionada, ligeiramente oblíqua, de comprimento e largura de dimensões idênticas, de perfil convexo, harmónico e pontas das ancas pouco evidentes conferindo à garupa uma secção transversal elíptica. Cauda saindo no seguimento da curvatura da garupa, de crinas sedosas, longas e abundantes.
Membros	Braço bem musculado, harmoniosamente inclinado. Antebraço bem apumado e musculado. Joelho seco e largo. Canelas sobre o comprido, secas e com os tendões bem destacados. Boletos secos relativamente volumosos e quase sem machinhos. Quartelas relativamente compridas e oblíquas. Cascos de boa constituição, bem conformados e proporcionados, de talões não muito abertos e coroa pouco evidente. Nádega curta e convexa. Coxa musculosa, sobre o curto, dirigida de modo que a rótula se situe na vertical na ponta da anca. Perna sobre o comprido, colocando a ponta do curvilhão na vertical da ponta da nádega. Curvilhão largo, forte e seco. Os membros posteriores apresentam ângulos relativamente fechados.



Figura 1. Ofensor, Coudelaria Assunção Coimbra. Fonte: Aurélio Grilo



Figura 2. Escorial, Coudelaria Santa Barbara. Fonte: ABR Fotografia

1.3. Características morfo-funcionais

1.3.1. Caracterização morfológica

O Homem, ao longo dos tempos, tem criado cavalos para diferentes fins, de acordo com as suas necessidades (Edwards, 1991), o que levou à divergência considerável entre as atuais raças de cavalos. A conformação física do cavalo é, portanto, o resultado da evolução natural, onde as exigências do meio ambiente têm gradualmente influenciado o desenvolvimento de propriedades locomotoras mais adequadas (Cano *et al.*, 2001).

Uma raça é composta por grupos ou subpopulações que podem ser mais ou menos definidas e com uma variabilidade genética própria, que é avaliada através da informação obtida a partir do fenótipo, com particular destaque para os caracteres relacionados com a morfologia externa. A variação morfológica entre as populações de uma espécie pode ser considerada como o resultado de processos microevolutivos contínuos determinados pela genética animal, limitada pelo fator ambiente (Oom, 1992). Os caracteres morfológicos são de fácil mensuração e registo e traduzem a expressão de um elevado número de genes, tornando-se uma vantagem posteriormente na avaliação dos mesmos (Wright, 1968, citado por Oom, 1992).

Desde o início da criação de animais, a morfologia animal tem-se concentrado na avaliação da conformação externa e em muitos estudos morfométricos a partir de medições padrão das principais regiões corporais das raças (comprimento, altura, diâmetro e perímetro), sendo as espécies equinas as de maior importância, servindo de orientação e contraste com outras espécies neste aspeto (Aparício Sánchez, 1960).

A diversidade de raças de cavalos que existe atualmente é, originalmente, descrita com grande incidência em caracteres relacionados com a conformação, isto é, relacionados com a morfologia externa e as suas proporções, definidas nos respetivos padrões únicos das raças.

Os caracteres relacionados com a conformação, tais como a conformação corporal ou dos membros e andamentos, podem ser avaliados, ainda que, por vezes subjetivamente. No entanto, estas características podem ser classificadas ou medidas objetivamente, com o recurso a técnicas de fotografia ou de vídeo, através das medidas corporais e de ângulos (Saastamoinen e Barrey, 2000).

Na caracterização morfológica dos animais, incluindo cavalos, existem duas abordagens principais que podem ser realizadas: as características qualitativas (aspetos gerais da morfologia e conformação) e as características quantitativas (ou medição de parâmetros biométricos).

A avaliação das características qualitativas da morfologia dos animais, por vezes, não é traduzida em valores numéricos. Neste tipo de avaliação inclui-se o perfil geral dos animais e diferentes regiões morfológicas, tais como, o perfil da cabeça e o tipo de pescoço, mas também a pelagem e forma dos olhos, orientação e implantação da orelha e algumas características complementares. Deste modo, a classificação de grupos de animais de uma forma visual torna-se prática, porém, pode haver alguma subjetividade entre juízes (Sanz *et al.*, 2004).

A avaliação morfológica de equinos, de um modo geral, é realizada pelo método tradicional, isto é, baseada numa escala de pontuação. Quase todos os países têm distintos protocolos de avaliação através deste método (Holmström e Back, 2013). Dentro do leque de parâmetros considerados nos diferentes protocolos, os mais comumente avaliados são: cabeça, pescoço, linha do dorso, membros ou aprumos, qualidade dos andamentos (amplitude, elasticidade e regularidade), qualidade dos cascos e simetria do corpo (Saastamoinen e Barrey, 2000).

O método tradicional consiste em avaliar o animal segundo o padrão da raça, com base numa escala de pontuação, em que as características analisadas em cada animal são pontuadas com a aproximação ao que está descrito nesse padrão (Holmström e Back, 2013; Saastamoinen e Barrey, 2000). Esta metodologia surgiu com o desenvolvimento da hipologia no decorrer do século XVIII, em que a avaliação do exterior do cavalo era baseada em características subjetivas que os criadores e o comércio podiam utilizar (Oom, 1992).

Apesar de alguma subjetividade associada à avaliação morfológica, este método continua a ser um dos mais utilizados para avaliar as regiões corporais dos equinos e é uma ferramenta vantajosa em diferentes *Studbooks* na classificação dos futuros reprodutores, numa primeira fase de seleção. Um exemplo é o *Studbook* do cavalo Lusitano, onde os juízes da raça atribuem pontuações às diferentes regiões corporais dos animais, sendo este método também utilizado em concursos de Modelo e Andamentos. Nestes concursos, o juiz tem em consideração o modelo dos animais em competição, isto é, a sua conformação e morfologia, tendo como base o padrão racial do PSL, e avalia também a dinâmica dos animais através dos seus andamentos básicos (Monteiro, 1983).

O método de avaliação linear é outra forma de avaliar a conformação de forma qualitativa. É um exemplo de uma avaliação menos subjetivo para quem avalia, consistindo apenas na observação e descrição de cada característica. Cada característica é definida entre os dois extremos biológicos e a escala de pontuação é baseada em pontos da distribuição normal da população (Kampman *et al.*, 2012; Samoré *et al.*, 1997; Mawdsley *et al.*, 1996). A avaliação linear apresenta uma vantagem face ao método tradicional devido à sua menor subjetividade, existindo uma discriminação mais clara entre indivíduos e onde a informação obtida é bastante mais detalhada (Stock, 2013).

Quanto às características quantitativas, estas propõem uma descrição quantitativa da conformação, ou seja, uma descrição mais objetiva de cada população estudada, através de valores numéricos contrariamente ao que acontece nas variáveis qualitativas, onde a descrição é feita com base em classes (Sanz *et al.*, 2004; Carvalho, 1996). É cada vez mais comum a utilização de sistemas de avaliação linear nas diferentes raças equinas, uma vez que permitem uma descrição quantitativa da morfologia do cavalo (Mawdsley *et al.*, 1996), podendo estes sistemas ser constituídos por características objetivas e subjetivas simultaneamente.

1.3.2. Caracterização funcional

É unânime que a conformação é mais importante na criação de cavalos do que noutras espécies (Preisinger *et al.*, 1991), nomeadamente nas raças de cavalos que, ao longo dos anos, foram selecionadas pelas suas características morfológicas, tais como a raça Lusitana (Vicente, 2015). Deste modo, o estudo da conformação é importante para a análise da aptidão funcional de uma raça, uma vez que as características morfológicas definem os limites para a amplitude do movimento e função e a capacidade de desempenho dos cavalos, e sugere-se que tenha um impacto relevante no movimento, desempenho, consistência (Preisinger *et al.*, 1991) e aptidão para *dressage* (Barrey *et al.*, 2002).

Enquanto os criadores têm vindo a selecionar, há muito tempo, para uma conformação estética ideal, nas últimas décadas têm-se dado mais ênfase à conformação funcional. A conformação morfológica de um cavalo espera-se que seja um indicador da performance do animal (Koenen *et al.*, 1995). Assim, a caracterização morfológica dos animais deve ser complementada com outras características produtivas, funcionais e, posteriormente, pela caracterização genética. A funcionalidade e o desempenho em populações equinas traduzem a sua utilidade, sendo dois fatores relevantes a serem ponderados nos programas de seleção (Waggoner *et al.*, 1998).

Muitas raças de cavalos diferenciam-se pela capacidade de desempenho alcançada em harmonização com o maneio humano. Os objetivos para os quais a maioria dos cavalos atuais são criados requerem uma capacidade atlética moderada a extrema e uma capacidade de interpretar e obedecer às instruções humanas. A relação do cavalo com o Homem distingue os objetivos da criação de cavalos das outras espécies pecuárias (Bowling, 1998).

Quanto às características funcionais do cavalo de raça Lusitana, estas foram fundamentais para formar e moldar esta população como a conhecemos na atualidade. Um aspeto chave na seleção do Lusitano foi a sua utilização no trabalho de campo, no maneio do gado a cavalo e na tauromaquia. O uso contínuo da raça Lusitana nas corridas de touros garantiu uma seleção cuidadosa dentro da raça, dando origem a um animal com coragem, força, com capacidade muscular, com andamentos rápidos, principalmente a galope, e com a capacidade de alterar a sua amplitude, direção e centro de gravidade muito rapidamente (Vicente, 2015). Posteriormente, através dos testes morfo-funcionais, as faculdades físicas e comportamentais atingiram um nível que permitiram pôr em evidência a versatilidade do Lusitano nas diversas disciplinas desportivas (Monteiro, 1983).

1.3.3. Aprovação de Reprodutores

Durante o período de 1967 a 1989, o LG manteve-se aberto à entrada de novos animais, inscritos a título inicial, desde que se fosse benéfico para a raça a sua inscrição. Ou seja, não era obrigatório que os animais a inscrever tivessem os progenitores inscritos como reprodutores. A partir de 1990, foi estabelecido que os animais candidatos a reprodutores já teriam de estar inscritos no LN e teriam que passar por uma fase de seleção para produzirem descendentes aptos de serem registados como cavalos Lusitanos (Soares, 1998).

A primeira fase de seleção definida pela APSL no seu programa de melhoramento genético é realizada através do método tradicional, onde um painel de um a três juízes especialistas da raça, credenciados pela associação, procedem a um exame morfológico e de andamentos (APSL, 2016). Todos os animais, tanto machos como fêmeas, candidatos à inscrição no LR, são sujeitos a avaliação através de uma escala de classificação relativa a seis regiões do corpo, aos andamentos e ao conjunto de formas de cada animal, utilizando pontuações que variam entre 0 (Muito Mau) e 10 (Excelente). Simultaneamente é medida a altura ao garrote, é analisada a existência de qualquer problema eliminatório como uma doença ou distúrbio (prognatismo, criptorquidismo) ou se o animal é portador de taras ou defeitos cuja transmissão hereditária seja de reccar (Vicente, 2015). Após a apreciação dos ganhões montados, é realizado um espermograma pois a infertilidade invalida a admissão ao LR (APSL, 2016). Por fim, o animal é fotografado para a base de dados da APSL (Vicente, 2015).

A pontuação total obtém-se através da soma ponderada das oito pontuações parciais, após a afetação do respetivo coeficiente, que difere dependendo dos caracteres que são mais ou menos valorizados (tabela 2). Apenas serão inscritos e autorizados a iniciar a reprodução os animais que não tenham obtido mais do que dois caracteres com nota de seis ou mais do que um caracter com nota de cinco. Se o animal obtiver uma pontuação inferior a 5 em algum item, este não poderá ser aprovado como reprodutor (APSL, 2016).

Tabela 2 - Tabela com as regiões e respectivos coeficientes utilizada para a aprovação de reprodutores (Adaptado de APSL, 2016)

Regiões	Coeficiente	Parciais
Cabeça e pescoço	1	Cabeça Pescoço
Espádua e garrote	1	
Peitoral e costado	1	
Dorso e rim	1,5	
Garupa	1	
Membros	1,5	Anteriores Posteriores
Andamentos	1,5	Passo Trote Galope
Conjunto de formas	1,5	
Total	10	

Até 1993, as inspeções de qualquer animal candidato a reprodutor, eram realizadas em casa do criador, sendo os animais apresentados à mão (Soares, 1998). Segundo o atual Regulamento do LG do cavalo Lusitano, existem algumas diferenças nas condições de aprovação entre machos e fêmeas. Os candidatos a reprodutores masculinos são obrigatoriamente apresentados montados, nos três andamentos (passo, trote e galope), em concentrações públicas e as candidatas a reprodutoras femininas são observadas à mão ou em liberdade, em casa do criador ou em concentrações públicas. Os machos devem apresentar um relatório médico-veterinário que assegure a integridade da genitália e a capacidade reprodutiva antes da aprovação. A idade mínima à aprovação é de três anos para as fêmeas e de quatro anos para os machos. No entanto, é possível serem inscritos animais no LR antes de completarem as supramencionadas idades, caso a Comissão de Inscrição considere que o estado de desenvolvimento e conformação do animal o permita candidatar-se a reprodutor (APSL, 2016).

O facto de a idade mínima à aprovação ser diferente entre machos e fêmeas leva a uma diferença entre a idade dos pais ao nascimento do seu primeiro filho, sendo de $5,44 \pm 2,04$

anos para as fêmeas e $7,30 \pm 3,62$ anos para os machos, visto que a preparação dos machos para a aprovação é um trabalho moroso. De um modo geral, em média, os garanhões são pais com $11,33 \pm 5,23$ anos e as éguas são mães com $9,71 \pm 4,48$ anos, o que indica que no PSL prologa-se a vida reprodutiva dos machos e das fêmeas, ainda que as fêmeas sejam mantidas ativas por um período mais curto que os machos.

A prolongada utilização de reprodutores pode prejudicar o progresso genético desejado e proporcionar o emparelhamento entre parentes próximos (por exemplo, pai-filha, mãe-filho, meios-irmãos, etc.) caso não fossem tomadas medidas. No entanto, o número de acasalamentos entre pais e filhos na raça Lusitana não é demasiado elevado (menos de 2%), o que provavelmente reflete a preocupação dos criadores em evitar acasalamentos entre animais muito aparentados (Vicente *et al.*, 2015).

Ao longo do tempo, diferentes sistemas de aprovação e eliminação de candidatos à reprodução têm sido utilizados, de forma a tornar mais eficaz o melhoramento da raça. Num primeiro período, de 1967 a 1988, para que fosse possível a aprovação tanto dos machos como das fêmeas, a sua pontuação total teria de ser igual ou superior a 60 pontos, desde que nenhuma pontuação parcial fosse inferior a 5 pontos. Relativamente à altura ao garrote, era imperativo que as fêmeas de três anos de idade tivessem pelo menos 150 cm e os machos de 4 anos um mínimo de 154 cm. No ano seguinte, em 1989, houve uma modificação na pontuação mínima para 65 pontos no caso das fêmeas e 70 pontos no caso dos machos. Estas condições mantiveram-se até 1990. No terceiro período, de 1991 a 2000, passou a exigir-se uma pontuação final mínima para machos de 72 pontos (Soares, 1998; Vicente, 2015). No quarto período, de 2001 a 2009, houve uma grande mudança nas condições de aprovação. Aos animais candidatos a reprodutores não era exigida uma altura mínima ao garrote nem uma pontuação final mínima para serem admitidos ao LR. Contudo, duas notas parciais iguais a cinco ou uma nota inferior a cinco levavam à eliminação do candidato. Desde 2010 que, além das normas previamente referidas, determinou-se que nenhum animal pode ter três ou mais notas parciais de seis (Vicente, 2015). A partir de 2017, após serem aprovadas em Assembleia Geral de criadores alterações ao regulamento do LG, a nota final para as regiões que têm parciais, como por exemplo para o parâmetro “Andamentos” com os parciais “Passo”, “Trote” e “Galope”, é obtida através da média das notas parciais atribuídas e os animais devem ser examinados segundo a Tabela Padrão. A TP é o esquema de classificação linear concebido para a raça Lusitana (APSL, 2016). Na tabela 3 encontra-se sintetizada a

evolução dos critérios de pontuação para o LR na avaliação no cavalo Lusitano ao longo dos anos.

Tabela 3 - Evolução da avaliação do PSL para o Livro de Reprodutores

Ano	Idade Mínima (anos)		Pontuação Total Mínima		Pontuação Parcial Mínima		Altura ao Garrote (cm)		Taxa de aprovação (aprovados/nascidos)	
	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
1967-1988	3	4	60		5		150	154	80%	47%
1989-1990	3	4	65	70	5		150	154	78%	36%
1991-2000	3	4	65	72	5		150	154	69%	25%
2001-2009	3	4	-	-	Dois 5 ou <5		-	-	59%	14%
2010-	3	4	-	-	≤ três 6; dois 5 ou <5		-	-	35% ⁽¹⁾	9% ⁽¹⁾
Global									18%	55%

⁽¹⁾Taxas de aprovação até ao ano de 2016 (2010-2016)

Analisando a evolução das condições de aprovação ao longo dos anos, conclui-se que a associação de criadores tentou, nos primeiros três períodos, de modo a homogeneizar e a melhorar a qualidade dos animais, tornar mais exigentes as regras para a aprovação (Soares, 1998). Mais tarde, o sistema foi modificado e passou a focar-se nas pontuações atribuídas aos caracteres parciais, diretamente relacionadas com a qualidade da morfologia e andamentos dos animais (Vicente, 2015).

No final da primeira fase, obrigatória na inscrição no LR, os animais são classificados como: “Reprodutor” se obtiverem até 72 pontos (exclusive) e “Reprodutor *” (Reprodutor com uma estrela) se obtiverem 72 ou mais pontos. Animais com esta designação podem cobrir até vinte éguas por ano (APSL, 2016). A taxa global de aprovação no LR (animais aprovados/animais nascidos) de animais nascidos de 1967 a 2016 foi de 18% para machos e 55% para fêmeas (Tabela 3).

A segunda fase, facultativa, destina-se a animais já aprovados na primeira fase e que queiram candidatar-se a “Reprodutor **” (Reprodutor com duas estrelas) ou a “Reprodutor ***” (Reprodutor com três estrelas), sendo necessária a idade mínima de 6 anos. Estes animais

são submetidos a quatro provas (prova morfológica, prova de ensino, prova livre e teste montado). O resultado final é obtido pela média das percentagens das quatro provas, podendo os animais ficar classificados como “Reprodutor **” se obtiverem entre 65 (exclusive) e 80% (inclusive) e “Reprodutor ***” se obtiverem mais de 80%. Os machos aprovados nesta fase podem beneficiar até quarenta éguas por ano (APSL, 2016).

Podem ainda candidatar-se a “Reprodutor Recomendado (****)” (Reprodutor Recomendado com quatro estrelas) todos os reprodutores que durante a sua vida obtenham resultados considerados relevantes, relativos à funcionalidade, consoante a área onde o animal se destaca, ou a resultados de concursos de modelo e andamentos. Para que seja possível o proprietário ou o criador candidatar o animal, este tem que estar previamente inscrito como reprodutor e ter, no mínimo, seis anos de idade. Para obter a denominação em Modelo e Andamentos terá que ser pelo menos “Reprodutor *” e ter uma altura ao garrote mínima de 1,55 m. A denominação de “Reprodutor Recomendado (****)” terá sempre adjudicada uma sigla ou siglas das disciplinas nas quais o seu desempenho permitiu que lhe fosse atribuída esta denominação (APSL, 2016).

Por fim, o proprietário ou o criador pode ainda candidatar o seu animal à denominação de “Reprodutor de Mérito (*****)” (Reprodutor de Mérito com cinco estrelas). Pode-se candidatar todo o Reprodutor/a (Recomendado ou não) cujos filhos obtenham resultados pela sua funcionalidade que permitam concluir que o progenitor transmite aos filhos qualidades superiores à média. O candidato terá que ter a idade mínima de nove anos e descendência já inscrita no Livro de Reprodutores. Para a obtenção desta classificação são apreciadas a consanguinidade, a genealogia, os resultados da descendência e os resultados da atividade funcional (APSL, 2016).

1.3.4. Concursos de Modelo e Andamentos

O método de avaliação utilizado aquando da aprovação de reprodutores é também aproveitado em concursos de modelo e andamentos, onde os animais concorrentes são apreciados e classificados em função da morfologia, de acordo com o padrão da raça, e também em função da dinâmica dos animais, através dos seus andamentos. Estes concursos têm sido importantes para a seleção, caracterização e homogeneização da raça Lusitana. Este método tem como vantagens a sua fácil organização e a avaliação de uma grande amostra de animais num reduzido período de tempo, abrangendo um leque mais vasto de criadores e

classes mais variadas de animais apresentados. A duração deste tipo de eventos também é menor, assim como o investimento, e pode funcionar como um modo de seleção de animais, e, dependendo do dia do evento, influenciar os criadores e o público, contribuindo para a promoção e melhoramento da raça (Monteiro, 1983).

Aquando da inscrição dos animais nos concursos, estes são admitidos por classes distintas, tendo em conta a idade, o género e se se encontram na capacidade de serem apresentados à mão (passo e trote e, adicionalmente, galope para as classes de 3 anos) ou montados (passo, trote e galope). Os animais inscritos são, posteriormente, apresentados num picadeiro onde é construído um triângulo equilátero no qual existe um juiz por cada vértice, de modo a que, a cada volta de apresentação (quando apresentados à mão), os animais possam ser apreciados de frente, de perfil e de trás. Nas classes montadas, os três andamentos são apresentados para a direita e para a esquerda, dentro de um retângulo. Para a classificação destes dois tipos de apresentação existe um júri composto por três juízes da raça, assessorado pelo presidente do júri (Serpa, 2019).

Neste tipo de eventos morfológicos, podemos observar o panorama geral de uma raça nos mais variados países e nas diferentes classes etárias. Consequentemente, os concursos de modelo e andamentos não só promovem a expansão da raça como também proporcionam uma maior visibilidade dos criadores e dos seus produtos individualmente, ganhando privilégios económicos e sociais. Nestes concursos, os melhores animais da raça são distinguidos através da obtenção de medalhas de ouro, prata e o júri pode conceder-lhes o título de ganhão ou égua recomendável. Esta distinção é essencial, nomeadamente para os ganhões, uma vez que estes podem obter direitos de reprodução e, assim, beneficiar um maior número de éguas por ano. Assim sendo, é notório que os concursos de modelo e andamentos desempenham um papel importante nos sistemas de seleção do PSL (Vicente, 2015).

Durante o julgamento deste tipo de eventos aconselha-se a ter em conta uma série de valores, tais como a eliminação de animais claudicantes e com taras graves, que possam ser transmissíveis à descendência ou que possam comprometer a utilização futura do animal. É necessário ter também em conta as características étnicas da raça e o animal deve corresponder ao tipo específico da função a que se destina e evidenciar as características raciais exigidas no respetivo padrão. Deve-se valorizar os andamentos pois são fundamentais independentemente se o animal se destina ao desporto, trabalho ou lazer. Por fim, é essencial

a apreciação da conformação e das proporções do modelo, pois deve existir harmonia e as várias regiões anatómicas do animal devem ser apreciadas nas suas proporções, forma, ligações e integridade do modelo. Monteiro (1983) refere ainda que, por último, não se deve esquecer que “a qualidade depende mais da existência de virtudes do que da ausência de defeitos”.

Na criação de cavalos existe uma grande tradição de concursos de conformação e andamentos, tendo sempre um papel importante nas mais variadas raças, mesmo que atualmente a seleção de cavalos de desporto se baseie nos resultados alcançados. Embora os concursos de modelo e andamentos possam servir de filtro na seleção na raça Lusitana, estes não devem ser vistos como uma forma importante de selecionar animais pois a seleção baseada única e exclusivamente em caracteres morfológicos é pouco eficiente. É necessário ter em conta a funcionalidade pela qual o Lusitano se distinguiu ao longo da história (Vicente, 2015).

1.4. Distribuição geográfica

A raça Lusitana tem claramente evoluído e aumentado o seu efetivo desde a fundação do LG, não só em Portugal como um pouco por todo o mundo. Existe uma ampla distribuição dos nascimentos de poldros Lusitanos em todo o país, principalmente no centro e sul de Portugal Continental, pois sempre subsistiu uma grande tradição na criação do cavalo Lusitano no Alentejo e no Ribatejo, considerando-se estas regiões como o solar da raça. O distrito de Santarém é o que possui o número de poldros registados mais elevado até 2009 e o distrito de Portalegre tem também uma grande produção de animais, essencialmente devido à coudelaria de Alter Real, que tanto tem trabalhado em prol do Lusitano, desde a fundação da raça. Também é notória a crescente criação do PSL no norte de Portugal, assim como no arquipélago dos Açores (Vicente *et al.*, 2015).

Existem 33 países diferentes com registos de nascimentos de cavalos PSL inscritos no LG em Portugal, e há registos de cavalos Lusitanos espalhados pelo mundo em 63 países diferentes, abrangendo os 5 continentes (Vicente *et al.*, 2020). Na figura 3 encontram-se os países proprietários e criadores de cavalos Lusitanos.



Figura 3. Dispersão mundial do Lusitano

Os maiores criadores da raça, à exceção de Portugal, são o Brasil, França, Espanha e México, onde ocorrem o maior número de nascimentos no estrangeiro. Bélgica, Alemanha, Reino Unido, Itália e Holanda são também importantes produtores. É evidente a dispersão mundial da raça, ainda que com uma escassa população global, existindo, em 2009, cerca de 5000 éguas reprodutoras registadas por todo o mundo (Vicente *et al.*, 2015).

Em 2008, com um número de fêmeas reprodutoras exploradas em linha pura próximo das 2500, a raça Lusitana foi classificada como “Ameaçada/Grau 3” (classe entre 2000 e 4000 fêmeas exploradas em linha pura) no âmbito da Portaria n.º 618/2008 que aprovou a Regulamentação da Ação n.º 2.2.3 «Conservação e Melhoramento de Recursos Genéticos» do PRODER e segundo os critérios utilizados pela União Europeia (Regulamento da CE N.º 445/2002) para definir o estatuto de risco das raças.

Em 2015, de acordo com o documento de atos delegados do novo Regulamento de Desenvolvimento Rural adotado pela Comissão Europeia e com as condições que Portugal estabeleceria para efeitos da aplicação do estatuto de risco de abandono, no âmbito das exigências regulamentares e dos objetivos do Programa de Desenvolvimento Rural 2014-2020, com base no efetivo existente em 2013, designadamente 2000 fêmeas exploradas em linha pura, 1500 machos, 300 criadores, com um tamanho efetivo da população de 28,1 e com quantidade “insuficiente” de material genético crioconservado no Banco Português de Germoplasma Animal (Carolino *et al.*, 2013), a raça equina Lusitana foi considerada como em risco de extinção, grau B – risco intermédio.

Com base nas normas regulamentadas pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) que visam a avaliação do estatuto de risco das raças autóctones portuguesas, para determinar se uma raça se encontra em risco, consideram-se algumas etapas, nomeadamente a verificação do número de fêmeas exploradas em linha pura. Caso o número de fêmeas exploradas em linha pura seja inferior a 5000 (para equídeos), a raça será considerada como em perigo de extinção (Carolino *et al.*, 2013).

Segundo dados facultados pela APSL, em comunicação direta, o número de animais nascidos entre 1967 e 2020, registados no LG, é de 75027, designadamente 37764 machos e 37263 fêmeas. Apesar de, atualmente, não ser possível apurar com precisão o efetivo da raça Lusitana, em 2021 estimou-se que existiam 6576 machos e 4231 fêmeas exploradas em linha pura por 506 criadores.

2. Avaliação Morfo-funcional Linear

2.1. Objetivos e características

As características lineares têm sido utilizadas na produção animal, em geral, desde os anos 70, mas os métodos de avaliação para efeitos de seleção variam entre espécies, raças e associações de criadores, com orientações produtivas muito diferentes. O sistema de avaliação linear foi pioneiro na produção de bovinos de leite e o facto de existir uma maior objetividade e uma melhor comparação das pontuações lineares do que as avaliações realizadas pelo método tradicional, permitiu introduzir características morfológicas lineares nos programas de seleção e serem incluídas nas avaliações genéticas nacionais e internacionais (Duensing *et al.*, 2014).

A Avaliação Morfo-Funcional Linear (AML) é um sistema de avaliação que tem como objetivo obter informação morfológica objetiva e útil de modo a ser incorporada na avaliação genética de futuros reprodutores, sendo uma ferramenta vantajosa a integrar nos programas de seleção (Gómez *et al.*, 2005). Esta denominação deve-se ao facto de se basear na avaliação dos animais de acordo com a sua morfologia e em que a relação entre cada uma das características analisadas e a sua classificação deve ser uma linha reta (Peña *et al.*, 2009). Uma vez que alguns dados ou combinações de dados podem estar relacionados com parâmetros produtivos ou com características relacionadas com a funcionalidade, outra possível utilização dos dados obtidos através deste método é a previsão do desempenho dos animais (Janssens e Vandepitte, 2004).

A AML consiste na aplicação de uma escala numérica linear contínua, através de caracteres objetivos, subjetivos ou ambos, que engloba toda a amplitude biológica existente na população, apresentando uma vantagem face ao método tradicional pois os extremos biológicos de algumas características são mais considerados do que quando estas características são avaliadas pelo sistema tradicional, particularmente quando combinadas com outras de maior especificidade (Duensing *et al.*, 2014). Por exemplo, para a característica “Comprimento do pescoço”, um extremo biológico corresponde a “curto” e o outro extremo a “comprido”. Na AML são estabelecidas várias classes dentro de cada característica, a que corresponde uma determinada pontuação. O juiz não faz qualquer juízo de valor ao animal que está a classificar e apenas regista a classe em que o animal se enquadra para cada característica, dentro da escala fornecida. Assim, a parte de julgar continua a ser subjetiva, mas é a interpretação e a análise das pontuações dos juízes que se torna mais objetiva (Holmström e Back, 2013). A informação obtida através desta metodologia, por ser completa e objetiva, possibilita a sua utilização na avaliação genética dos animais (Thompson *et al.*, 1981).

A AML permite então selecionar animais em função das suas características morfo-funcionais, ou seja, características morfológicas orientadas para uma funcionalidade definida, graças às correlações entre cada um dos caracteres avaliados linearmente e a aptidão específica de cada raça (Cortes, 1995). Desta forma, cada criador pode selecionar o animal que, de acordo com os objetivos da sua coudelaria, possa ser melhorador, de acordo com o valor genético obtido para cada variável morfológica avaliada (Gómez *et al.*, 2005) e realizar emparelhamentos dirigidos complementares.

O método de avaliação linear tem uma série de características que o distingue dos outros métodos de avaliação morfológica, tais como:

- Descritiva: Os juízes devem, através da escala que têm disponível, indicar em que classe se encontra cada característica. O facto de a escala abranger todo o espectro biológico, permite que exista uma descrição mais clara entre os indivíduos avaliados.
- Objetiva: Na escala devem constar características simples, de modo que toda a informação que se compile seja objetiva e que facilite a apreciação dos juízes, de forma que estes avaliem o indivíduo sem qualquer juízo de valor.
- Positiva: Esta metodologia proporciona que cada indivíduo possa contribuir para toda a população, detetando não só os que são capazes de transmitir características melhoradoras, mas também para a correção de defeitos específicos.
- Flexível: Ao recolher informações de forma muito concreta e objetiva, permite a requalificação de indivíduos em momentos específicos, podendo o sistema ser ajustado sempre que necessário (Peña *et al.*, 2009).

2.2. Características a integrar num esquema de classificação linear

Na seleção de características a integrar num esquema de classificação linear, é necessário ter em conta os seguintes critérios:

- Devem ser metodológicos: é recomendada a seleção de características simples e as mais independentes possíveis do ponto de vista biológico de modo que o emprego da escala seja fácil por parte de quem classifica (Sieber *et al.*, 1987);
- Devem-se incluir características que se relacionem diretamente com a funcionalidade da raça, uma vez que através desta metodologia se seleciona para uma determinada aptidão estabelecida (Janssens e Vandepitte, 2004);
- Os caracteres selecionados devem garantir a melhoria da raça, possuindo uma variabilidade considerável e valores de heritabilidades interessantes, pois quanto maior for a heritabilidade, maior será o progresso genético. Deve-se ter em conta também as correlações genéticas e fenotípicas entre os caracteres (Van Steenbergen, 1989).

2.3. A avaliação linear como alternativa ao método de avaliação tradicional

Os sistemas de avaliação tradicional são um método rápido e fácil de recolher e disponibilizar informação. Quando se avalia, por exemplo, caracteres como os “Membros” ou a “Garupa”, existe um alargamento das definições destas características, reduzindo a oportunidade de abordar especificamente certos aspetos relativos à conformação ou à funcionalidade e aumentando o carácter subjetivo da pontuação. No entanto, permite que possam ser avaliados um maior número de animais num curto espaço de tempo (Haberland, 2007). Neste tipo de método, a pontuação é expressa em relação a um ideal numa escala de “muito mau” a “muito bom”, facilitando a classificação dos indivíduos e as recomendações gerais relativas à sua utilização para reprodução (Weymann, 1989). Porém, a partir de uma pontuação única para, por exemplo, os “Membros”, é impossível avaliar diretamente características como “Comprimento dos membros”, “Comprimento das canelas”, “Amplitude dos cascos”, “Definição das articulações” e outras que possam ter influenciado de forma relevante a pontuação para os “Membros”. Acrescido ao facto de a avaliação de uma região se restringir a um único parâmetro, existe também um fator subjetivo associado à importância dada a cada aspeto distinto, que é suscetível de divergir entre os animais avaliados e os avaliadores, tornando difícil a diferenciação entre indivíduos. O restringimento da escala a pontuações mais favoráveis é também uma situação recorrente que contribui para a utilização limitada deste tipo de avaliação para a seleção de indivíduos como futuros reprodutores (Haberland, 2007; Breen, 2009).

Assim, foram desenvolvidos sistemas lineares como alternativa às avaliações tradicionais. Nos sistemas de avaliação linear, as características mais importantes são consideradas individualmente e são descritas em relação a extremos biológicos previamente estabelecidos, obtendo informações mais específicas e mais objetivas. Os extremos das escalas podem, por exemplo, ser dados como “pequenos” e “grandes” ou “fracos e fortes”. A interpretação das pontuações lineares pode depender do tipo de característica e do objetivo de melhoramento, em que a expressão mais favorável pode ser intermédia ou mais próxima de um dos extremos. Assim sendo, não existe um ótimo geral, contrariamente ao que acontece no método tradicional. O uso de escalas, embora diferentes, em ambos os métodos, torna difícil a sua correta interpretação. Assim, é necessário um cuidado especial aquando da implementação da avaliação para a pontuação linear de forma que seja clara a distinção entre sistemas (Duensing *et al.*, 2014).

O progresso de uma raça carece da classificação e seleção dos animais de acordo com os objetivos de melhoramento, sendo o método de pontuação tradicional o mais utilizado devido à sua fácil aplicação. O conhecimento e experiência dos juízes asseguram os detalhes importantes da conformação e da performance, mas existe uma lacuna de informação que diferencie os indivíduos. A classificação linear pode ser vista como um serviço importante das associações de criadores para os seus criadores, podendo ser usada na realização de emparelhamentos dirigidos, otimizando a manutenção, gestão e utilização dos animais (Duensing *et al.*, 2014). A problemática que se coloca ao substituir as escalas de pontuação tradicionais por escalas de pontuações lineares com características especificamente definidas, é a conceção do esquema linear. É inevitável que se obtenha um aumento da informação recolhida, portanto deve haver uma maximização entre os dados obtidos e a compilação dos mesmos. Os esquemas lineares não devem ser demasiado complexos, facilitando o ajustamento dos programas de melhoramento, pelo que a seleção baseada num subconjunto de características lineares é provavelmente mais eficiente do que trabalhar com muitas características (Duensing *et al.*, 2014). Desde a introdução dos sistemas de AML no melhoramento animal, foram definidos uma série de características-modelo de forma a serem utilizadas nas avaliações genéticas nos diferentes *Studbooks*. A heritabilidade moderada a elevada dos caracteres lineares torna-os viáveis para o melhoramento genético por seleção, diminuindo o risco de enviesamentos devido a preferências pessoais e ao conhecimento do *pedigree* dos indivíduos a avaliar (Koenen *et al.*, 1995).

2.4. Raças e/ou países com esquemas de classificação lineares

As avaliações lineares foram utilizadas pela primeira vez em equinos na década de 90 pela raça Koninklijk Warmbloed Paardenstamboek Nederland (KWPN/Cavalo Holandês de Desporto). Desde então, outras raças equinas integraram esta metodologia nos diferentes esquemas de classificação. As características incluídas nas diferentes escalas variam de acordo com a aptidão funcional de cada raça, sendo possível constatar o relevante peso dado às características referentes aos membros e à conformação, uma vez que condicionam o tempo de vida dos animais (Duensing *et al.*, 2014). Na tabela 4 encontra-se um quadro resumo com algumas raças e/ou países onde já foram implementados esquemas de classificação de características lineares em equinos.

Tabela 4 - Raças/países que utilizam esquemas de classificação linear

<i>Studbook</i>	País	Ano de implementação	Referências
Belgisch Warmbloedpaard (BWP)	Bélgica	2003	Rustin <i>et al.</i> , 2009
Czech Warmblood (CW) + Slovak Warmblood (SW)	República Checa	1997	Novotná <i>et al.</i> , 2017
Dansk Varmblod (DWB)	Dinamarca	2014	Dansk Varmblod, 2021
Haflinger	Itália	1990	Samoré <i>et al.</i> , 1997
Hannoveraner	Alemanha	2015/2016	Stock, 2017
KWPN	Holanda	1989	Koenen <i>et al.</i> , 1995
Oldenburg	Alemanha	2012	Stock, 2021
PRE	Espanha	2008	Sánchez <i>et al.</i> , 2013
Selle Français	França	2015/2016	Stock, 2017
(Dutch) Shetland Pony	Holanda	1989	van Bergen e van Arendonk, 1993
Swedish Warmblood (SWB)	Suécia	2013	Viklund e Eriksson, 2018
PSL	Portugal	2017	Presente estudo

3. Parâmetros genéticos e ambientais de características lineares

3.1. Metodologias de determinação de componentes de (co)variância

Atualmente existem vários métodos estatísticos e de algoritmos que podem ser utilizados para estimar os componentes de (co)variância, tendo como princípio básico o grau de semelhança entre indivíduos aparentados. Inicialmente, os métodos baseados na análise de variância (ANOVA) e na análise de regressão foram as metodologias mais utilizadas. Estas metodologias baseiam-se em dois princípios fundamentais:

- Os componentes de variância são funções lineares da covariância entre parentes, sendo necessária a constituição de uma estrutura familiar conhecida através de um delineamento experimental apropriado;
- Utilização do método de estimação dos mínimos quadrados e de delineamentos equilibrados, através de ambos os métodos de análise.

Posteriormente utilizaram-se os “Métodos de Henderson” (1953), que são referidos como uma adaptação da ANOVA para dados não balanceados. Devido às limitações destas metodologias e com o desenvolvimento de métodos estatisticamente e computacionalmente

mais eficientes, foi possível a criação de modelos biologicamente mais apropriados, evoluindo para métodos baseados em modelos de animais individuais (Thompson *et al.*, 2005).

Foi na década de 70, a par da evolução ocorrida ao nível de meios computacionais e *software*, que se desenvolveram alguns importantes métodos para a determinação de componentes de (co)variância, tais como: ML-Maximum Likelihood (Hartley e Rao, 1967), MINQUE-Minimum Norm Quadratic Unbiased Estimation e MIVQUE-Minimum Variance Quadratic Unbiased Estimation (Rao, 1971; LaMotte, 1973) e REML-Restricted Maximum Likelihood (Patterson e Thompson, 1971), que apresentam algumas vantagens, nomeadamente a garantia de que as estimativas obtidas não saiam do espaço paramétrico e levando em conta toda a informação sobre a genealogia dos indivíduos.

Atualmente, o método REML (Restricted Maximum Likelihood ou Método da Máxima Verosimilhança restrita) (Patterson e Thompson, 1971) é considerado o método mais utilizado na prática na genética animal para estimar parâmetros genéticos. Este método permite considerar no próprio modelo de análise os efeitos fixos, possibilitando a correta estimativa dos parâmetros.

Em suma, a estratégia subjacente ao método de estimação da máxima verosimilhança consiste em encontrar um conjunto de valores desconhecidos, tal que a verosimilhança ou a probabilidade de obter a distribuição das observações y , seja máxima. Os valores obtidos designam-se por estimadores de máxima verosimilhança e, para os calcular, é necessário calcular o máximo da função de verosimilhança. No entanto, este estimador de máxima verosimilhança é tanto mais enviesado quanto maior for o número de médias a estimar pois não tem em consideração os graus de liberdade que se perdem para a estimação de efeitos fixos do modelo. Por isso, foi necessário a formulação do método REML (Gama *et al.*, 2004). A função de máxima verosimilhança restrita corresponde a uma combinação linear das observações, maximizando apenas uma parte da função, sendo independente dos fatores fixos incluídos no modelo. Este método foi inicialmente proposto por Patterson e Thompson (1971) mas só é possível obter soluções para este sistema recorrendo a processos iterativos. Os algoritmos utilizados para encontrar as soluções para o sistema de soluções referido podem ser:

- Com recurso ao algoritmo EM (Expectation-Maximization) (Dempster *et al.*, 1977), que consiste em iniciar o processo iterativo com um conjunto de estimativas iniciais,

e a cada nova interação substituir as estimativas anteriores por novos valores até obter a convergência desejada;

- Com recurso a algoritmos em que não é necessário o cálculo de derivadas (Derivative Free Restricted Maximum Likelihood – DFREML) (Meyer, 1986 e 1989), sendo o ótimo da função de verosimilhança determinado por buscas sucessivas. Este método foi inicialmente desenvolvido por Smith e Graser (1986) e depois desenvolvido computacionalmente por Meyer (1988) e Boldman *et al.*, (1995) para utilizar nas estimativas de (co)variâncias, em análises univariadas e multivariadas.

A escolha do algoritmo a utilizar depende de alguns fatores, tais como as características do hardware disponível, as performances informáticas do algoritmo (memória, velocidade de convergência, número de dados, etc.) e flexibilidade em termos de modelos de análise.

O DFREML é uma ferramenta de extrema importância na utilização do modelo animal, para a estimativa de componentes de (co)variância, através de diferentes tipos de modelos, em análises univariadas e multivariadas e que podem ser utilizados em estudos evolutivos e na caracterização de populações animais (Thompson, 2008).

3.2. Modelos de análise

Através de modelos de análise adequados aos caracteres em estudo, podem obter-se estimativas de componentes de (co)variância, mas as verdadeiras variâncias e covariâncias genéticas e fenotípicas, na realidade, nunca são conhecidas (Searle, 1970). Na escolha do modelo a utilizar, é necessário ter em conta que este deverá representar as características biológicas do carácter a analisar e ter aplicabilidade (Willham, 1972). De um modo geral, quanto maior for a informação a influir no modelo, maiores serão as necessidades computacionais. Ao invés, quanto maior for a simplificação do modelo, mais difícil se torna a estimativa dos componentes, pois ao simplificarmos a informação a incluir, podemos estar a excluir um fator que seja importante, resultando em estimativas incorretas dos componentes de variância.

Como resposta à procura de uma solução que resolvesse os problemas que existiam com modelos anteriores, Henderson (1973) desenvolveu um método conhecido como BLUP (Best Linear Unbiased Prediction). O interesse a nível internacional da utilização do BLUP

– Modelo Animal na estimativa de componentes de variância para diversas espécies pecuárias (bovinos, ovinos, suínos, aves, caprinos, equinos, etc.) é generalizado e indiscutível (Carolino, 2017). Através desta metodologia estima-se com a maior precisão possível o valor genético de cada animal, tendo em conta os efeitos fixos (idade, género, criador, local/época de nascimento, etc.). Estimam-se simultaneamente os efeitos ambientais que possam dissimular a expressão do potencial genético do animal e, desde que exista informação sobre todos os parentes, os valores genéticos de todos os indivíduos na base de dados (Henderson, 1984; Gama *et al.*, 2004; Carolino *et al.*, 2018). Quando comparado com a seleção fenotípica, o método BLUP – Modelo Animal apresenta vantagens que, em termos práticos, significam que a estimativa do valor genético de um indivíduo através desta metodologia considera:

- O mérito de todos os seus parentes, através da inclusão da matriz de parentescos (relação de parentesco de todos os animais);
- O valor genético dos participantes nos diferentes acasalamentos, ou seja, um macho não será prejudicado num acasalamento com fêmeas de mérito genético inferior ou vice-versa;
- Os efeitos fixos a que um registo está sujeito.

Apesar de o BLUP possuir as manifestas vantagens supracitadas, estas requerem algum cuidado na interpretação dos resultados, uma vez que a fiabilidade das soluções depende da fiabilidade dos registos e da correção do modelo e parâmetros utilizados. É necessário ter em conta também que, pelo facto da seleção por esta metodologia incluir toda a informação familiar, há tendência a selecionar indivíduos aparentados, originando a acumulação da consanguinidade mais rapidamente. Uma consequência necessária ao aumento da consanguinidade é a redução da variância genética, causando um decréscimo na resposta à seleção. Se o carácter selecionado for influenciado pela depressão consanguínea, poderá ser um inconveniente a médio e longo prazo, onde a resposta com o BLUP acabará por ser inferior à da seleção individual, a menos que se estabeleçam limitações (Gama *et al.*, 2004).

Na tabela 5 encontram-se alguns efeitos fixos inseridos nos modelos utilizados na estimativa de parâmetros genéticos e ambientais em características lineares em equinos.

Tabela 5 - Modelos aplicados por diversos autores na estimativa de parâmetros genéticos e ambientais

Autor	Género	Idade	Idade da mãe ⁽¹⁾	Local Avaliação	Juiz*Ano	Juiz	Ano ⁽²⁾	Local Coudelaria	Pelagem	Criador
Novotná <i>et al.</i> , 2017	✓	✓		✓	✓					
Sánchez <i>et al.</i> , 2013	✓	✓			✓			✓		
Rustin <i>et al.</i> , 2009		✓		✓		✓				
Folla <i>et al.</i> , 2019	✓	✓	✓							
Vostrý <i>et al.</i> , 2011	✓	✓					✓		✓ ⁽³⁾	✓ ⁽³⁾
Samoré <i>et al.</i> , 1997		✓ ⁽⁴⁾			✓					✓ ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Idade da mãe aquando da avaliação do seu poldro; ⁽²⁾ Ano da avaliação; ⁽³⁾ Consideraram-se estes efeitos fixos em separado mais a interação pelagem × criador; ⁽⁴⁾ Efeito combinado de grupo do criador × ano de nascimento.

3.3. Parâmetros genéticos em características morfo-funcionais em equinos

Desde o início da domesticação dos animais que tem existido seleção por parte do Homem com o intuito de melhor servir as suas necessidades, levando a profundas alterações morfológicas e fisiológicas nas espécies domésticas. O melhoramento genético consiste na seleção de animais domésticos com a intenção de melhorar as características desejáveis (e hereditárias) na próxima geração (Oldenbroek e Waaij, 2014). A seleção consiste na escolha de futuros reprodutores, tanto machos como fêmeas, ou seja, é o processo através do qual alguns animais irão produzir mais descendentes do que outros. De um modo geral, através da seleção artificial, a partir do conjunto de animais anualmente disponíveis para futuros reprodutores, interessa-nos selecionar os indivíduos que melhor servem os objetivos dos criadores, transmitindo aos descendentes as características pretendidas, sendo os restantes rejeitados (Carolino, 2017).

A aplicação bem sucedida dos atuais conhecimentos sobre o melhoramento genético exige que os objetivos de seleção sejam bem definidos pelos criadores e que estes estejam dispostos a aceitar e a cooperar com a aplicação dos métodos científicos aplicados a um esquema de seleção, e que os efetivos reprodutores sejam relativamente grandes (Arnason e

Van Vleck, 2000). Relativamente a outras espécies pecuárias, os programas de seleção de equinos são os que apresentam maiores diferenças entre raças e países, como resultado da diversidade de funções e objetivos para que são selecionados (Gama *et al.*, 2004). Consequentemente, segundo Arnason e Van Vleck (2000), a criação de cavalos apresenta algumas particularidades que as distinguem das outras espécies zootécnicas, resultando em vantagens e desvantagens no que diz respeito ao melhoramento genético:

- Existem registos de genealogia muito completos, muitas vezes com um grande número de gerações conhecidas;
- Registam-se informações sobre as características analisadas tanto nos machos como nas fêmeas;
- As taxas reprodutivas são baixas;
- O intervalo de geração é longo;
- O acasalamento não é geralmente aleatório;
- Dependendo do que se assume ser o seu mérito genético, o valor económico de um individuo pode variar bastante.

Devido a estes fatores e à semelhança de outras espécies, o BLUP – Modelo Animal foi adotado como a metodologia de avaliação genética em cavalos, nas diferentes populações europeias (Gama *et al.*, 2004).

As estimativas fiáveis dos parâmetros genéticos são essenciais no melhoramento animal para a planificação e execução de qualquer esquema de seleção (Gama, 2002; Van Vleck, 1993). As principais estimativas dos parâmetros relativos à diversidade genética são a heritabilidade (h^2) e as correlações genéticas (r_g) (Saastamoinen e Barrey, 2000). Estes parâmetros correspondem a funções de componentes de variância, são específicos para cada característica e população e devem ser estimados com a máxima precisão possível com base em metodologia estatística com diferentes graus de complexidade (Gama *et al.*, 2004).

A heritabilidade é a componente genética aditiva da variação fenotípica (Bowling, 1998), resultando a variância fenotípica do somatório das variâncias de todos os efeitos genéticos e ambientais. Por outras palavras, a heritabilidade corresponde à proporção das diferenças entre os animais numa determinada população que é transmitida aos seus descendentes e exprime o grau de transmissibilidade de uma característica. A componente genética reflete a influência do valor genético (dobro do desvio dos descendentes relativamente à média da população), dos desvios de dominância (diferença entre o valor genómico e o valor genético)

e do efeito de epistasia (interação entre vários *loci*) (Visscher *et al.*, 2008). É necessário que as estimativas dos valores de heritabilidade sejam fiáveis de modo a obter a melhor predição do valor genético dos animais e a determinação da precisão da sua avaliação genética, para o planeamento de diferentes esquemas de melhoramento ou para a estimativa do progresso genético (Gama *et al.*, 2004). A heritabilidade varia entre 0 e 1, onde um valor próximo de 1 indica uma maior transmissibilidade da característica. De acordo com os diferentes valores de h^2 , é possível distinguir três níveis diferentes (Gama, 2002):

- Baixa transmissibilidade ($<0,2$) para características reprodutivas;
- Transmissibilidade moderada (0,2-0,4) para características produtivas e de crescimento;
- Elevada heritabilidade ($>0,4$) para caracteres de composição e qualidade dos produtos.

A h^2 não é estática e uma característica que pode ser altamente hereditária numa população pode ser apenas moderadamente hereditária noutra devido às diferenças que existem entre os dados e informações recolhidas, frequências genéticas, endogamia e efeitos ambientais (Bowling, 1998; Visscher *et al.*, 2008). Saastamoinen e Barrey (2000) referem que os caracteres de conformação de equinos têm uma heritabilidade normalmente baixa ou moderada, com valores entre os 0,1 e os 0,5. Estes valores podem estar relacionados com a dificuldade e com a subjetividade da avaliação por parte dos juízes e com o facto de, em determinadas regiões corporais, a escala não ser utilizada na sua totalidade.

Quando as características referentes à morfologia são avaliadas por intermédio de um juiz, estas apresentam por norma uma heritabilidade mais reduzida do que as características obtidas através da medição direta, indicando que as características avaliadas através de uma pontuação são influenciadas por outros fatores não genéticos (Hosseini-Zadeh, 2021). Estes fatores não genéticos incluem, por exemplo, o efeito do juiz, género, condição corporal, mês e ano de avaliação e a idade. Todos esses fatores devem ser considerados quando as avaliações subjetivas são usadas na seleção de cavalos ou em análises genéticas (Saastamoinen e Barrey, 2000).

A avaliação genética dos caracteres de conformação é bastante importante na seleção em equinos pois é através desta que, indiretamente, se pratica a seleção para a performance (Stock e Distl, 2006), uma vez que os valores das heritabilidades dos caracteres morfológicos são frequentemente superiores aos valores das heritabilidades das características funcionais

(Saastamoinen e Barrey, 2000). A eficiência da seleção indireta para a funcionalidade é dependente da variabilidade genética das características morfológicas e está relacionada com as correlações genéticas entre a conformação e a performance. Desta forma, os criadores de cavalos tendem a selecionar os animais com base na conformação, de modo a obterem a funcionalidade pretendida (Novotná *et al.*, 2017). Para características relativas à performance em equinos, estima-se que os valores de heritabilidade sejam baixos a moderados, variando entre praticamente 0 e 0,5 (Bowling, 1998). Com base em referências consultadas, Santos (2008) concluiu que os valores estimados para a heritabilidade de características dos andamentos são moderados a elevados, variando entre 0,2 e 0,57, sendo o trote aquele que obtém valores mais elevados (0,23-0,51). As grandes diferenças entre as estimativas de h^2 podem ser explicadas pela variabilidade própria de cada raça, do seu objetivo de seleção e também do método de avaliação (Folla *et al.*, 2020).

No que diz respeito às correlações (genéticas e fenotípicas), estas medem o grau de associação entre os diferentes caracteres. A estimativa da correlação fenotípica (r_p) diz-nos se existe uma associação entre fenótipos para dois caracteres medidos no mesmo animal. A estimativa da correlação genética (r_g) avalia se um elevado valor genético para uma determinada característica X apresenta ou não um valor genético elevado noutra característica Y. Se ambas as características são geneticamente correlacionadas, a correlação genética é vantajosa para a predição do valor genético de Y e o valor genético de X, sem ser necessário medir a característica Y. Pode dever-se a pleiotropismo (os caracteres são afetados pelo mesmo conjunto de genes) ou a correlações “automáticas” (quando um caracter é componente do outro). Através desta ferramenta é possível avaliar se existem caracteres antagónicos, ou seja, se quando selecionamos uma característica, não estamos a comprometer ou piorar outra. As correlações genéticas possibilitam assim a diminuição dos parâmetros a avaliar, sendo a gestão dos recursos disponíveis mais eficiente (Visscher *et al.*, 2008). O valor estimado da correlação genética reflete grau de associação entre duas características. Pode ser uma relação positiva ou negativa, sendo que valores próximos de -1 e 1 explicam associações muito fortes e valores próximos de zero indicam características independentes, isto é, que não existe associação entre as mesmas.

Referente às correlações genéticas entre características morfológicas e de andamentos, estas são geralmente moderadas a bastante altas (Saastamoinen e Barrey, 2000). As correlações genéticas entre características de andamentos são bastante altas (Santos, 2008) e as correlações entre características funcionais têm-se tornado fundamentais no planeamento de

esquemas de seleção e melhoramento de equinos (Molina *et al.*, 1999) e são igualmente importantes no estudo da evolução das diferentes tendências genéticas e fenotípicas (Viklund *et al.*, 2011). O sucesso da seleção indireta para características de performance está relacionado com a variabilidade genética dos caracteres morfológicos e com as correlações genéticas entre a conformação e a performance (Novotná *et al.*, 2017).

O aumento da consanguinidade pode ser uma consequência da maioria dos esquemas de seleção. A consanguinidade é causada pelo acasalamento entre indivíduos aparentados. Os descendentes do acasalamento de indivíduos aparentados apresentam uma maior possibilidade de possuírem cópias de um mesmo gene desse ascendente comum (Charlesworth e Willis, 2009). O contínuo uso de acasalamentos consanguíneos na população aumenta o grau de homozigotia, resultando no aumento da probabilidade de surgirem indivíduos homozigóticos para genes deletérios recessivos. Pode ainda resultar na redução da performance produtiva e reprodutiva e da capacidade de sobrevivência ou de adaptação. Nas espécies domésticas, os animais selecionados como reprodutores com um valor genético mais elevado são aqueles que são utilizados com mais frequência, o que leva a uma contribuição desigual de um número limitado de animais reprodutores para a geração seguinte (Leroy, 2014).

Nas raças de equinos cujo *Studbook* é fechado, como é o caso do PSL, a consanguinidade tende a aumentar, pelo que a variabilidade genética e, conseqüentemente, a resposta à seleção, tendem a diminuir. Assim, é necessário o estudo dos efeitos da consanguinidade em raças cuja população é relativamente pequena, como acontece na raça Lusitana. A depressão consanguínea, ou seja, a diminuição do vigor ou da produtividade dos animais, é normalmente considerada uma função linear da consanguinidade (Falconer e Mackay, 1996). Segundo os mesmos autores, apesar de haver influência da consanguinidade em algumas características morfológicas, noutras não se observam diferenças significativas, indicando que o nível de depressão consanguínea depende da característica e da população em estudo.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

1. Animais

A informação utilizada neste trabalho foi disponibilizada pela APSL, organismo nacional e internacional responsável pela gestão do LG e do programa de melhoramento genético da raça Lusitana, tendo sido obtida através do *software* GenPro da RuralBit.

Foram disponibilizados registos de 3200 animais avaliados através da Tabela Padrão. Os dados foram recolhidos aquando da classificação morfo-funcional para a inscrição no livro de adultos. Em anexo (Anexo I e II), encontram-se exemplos de perfis de classificação linear da raça Lusitana e da raça Oldenburg, respetivamente.

2. Dados

Foram utilizados registos de 3200 animais, dos quais 709 machos e 2491 fêmeas, avaliados através da Tabela Padrão, entre janeiro de 2017 e abril de 2021. O ano de 2019 foi aquele em que se realizaram o maior número de avaliações e em 2021 realizaram-se 260 avaliações até ao início deste estudo (abril) (tabela 6). Relativamente à composição etária da população estudada, a idade dos animais estava compreendida entre os 1,69 e os 23,42 anos, sendo a idade média à classificação de $6,66 \pm 2,96$ anos. Apesar da idade mínima na aprovação de reprodutores ser de 3 e 4 anos, respetivamente para fêmeas e machos, é possível serem inscritos animais no LR antes de completarem as supramencionadas idades, caso situações excecionais. As fêmeas tinham, em média, $6,45 \pm 2,81$ anos e os machos $7,41 \pm 3,33$ anos.

Tabela 6 -Distribuição do nº de avaliações lineares pelos anos de classificação

Ano Classificação	2017	2018	2019	2020	2021
Nº Avaliações	690	625	839	786	260

As avaliações foram realizadas por 15 juízes formados e selecionados pela APSL, perfazendo um total de 63 combinações diferentes. Para cada animal, foram analisadas 63 características e 23 defeitos.

3. Características lineares avaliadas

A utilização da classificação morfológica linear a partir da Tabela Padrão iniciou-se em 2017. Foram selecionadas 63 características (45 morfológicas e 18 de andamentos) para pontuar, cuja descrição se encontra na tabela 7. As características lineares são pontuadas entre 0 e 40 pontos, abrangendo assim todo o espectro biológico de avaliação dos caracteres. As pontuações de 0 e 40 pontos correspondem aos extremos e 20 corresponde, teoricamente, à média de cada característica na população. Existe também uma secção em que o juiz pode assinalar defeitos do animal avaliado. Na TP concebida para o Lusitano constam 23 defeitos distintos disponíveis, cuja descrição se encontra na tabela 8.

Tabela 7 - Descrição do sistema de classificação linear no Lusitano

Categoria	Característica	Abreviatura	Descrição	Escala	
				0	40
Aspeto Geral	Estrutura	Estrutura	Constituição física do cavalo e conformação global (se apresenta pouco ou muito osso)	ligeira	pesada
	Tipicidade	Tipicidade	Grau de aproximação do cavalo ao padrão racial (se apresenta uma grande racialidade e expressão de acordo com o modelo)	pouca	muita
	Silhueta	Silhueta	Proporcionalidade do corpo do cavalo, podendo ser mais sobre o comprido (retangular) ou mais curto no tronco, compacto (alto)	retangular	alta
Cabeça	Boca	Boca	Forma da boca vista de frente e de perfil, podendo ser mais larga e redonda ou, pelo contrário, mais estreita e em bico	redonda	exageradamente em bico
	Perfil	Perfil	Forma do perfil da cabeça, formado pelas diferentes partes que a constituem, desde o concavo (amartelado) ou convexo (acarneirado)	concavo	convexo
	Forma	Forma	Proporcionalidade da cabeça entre as dimensões de comprimento e espessura, desde o mais triangular e curta a mais longa e comprida	triangular	comprida
	Olho	Olho	Forma do olho, desde mais rasgado, de forma alongada, elíptica e amendoada até um olho mais cilíndrico e redondo	rasgado	redondo
	Orelha	Orelha	Comprimento da orelha, desde muito curta a muito comprida	curta	comprida

Tabela 7 - Descrição do sistema de classificação linear no Lusitano (continuação)

	Expressão	Expressão	Aspetto geral da cabeça em relação ao padrão racial, se não apresenta expressão e tem aspeto apagado ou pelo contrário é muito expressiva e dentro do padrão com vivacidade	apagada	viva
	Ligação cabeça pescoço	LigCabPesc	Largura da ligação a cabeça-pescoço entre os extremos de muito fina a extremamente espessa	fina	espessa
Pescoço	Comprimento	CompPesc	Indica o comprimento do pescoço, desde muito curto até muito comprido	curto	comprido
	Posição	PosiPesc	Expressa a saída e posicionamento do pescoço desde muito horizontal até muito vertical em relação ao solo	horizontal	vertical
	Adiposidade	AdiposiPesc	Define o grau de menor ou maior acumulação de gordura no pescoço	pouca	muita
	Bordo ventral	BordVentPesc	Indica a conformação do bordo ventral do pescoço, desde o mais concavo ao invertido	concavo	invertido
Espádua	Comprimento	CompEspa	Expressa o menor ou maior comprimento da espádua do cavalo	curto	comprido
	Ângulo	AngEspa	Indica o grau de angularidade da espádua e sua conformação, em relação ao solo, podendo ser mais vertical ou mais horizontal	vertical	horizontal
Garrote	Proeminência	ProemGarr	Evidência a proeminência/saliência do garrote em relação ao corpo do animal, podendo ser dificilmente detetável e estar afogado no meio das espáduas ou bastante saliente e destacado	afogado	destacado
	Comprimento	CompGarr	Expressa o menor ou maior comprimento do garrote, entre os extremos de curto ou breve e longo, até ao meio do dorso	curto	longo

Tabela 7 - Descrição do sistema de classificação linear no Lusitano (continuação)

Peitoral	Amplitude	AmplPeit	Define a amplitude do peito que pode ser menor e mais estreita ou maior e mais larga, proporcionalmente	estreita	larga
Costado	Profundidade torácica	ProfTorax	Indica o menor ou maior grau, comprimento ou profundidade do tórax	pouca	muita
	Forma do costado	FormCost	Expressa o formato corporal do costado, relacionado com a largura e inserção da costela, pode ser mais elítico e estreito ou mais largo e cilíndrico	estreito	cilíndrico
Dorso	Orientação	OrieDorso	Define a orientação de conformação do dorso do cavalo, entre os extremos de bem dirigido e ascendente ou muito mergulhante e descendente	ascendente	mergulhante
	Linha do dorso	LinhaDorso	Expressa a linha de ligação do dorso que pode apresentar-se muito selada ou côncava ou, pelo contrário, muito encarpada ou convexa.	selada	encarpada
	Comprimento	CompDorso	Expressa o menor ou maior grau de comprimento do dorso do cavalo	curto	comprido
Rim	Orientação	OrieRim	Define a orientação de conformação do rim do cavalo, entre os extremos de bem dirigido e ascendente ou muito mergulhante e descendente	ascendente	mergulhante
	Linha do Rim	LinhaRim	Expressa a linha de ligação do rim que pode apresentar-se muito selada ou côncava ou, pelo contrário, muito encarpada ou convexa.	com depressão	encarpada
Garupa	Orientação do coxal	OrieCoxal	Define a orientação da linha imaginária formada pelo eixo coxal na garupa que pode variar entre os extremos de muito horizontal ou muito vertical	horizontal	vertical
	Orientação do sacro	OrieSacro	Define a orientação da linha imaginária formada pelo sacro na garupa que pode variar entre os extremos de muito horizontal ou muito vertical	horizontal	vertical

Tabela 7 - Descrição do sistema de classificação linear no Lusitano (continuação)

	Comprimento	CompGaru	Expressa ou maior ou menor grau de comprimento da garupa	curta	comprida
	Largura	LargGaru	Expressa ou maior ou menor grau de largura da garupa, podendo variar entre o muito estreita e o muito larga	estreita	larga
	Muscularidade de perfil	MuscPerfil	Define o maior ou menor grau de desenvolvimento muscular da garupa visto de perfil, podendo variar entre uma muscularidade muito fraca ou muito poderosa ou forte	fraca	forte
	Muscularidade por trás	MuscTras	Define o maior ou menor grau de desenvolvimento muscular da garupa visto de trás, podendo variar entre uma muscularidade muito fraca ou muito poderosa ou forte	fraca	forte
	Forma da muscularidade por trás	MuscTrasFor	Expressa a forma da garupa vista por trás, podendo variar entre os extremos de ser esquinada, sem músculo e em bico ou muito musculosa, dobrada ou dupla	em bico	dupla
Membros Anteriores	Comprimento	CompMAnt	Define o comprimento dos membros anteriores, podendo variar entre os extremos de muito curtos ou muito compridos	curtos	compridos
	Canela	CanelaMAnt	Define o comprimento das canelas dos anteriores, podendo variar entre os extremos de muito curtas ou muito compridas	curta	comprida
	Comprimento da quartela	CompQuartMA	Define o comprimento das quartelas dos anteriores, podendo variar entre os extremos de muito curtas ou muito compridas	curta	comprida
	Orientação da quartela	OrienQuartMA	Define a orientação das quartelas dos anteriores, podendo variar entre os extremos de muito verticais ou direitas e muito horizontais ou deitadas	vertical	horizontal

Tabela 7 - Descrição do sistema de classificação linear no Lusitano (continuação)

Membros Posteriores	Comprimento	CompMPos	Define o comprimento dos membros posteriores, podendo variar entre os extremos de muito curtos ou muito compridos	curtos	compridos
	Canela	CanelaMpos	Define o comprimento das canelas dos posteriores, podendo variar entre os extremos de muito curtas ou muito compridas	curta	comprida
	Comprimento da quartela	CompQuartMP	Define o comprimento das quartelas dos posteriores, podendo variar entre os extremos de muito curtas ou muito compridas	curta	comprida
	Orientação da quartela	OrienQuartMP	Define a orientação das quartelas dos posteriores, podendo variar entre os extremos de muito verticais ou direitas e muito horizontais ou deitadas	vertical	horizontal
Membros (Genérico)	Substância	Substância	Expressa o menor ou maior grau de espessura da generalidade dos membros, podendo variar entre o muito finos e muito espessos	finos	espessos
	Definição das articulações	DefArticGen	Caracteriza a definição das articulações, podendo ser muito finas e com menor definição ou muito espessas e mais salientes e evidentes	finas	espessas
	Amplitude dos cascos	AmplCascos	Define a amplitude dos cascos podendo variar entre os extremos de muito estreitos ou estrangulados e muito largos ou abertos	estreitos	largos
	Comprimento dos talões	CompTaloes	Define o comprimento dos talões dos cascos, podendo variar entre os extremos de muito curtos ou muito compridos	curtos	compridos

Tabela 7 - Descrição do sistema de classificação linear no Lusitano (continuação)

Passo	Amplitude	AmplPasso	Expressa o menor ou maior grau de amplitude, comprimento da passada a passo, variando entre os extremos de muito curta ou muito larga	curto	largo
	Correção	CorrePasso	Caracteriza o modo como o cavalo eleva e movimenta os membros em relação ao solo a passo, podendo desviar para dentro ou tapar-se e desviar para fora ou ceifar	desvia p/dentro	desvia p/fora
	Regularidade	RegulPasso	Expressa a menor ou maior simetria e igualdade na dinâmica a passo, podendo ser reduzida ou pouca e muito elevada ou igual	pouco	muito
	Definição dos quatro tempos	Def4tempPasso	Expressa a definição dos 4 tempos do andamento a passo, podendo ser mais lento e definido ou mais a correr e precipitado	lento	precipitado
	Entrada dos posteriores	EntraPostPasso	Define a menor ou maior entrada dos membros posteriores para debaixo da massa/corpo do cavalo	pouco	muito
Trote	Amplitude	AmplTrote	Expressa o menor ou maior grau de amplitude, comprimento da passada a trote, variando entre os extremos de muito curta ou muito larga	curto	largo
	Impulsão	ImpulTrote	Expressa a maior o menor energia e suspensão das passadas a trote, por movimentos diagonais que podem variar de muito fracas até muito poderosas	fraca	poderosa
	Regularidade	RegulTrote	Expressa a maior ou menor definição das passadas do trote, andamento característica em dois tempos de apoio que devem ser completamente simétricos e regulares, variando entre o pouco e muito regular.	pouco	muito

Tabela 7 - Descrição do sistema de classificação linear no Lusitano (continuação)

	Elasticidade e suspensão	ElaSuspTro	Caracteriza a maior ou menor capacidade do cavalo de desenvolver passadas a trote com elasticidade e suspensão, podendo demorar mais ou menos tempo no ar, variando entre o flácido com falta de tónus até ao bastante elástico, com suspensão e tónus	flácido	com tónus
	Elevação dos anteriores	ElevAntTro	Caracteriza a maior ou menor elevação dos membros anteriores no que diz respeito à sua dinâmica e movimentação, podendo variar entre o rasteiro, junto ao solo até a uma dinâmica elevada onde o cavalo sobe o joelho	rasteiro	com “joelho”
	Direção dos anteriores	DirAntTro	Caracteriza o modo como o cavalo eleva e movimenta os membros anteriores em relação ao solo nos movimentos diagonais a trote, podendo desviar para dentro ou tapar-se e desviar para fora ou ceifar	tapa-se	ceifa
	Liberdade de espáduas	LibEspTro	Expressa o maior ou menor grau de liberdade e movimentação das espáduas do cavalo, podendo variar entre um movimento curto e tenso até uma dinâmica ampla e livre	tensas	livres
	Entrada dos posteriores	EntraPostTro	Diz respeito ao maior ou menor grau de entrada dos membros posteriores para “debaixo da massa” quando o cavalo se desloca a trote, podendo variar entre uma entrada breve e limitada até uma entrada muito evidente e ampla	pouco	muito
Galope	Amplitude	AmplGalo	Expressa o menor ou maior grau de amplitude, comprimento da passada a galope, variando entre os extremos de muito curta ou muito larga	curto	largo

Tabela 7 - Descrição do sistema de classificação linear no Lusitano (continuação)

Posição e suspensão	PosiSusp	Caracteriza a maior ou menor capacidade do cavalo de desenvolver passadas a galope “a subir”/ <i>uphill</i> , elevadas e para cima, podendo apresentar um movimento mais “flat” ou em espáduas até uma dinâmica claramente <i>uphill</i> , para cima, a subir	em espáduas	para cima
Regularidade	Regularida	Expressa a maior ou menor definição das passadas do galope, andamento característico em três tempos de apoio que devem ser completamente simétricos e regulares, variando entre o pouco e muito regular.	pouco	muito
Transições	Transicoes	Caracteriza a maior ou menor capacidade que o cavalo tem em variar a amplitude do galope, desenvolvendo transições dentro do andamento que podem variar entre fracas ou pouco evidentes e muito poderosas e bem marcadas	fracas	poderosas
Entrada dos posteriores	EntraPost	Diz respeito ao maior ou menor grau de entrada dos membros posteriores para “debaixo da massa” quando o cavalo se desloca a galope, variando entre uma entrada breve e limitada até uma entrada muito evidente e ampla	pouco	muito

Tabela 8 - Descrição dos defeitos que podem surgir nas características lineares analisadas

Categoria	Característica com Defeito	Código do Defeito	Defeito
Cabeça	Perfil	D. CabPerfil	Fronte Achatada (1) Perfil concavo (2)
Pescoço	Posição	D. PosiPesc	Golpe de machado
	Adiposidade	D. AdiposiPesc	“Gato”
Dorso	Comprimento	D. CompDorso	Sacro atrasado
Garupa	Orientação Coxal	D. OrieCoxal	Horizontal (1) Inserção da cauda alta (2)
	Orientação do Sacro	D. OrieSacro	Horizontal (1) Saliência sacro-ilíaca atrasada (2)
	Comprimento	D. CompGaru	Desproporcionada
	Largura	D. LargGaru	“De vaca” (1) Estreita piramidal (2)
	Muscularidade de perfil	D. MuscPerfil	Irregular
	Muscularidade por trás	D. MuscTras	Sem calção
	Forma da muscularidade por trás	D. MuscTrasFor	Quadrada
Membros (Anteriores)	Comprimento	D. CompMA	Desproporcionados
	Aprumo lateral	DefApruLatMA	Curvo (1) Transcurvo (2) Estacado (3) Debruçado (4) Desalinhamento do eixo podofalângico (5)

Tabela 8 - Descrição dos defeitos que podem surgir nas características lineares analisadas (continuação)

	Aprumo visto de frente	DefApruFreMA	Joelho de boi (1) Esquerdo (2) Caravenho (3)
Membros (Posteriores)	Comprimento	D. CompMP	Desproporcionados
	Aprumo Lateral	DefApruLat	Acurvilhado (1) Desalinhamento do eixo podofalângico (2) Direito (3) Curvaças (4) Esparavão (5)
	Aprumo visto de trás	DefApruVtrasMP	Canejo (1) Estreito (2) Aberto (3) Cambaio (4) Zambro (5)
Membros (Genérico)	Definição das articulações	D. DefArticGen	Estrangulamentos
	Amplitude dos cascos	D. AmplCascos	Assimetrias
	Comprimento dos talões	D. CompTaloos	Assimetrias
Trote	Amplitude	D. AmplTrote	Irregularidade
	Entrada dos posteriores	D. EntraPostTro	Pernas fora da massa
Galope	Amplitude	D. AmplGalo	Irregularidade

4. Estimativas de parâmetros genéticos, efeitos fixos e de valores genéticos

As primeiras análises dos caracteres em estudo foram efetuadas através do programa SAS® 9.4 (SAS Institute Inc., 2019) com os PROC's FREQ, MEANS, CORR e UNIVARIATE, tendo como objetivo obter as estatísticas descritivas, frequências e correlações fenotípicas.

As estimativas de parâmetros genéticos, efeitos fixos e predição de valores genéticos foram obtidas por máxima verosimilhança restrita, através do BLUP – Modelo Animal, em análises

univariadas com um critério de convergência de $\text{Var}[-2\log(L)] < 1 \times 10^{-9}$ (em que L representa a função de verosimilhança), utilizando-se para o efeito o programa Multiple Trait Derivative Free REML (MTDFREML) (Boldman *et al.*, 1995).

Os caracteres analisados foram submetidos a análise através de um modelo animal de registos únicos. O modelo animal incluiu os efeitos fixos da idade, consanguinidade, ano de classificação e género, considerando como efeitos aleatórios apenas o valor genético direto e o erro residual. O referido modelo, em notação matricial, pode ser apresentado da seguinte forma:

$$y = Xb + Z_a a + e$$

em que:

y é o vetor de observações das características lineares analisadas;

b é o vetor de efeitos fixos;

a é o vetor de efeitos genéticos aditivo diretos;

e é o vetor de efeitos residuais;

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

Como efeitos fixos considerou-se:

- Idade (efeito linear e quadrático);
- Efeito da consanguinidade (efeito linear);
- Ano de classificação (n=5; 2017, 2018, 2019, 2020, 2021);
- Género (n=2; M, F).

A matriz de variâncias e covariâncias dos efeitos aleatórios em análise univariada pode ser assumida da seguinte forma:

$$\text{var} \begin{bmatrix} a \\ e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A\sigma_a^2 & 0 \\ 0 & I_N\sigma_e^2 \end{bmatrix}$$

em que:

A é a matriz de parentesco, composta pelos numeradores do coeficiente de parentesco de Wright, com a_{ij} correspondente ao parentesco entre os indivíduos i e j ;

I_N corresponde à matriz identidade em ordem ao número total de animais com registos (N);

σ_e^2 = variância residual;

σ_a^2 = variância genética.

A heritabilidade (h^2) é obtida através da seguinte fórmula:

$$h^2 = \frac{\sigma_a^2}{\sigma_a^2 + \sigma_e^2}$$

Os erros padrões dos parâmetros foram estimados através do procedimento de Doderhoff *et al.*, (1998), baseado no algoritmo de informação média de Johnson e Thompson (1995), que se encontra incluído no programa MTDFREML.

As estimativas dos parâmetros genéticos e as soluções para os efeitos fixos, valores genéticos diretos, neste modelo com registos únicos, podem ser obtidas a partir das equações do “Modelo Misto”, da seguinte forma:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{X} & \mathbf{X}'\mathbf{Z}_a \\ \mathbf{Z}_a'\mathbf{X} & \mathbf{Z}_a'\mathbf{Z}_a + \mathbf{A}^{-1}\lambda \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{b} \\ \mathbf{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{X}'\mathbf{y} \\ \mathbf{Z}_a'\mathbf{y} \end{bmatrix}$$

em que:

$\lambda = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_a^2}$, sendo σ_e^2 = variância residual e σ_a^2 = variância genética aditiva.

Os dados utilizados neste estudo, registados e informatizados pela APSL e disponíveis no *Studbook* da raça Lusitana, foram inseridos em dois ficheiros, um com todos os dados sobre a Tabela Padrão, que incluía 3200 registos e outro com a informação genealógica dos animais avaliados. Assim, este ficheiro de genealogias foi contruído a partir de todos os animais com registos da TP e completado com a respetiva ascendência de cada animal, obtendo-se uma base de dados com 12109 indivíduos (animais avaliados e genealogias). O grau de preenchimento das genealogias na raça Lusitana (Figura 4) é excelente, em que cerca de 100% dos indivíduos têm avós e bisavós conhecidos, favorecendo assim o grau de precisão das predições dos valores genéticos dos animais.

Verificou-se que, dos 3200 cavalos classificados com a TP, 50 animais são reprodutores com filhos também já pontuados e que 55 animais pontuados têm pais que foram também pontuados.

Foram ainda estimados os coeficientes de correlação genética entre os diferentes caracteres, através do PROC CORR do SAS (SAS Institute Inc., 2019).

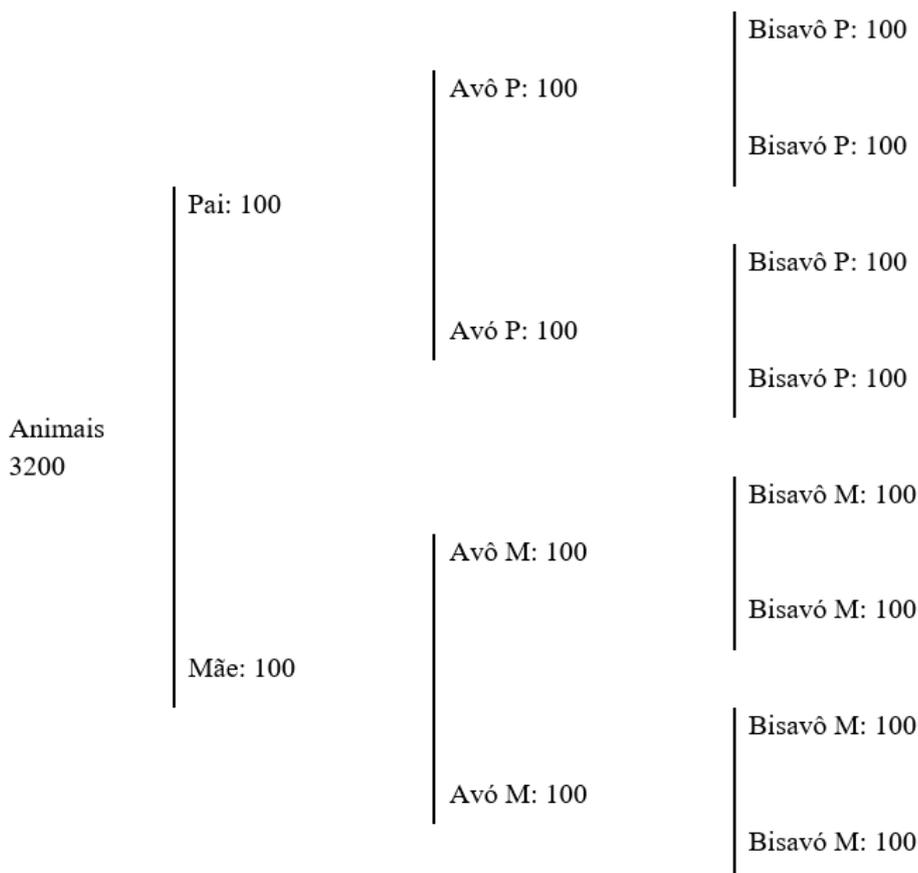


Figura 4 - Nível de preenchimento das Genealogias (%) na raça Lusitana

Por fim, a depressão consanguínea foi estimada para todos os caracteres analisados a partir das análises univariadas referidas anteriormente. O efeito da depressão consanguínea foi estimado pelos coeficientes de regressão das diferentes características lineares na consanguinidade individual, obtidos a partir das soluções dos efeitos fixos das análises univariadas, realizadas através do BLUP – Modelo Animal. Foram também realizados testes de significância aos coeficientes de regressão dos diferentes caracteres na consanguinidade individual, calculando-se a diferença entre a estimativa do coeficiente de regressão (b_1), em valor absoluto, e o dobro do erro padrão (EP) respectivo. Segundo Boldman *et al.*, (1995), se a diferença $b_1 - 2 \times EP > 0$, então b_1 é considerado significativo para $P < 0.05$. Os erros padrão dos referidos coeficientes de regressão (b_1) foram obtidos através da opção 4 da subrotina MTDFRUN do programa MTDFREML.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Características lineares

1.1. Estatísticas descritivas dos registos da Tabela Padrão

Na tabela 9 são apresentados os resultados das estatísticas descritivas para todos os caracteres lineares avaliados.

Tabela 9 - Estatística descritiva dos registos da classificação linear (em pontos)

Caracteres	Nº Registos	Média	Moda	Desvio Padrão	CV (%)	Mín.	Máx.
1.Estrutura	3199	18,843	20	3,742	19,856	5	35
2.Tipicidade	3200	21,152	20	4,237	20,032	5	35
3.Silhueta	3200	17,002	15	3,406	20,032	5	35
4.Boca	3200	20,919	20	3,226	15,423	5	35
5.Perfil	3200	22,070	20	3,111	14,095	5	35
6.Forma	3200	21,717	25	3,889	17,909	5	35
7.Olho	3200	20,542	20	3,557	17,318	10	35
8.Orelha	3200	20,898	20	3,216	15,390	5	35
9.Expressão	3200	21,625	20	4,126	19,078	5	35
10.LigCabPesc	3199	19,103	20	3,706	19,401	10	35
11.CompPesc	3199	21,382	20	3,394	15,874	5	30
12.PosiPesc	3199	21,816	20	3,408	15,622	10	35
13.AdiposiPesc	3199	18,771	20	3,756	20,010	5	40
14.BordVentPesc	3199	20,785	20	2,546	12,250	5	35
15.CompEspa	3197	22,351	25	3,197	14,303	5	35
16.AngEspa	3197	20,244	20	3,819	18,864	10	30
17.ProemGarr	3195	22,410	25	3,832	17,098	5	35
18.CompGarr	3195	20,369	20	4,438	21,789	5	35
19.AmplPeit	3195	20,570	20	2,930	14,242	5	35
20.ProfTorax	3190	22,798	25	3,524	15,458	5	35

Tabela 9 - Estatística descritiva dos registos da classificação linear (em pontos)
(continuação)

21.FormCost	3191	19,785	20	3,323	16,796	10	40
22.OrieDorso	3190	23,063	25	3,144	13,634	10	40
23.LinhaDorso	3190	19,483	20	2,620	13,450	5	40
24.CompDorso	3190	22,973	25	2,900	12,624	10	35
25.OrieRim	3189	22,683	25	2,818	12,426	10	35
26.LinhaRim	3189	19,034	20	2,796	14,690	10	35
27.OrieCoxal	3196	21,539	25	3,752	17,419	10	35
28.OrieSacro	3197	21,358	20	3,817	17,871	10	30
29.CompGaru	3197	20,022	20	3,002	14,993	10	30
30.LargGaru	3197	20,870	20	3,141	15,051	5	35
31.MuscPerfil	3197	20,744	20	2,982	14,377	5	35
32.MuscTras	3197	20,727	20	3,156	15,227	5	35
33.MuscTrasFor	3194	19,729	20	2,380	12,065	5	40
34.CompMAnt	3198	19,809	20	2,574	12,995	5	30
35.CanelaMAnt	3200	18,611	20	2,776	14,916	5	25
36.CompQuartMA	3200	19,964	20	1,725	8,641	5	30
37.OrienQuartMA	3198	19,426	20	2,225	11,452	5	30
38.CompMPos	3194	20,125	20	2,064	10,255	10	25
39.CanelaMPos	3199	19,828	20	2,013	10,151	5	30
40.CompQuartMP	3199	19,855	20	1,486	7,482	5	30
41.OrienQuartMP	3198	19,628	20	1,966	10,016	5	35
42.Substância	3190	18,600	20	2,967	15,952	5	35
43.DefArticGen	3192	18,316	20	2,942	16,064	5	30
44.AmplCasos	3194	19,540	20	2,158	11,046	10	30
45.CompTaloos	3193	19,793	20	1,924	9,719	5	35
46.AmplPasso	3193	21,185	20	3,557	16,790	10	35
47.CorrePasso	3196	19,628	20	3,494	17,802	5	35
48.RegulPasso	3196	20,490	20	3,006	14,670	5	35

Tabela 9 - Estatística descritiva dos registos da classificação linear (em pontos)
(continuação)

49.Def4tempPasso	3196	18,869	20	3,810	20,194	5	35
50.EntraPostPasso	3196	20,943	20	3,402	16,244	5	35
51.AmplTrote	3199	20,816	20	4,039	19,403	5	35
52.ImpulTrote	3199	20,056	20	4,116	20,524	5	35
53.RegulTrote	3199	20,019	20	3,251	16,240	5	35
54.ElaSuspTro	3199	19,436	20	4,259	21,913	5	40
55.ElevAntTro	3198	20,474	20	3,851	18,809	5	35
56.DirAntTro	3197	21,345	20	3,031	14,201	5	35
57.LibEspTro	3197	20,840	20	3,910	18,764	5	35
58.EntraPostTro	3197	19,961	20	3,554	17,805	5	35
59.AmplGalo	3199	20,589	20	3,455	16,778	5	30
60.PosiSusp	3199	20,391	20	3,559	17,455	5	35
61.Regularida	3199	19,998	20	2,809	14,044	5	35
62.Transicoes	3197	19,701	20	3,079	15,626	5	35
63.EntraPost	3197	19,751	20	3,205	16,226	5	35

A maioria das características tem uma média próxima de 20, embora as médias de cada caracter tenham valores entre os $17,002 \pm 3,406$ pontos (Silhueta) e os $23,063 \pm 3,144$ pontos (Oriadorso). Globalmente, a média das pontuações foi $20,40 \pm 3,19$ pontos. É de salientar que os valores ótimos podem diferir de caracter para caracter, de acordo com os objetivos de seleção. O ótimo que se pretende obter nem sempre é o valor médio da escala de classificação (20 pontos), podendo deslocar-se para qualquer um dos extremos biológicos (Samoré *et al.*, 1997). Por exemplo, no caso da amplitude dos andamentos (“AmplPasso”, “AmplTrote”, “AmplGalo”), pretende-se que o ótimo sejam valores próximos dos 40 pontos (que corresponde ao extremo biológico “largo”).

Os valores da moda de cada característica demonstram que as pontuações mais utilizadas abrangeram valores entre 15-25 (3 classes apenas). A escala completa de 0-40 não foi utilizada em qualquer das características, tendo sido o 5 a menor pontuação atribuída e 40 a maior. Podem existir vários factos que expliquem esta situação. Uma das possíveis razões é

que, como a classificação linear é realizada durante a aprovação de garanhões e éguas, já existe uma pré-seleção definida pelo criador ou proprietário do animal, ou seja, aqueles indivíduos que são fenotipicamente inferiores ou que se encontram fora do padrão da raça, nos extremos não são candidatos a reprodutores (os criadores e proprietários optam por não apresentar este tipo de animais) e, por conseguinte, não é realizada a classificação linear destes animais.

Uma vez que não há classificação de animais que poderiam estar mais próximos dos extremos biológicos da escala, pois é pouco provável que participem nas aprovações, a não utilização da escala completa pode influenciar a análise das características lineares (Vostrý *et al.*, 2009). As avaliações são geralmente realizadas característica a característica e, dado o elevado número de parâmetros a avaliar num curto espaço de tempo, isso pode dificultar a tarefa dos juízes (Duensing *et al.*, 2014). Uma das premissas para que a avaliação morfofuncional linear funcione corretamente é que exista qualidade e harmonia nos dados obtidos. Para tal, é necessária uma grande experiência e qualidade dos classificadores. Assim, recomenda-se que os classificadores frequentem cursos de atualização e que avaliem um elevado número de animais regularmente (Novotná *et al.*, 2017) pois uma maior uniformidade da avaliação pode posteriormente aumentar as estimativas da heritabilidade (Koenen, 1995).

Os valores dos coeficientes de variação (CV) apresentaram um valor médio $15,66 \pm 3,19\%$ para o total de caracteres analisados. A característica “CompQuartMP” mostrou o menor CV, de 7,482%, e a característica “ElaSuspTro” apresentou o maior CV, de 21,913%. Coeficientes de variação mais baixos indicam uma menor dispersão das notas em torno das médias (Hosseini-Zadeh, 2021). As diferenças observadas nos desvios-padrão constatarem também que existem algumas características, por exemplo características dos andamentos, que são mais fáceis de classificar do que por exemplo as características referentes aos membros (Koenen *et al.*, 1995). Os resultados obtidos neste trabalho foram semelhantes aos encontrados por Vostrý *et al.* (2009) e Novotná *et al.* (2017), mas inferiores aos de Sánchez *et al.* (2013), que obtiveram valores de CV entre os 13,4 % e os 42,8 %. O maior ou menor valor do coeficiente de variação indica a maior ou menor variabilidade, respetivamente, das notas atribuídas à característica analisada. De modo geral, é possível afirmar que existe variabilidade nas notas atribuídas às características analisadas na população em estudo.

1.1.1. Distribuição dos registos por género e por idade

Verificou-se que a percentagem de fêmeas submetidas à avaliação linear foi bastante mais elevada do que a dos machos. No gráfico 1 podemos ver que o número de machos e de fêmeas nascidos por ano é bastante semelhante, mas no gráfico 2 podemos constatar que a percentagem de fêmeas inscritas no LA, por ano de nascimento, é bastante mais elevada.

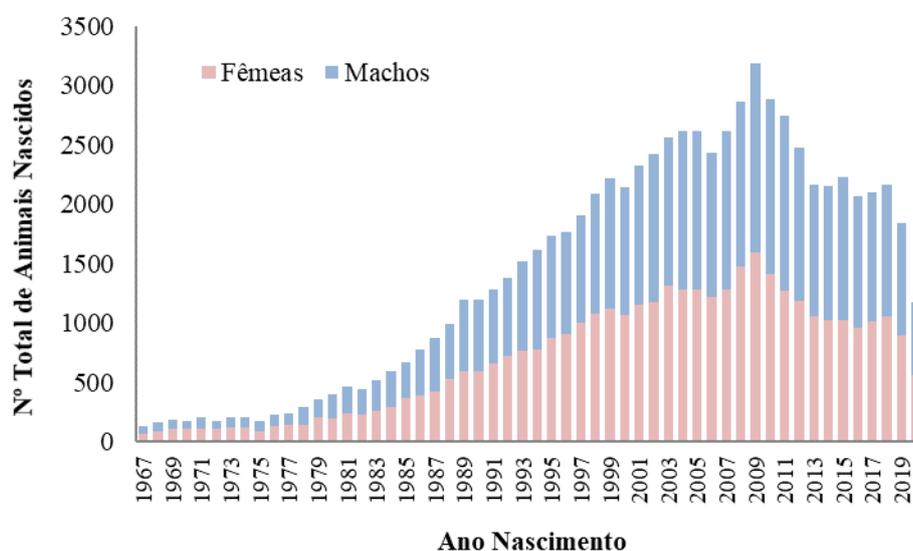


Gráfico 1 - Número de animais nascidos por ano de nascimento e género

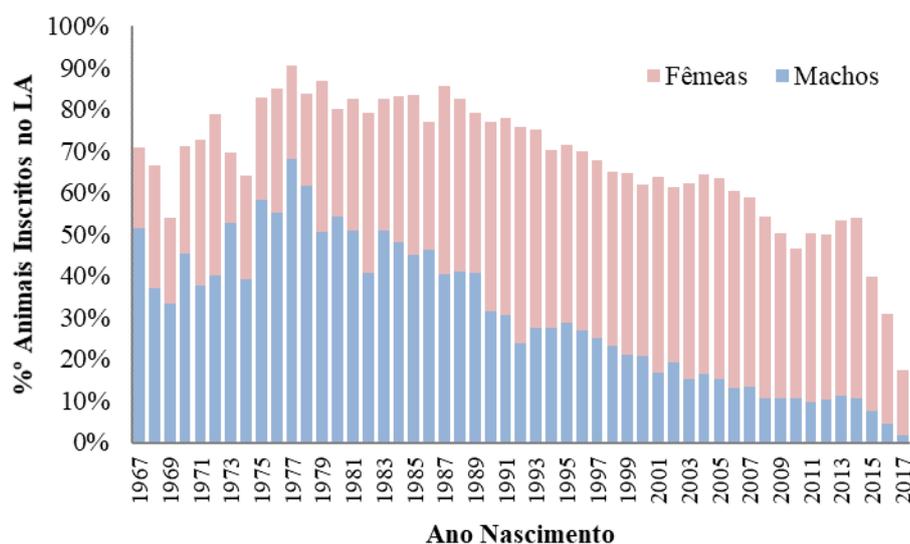


Gráfico 2 - Percentagem de animais inscritos no LA por ano de nascimento consoante o género

No caso dos machos, existe uma diminuição nos últimos anos na percentagem de animais inscritos no LA, que está relacionada com o facto de que os machos são sujeitos à aprovação mais tarde do que as fêmeas, com idades mínimas de 4 anos e por terem de ser treinados

montados. No gráfico 3 é perceptível que, em média, a idade das éguas inscritas no LA é menor do que a dos garanhões. Tal acontece devido a alguns fatores, tais como a idade mínima para inscrição das fêmeas (3 anos) ser inferior à idade mínima para inscrição dos machos (4 anos) e pelo facto de alguns criadores e proprietários preferirem submeter os animais à classificação quando estes já têm provas dadas do seu mérito, o que se observa mais tarde.

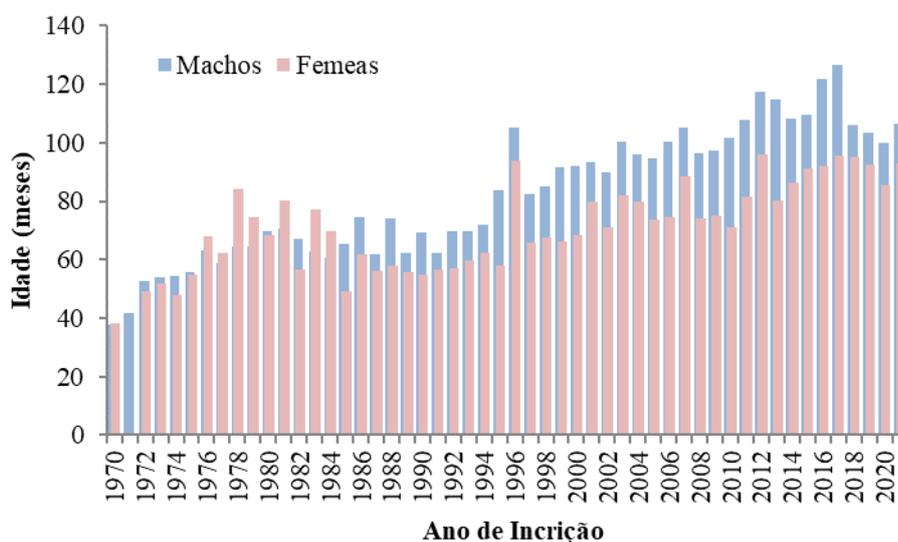


Gráfico 3 - Idade, em meses, dos animais candidatos a reprodutores por ano de inscrição

Desde 1967, ano em que foi oficialmente instituído o *Studbook* do cavalo Lusitano, foram aprovados como reprodutores 21566 éguas e 6932 garanhões. Desta forma, seria previsível que os dados recolhidos para este trabalho seguissem a mesma proporção e, sendo a classificação através da Tabela Padrão somente aquando da admissão ao livro de adultos, é natural que o número de registos em relação às fêmeas seja superior. Na tabela 10 encontra-se a distribuição dos registos de fêmeas e machos.

Tabela 10 - Distribuição dos registos relativamente à Tabela Padrão, por género.

Género	Nº Registos	Percentagem %
Fêmeas	2491	77,84
Machos	709	22,16
Total	3200	100

Devido às limitações de idade obrigatórias para os candidatos a reprodutores, a distribuição dos registros por idade obtida neste estudo (gráfico 4) segue a tendência das idades ao longo dos últimos anos, demonstrado no gráfico 3.

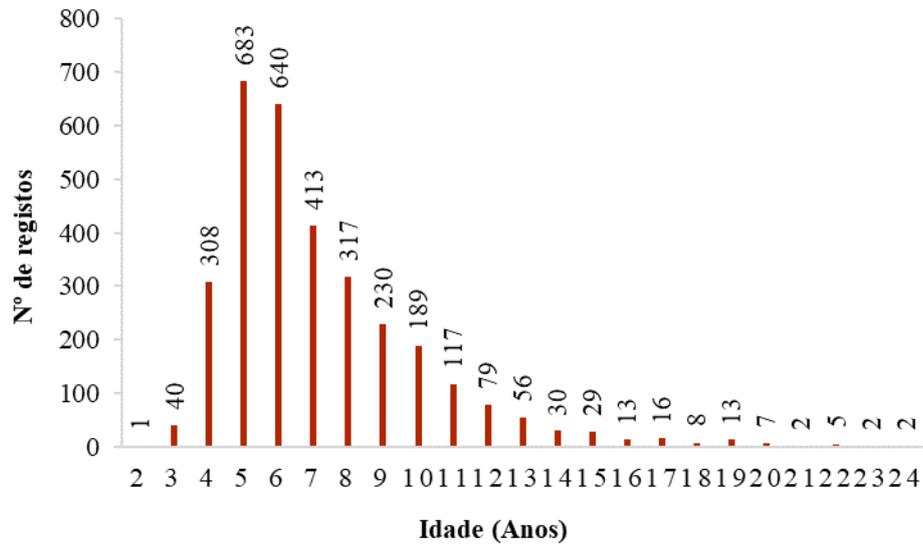


Gráfico 4 - Distribuição dos registros por idade

1.1.2. Incidência dos defeitos na população amostral

No gráfico 5 é possível observar a incidência dos defeitos dos animais, descritos anteriormente.

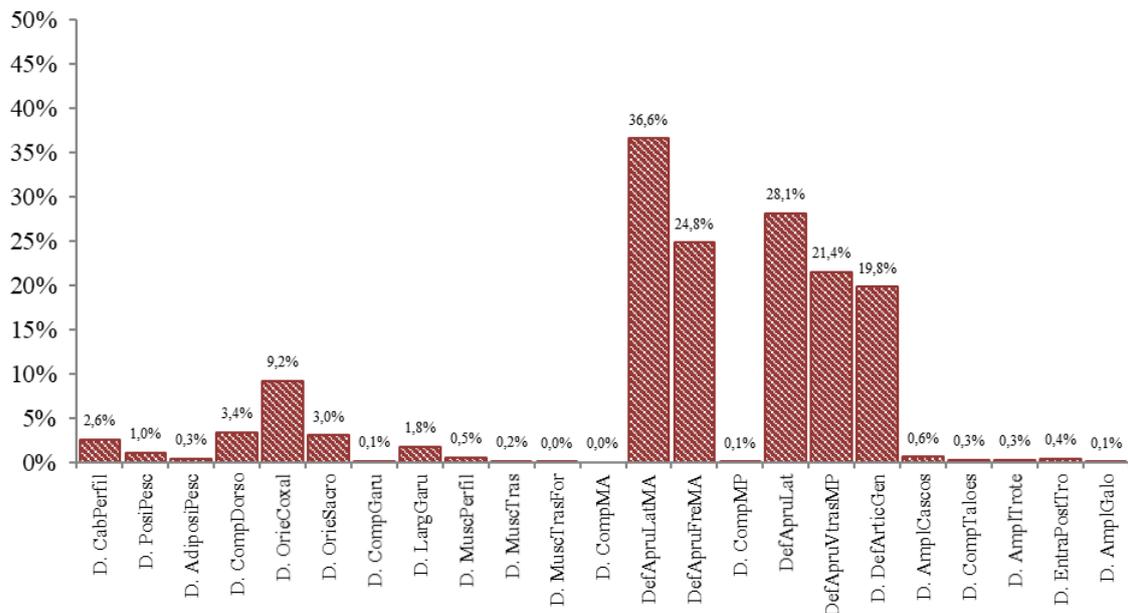


Gráfico 5 - Incidência dos defeitos dos animais da população amostral

É possível constatar que há alguns defeitos com incidências bastante elevadas (D. OrieCoxal, DefApruLatMA, DefApruFreMA, DefApruLat, DefApruVtrasMP e D. DefArticGen). O defeito “D. OrieCoxal”, com defeitos relativos à orientação coxal da garupa, tem uma prevalência na população de cerca de 9,2%. Na região dos membros, os defeitos dos aprumos têm uma expressão de 21,4 a 36,6% na população avaliada. Os defeitos “DefApruLatMA” referem-se a defeitos como: curvo, transcurvo, estacado, debruçado ou desalinhamento do eixo podofalângico e têm uma expressão de 36,6%. Ao nível dos defeitos dos aprumos, vistos de frente, dos membros anteriores (DefApruFreMA), cujos defeitos podem ser: joelho de boi, esquerdo ou caravenho, 24,8% dos animais apresentam um ou mais defeitos. No que diz respeito aos defeitos dos membros posteriores vistos lateralmente, estes têm uma expressão de 28,1% na população estudada, cujos defeitos exibidos podem ser: acurvilhado, desalinhamento do eixo podofalângico, direito, curvaças ou esparvão. Os defeitos dos aprumos, vistos de trás, dos membros posteriores (DefApruVtrasMP) por sua vez englobam defeitos como: canejo, estreito, aberto, cambaio ou zambro e têm uma expressão de 21,4% nos animais analisados. Ao nível das articulações dos membros (D. DefArticGen), 19,8% dos animais apresentam estrangulamentos. Os restantes defeitos apresentam frequências muito baixas. No entanto, é de salientar que, mesmo que sejam identificados alguns dos defeitos descritos nos indivíduos, estes não são eliminatórios aquando da admissão ao livro de reprodutores.

Segundo Koenen *et al.* (1995), uma boa conformação morfológica de um indivíduo espera-se que seja um indicador de uma boa performance do animal e, por esse motivo, a longo prazo, os defeitos deveriam ser eliminados na sua totalidade, pois podem limitar a desempenho dos animais ao longo da sua vida.

No anexo III é apresentada uma tabela com as frequências relativas dos defeitos.

1.2. Soluções para os efeitos fixos

1.2.1. Efeito da Idade

Com base na literatura, é perceptível que existe uma lacuna nos trabalhos de investigação sobre o possível efeito da idade na morfologia dos equinos. A morfologia pode mudar com a idade do animal e, por isso, a avaliação precoce de características morfo-funcionais em equinos é importante, porque uma correta avaliação permite uma primeira e adequada tomada de decisão sobre a seleção (Wejer e Lewczuk, 2016).

No anexo IV encontram-se os gráficos que representam o efeito da idade à avaliação nas características lineares. A idade apresenta um efeito linear na pontuação de algumas características, em que, o aumento da idade corresponde a um aumento ou decréscimo na pontuação. Outras características têm uma relação quadrática com a idade, em que o ponto de inflexão da parábola corresponde à máxima ou à mínima pontuação obtida, que ocorre a uma determinada idade. A “Tipicidade” é um exemplo de uma característica que tem uma associação linear com a idade, em que a pontuação tende linearmente a diminuir à medida que a idade avança. A “MuscTras” apresenta uma associação quadrática com a idade à avaliação, observando-se o pico da pontuação aproximadamente entre os 8 a 10 anos e, depois, decresce.

Seria interessante aplicar a classificação linear a poldros de 1 e 2 anos, que ainda não têm idade suficiente para serem candidatos a reprodutores. Apesar de ter algumas limitações, tais como a possível sobrestimação das características em idades mais precoces, a avaliação linear de poldros muito jovens seria importante para futuras decisões na seleção, especialmente porque a heritabilidade dos caracteres morfológicos parece ser maior para os mais jovens do que para os animais mais velhos (Schöpke *et al.*, 2013), provavelmente devido à menor pré-seleção.

1.2.2. Efeito da consanguinidade

Os valores dos coeficientes da depressão consanguínea e testes de significância encontram-se na tabela 11, juntamente com o efeito da depressão consanguínea (%) na média da população.

Tabela 11 - Depressão consanguínea das características lineares (Variação do caracter na respetiva unidade por variação de +1% da consanguinidade)

Caracteres	Depressão Consanguínea ± EP (por +1%Fi)	Teste de Significância	Depressão consanguínea em proporção da média da população (%)^(*)
1.Estrutura	-0,012 ± 0,013	NS	-0,07
2.Tipicidade	0,041 ± 0,015	S	0,19
3.Silhueta	0,011 ± 0,012	NS	0,06
4.Boca	0,027 ± 0,012	S	0,13
5.Perfil	0,007 ± 0,012	NS	0,03
6.Forma	0,002 ± 0,014	NS	0,01
7.Olho	-0,020 ± 0,013	NS	-0,10
8.Orelha	0,014 ± 0,012	NS	0,07
9.Expressão	0,009 ± 0,015	NS	0,04
10.LigCabPesc	0,010 ± 0,013	NS	0,05
11.CompPesc	-0,001 ± 0,013	NS	-0,01
12.PosiPesc	-0,010 ± 0,012	NS	-0,05
13.AdiposiPesc	0,014 ± 0,013	NS	0,07
14.BordVentPesc	-0,005 ± 0,009	NS	-0,02
15.CompEspa	-0,002 ± 0,012	NS	-0,01
16.AngEspa	0,014 ± 0,014	NS	0,07
17.ProemGarr	-0,025 ± 0,014	NS	-0,11
18.CompGarr	0,019 ± 0,016	NS	0,09
19.AmplPeit	0,008 ± 0,011	NS	0,04
20.ProfTorax	0,002 ± 0,012	NS	0,01
21.FormCost	-0,020 ± 0,012	NS	-0,10
22.OrieDorso	-0,018 ± 0,011	NS	-0,08
23.LinhaDorso	0,004 ± 0,009	NS	0,02
24.CompDorso	0,000 ± 0,010	NS	0,00
25.OrieRim	-0,013 ± 0,010	NS	-0,06
26.LinhaRim	-0,010 ± 0,010	NS	-0,05
27.OrieCoxal	0,011 ± 0,014	NS	0,05
28.OrieSacro	0,015 ± 0,014	NS	0,07
29.CompGaru	0,006 ± 0,011	NS	0,03
30.LargGaru	0,008 ± 0,011	NS	0,04
31.MuscPerfil	0,006 ± 0,011	NS	0,03
32.MuscTras	0,004 ± 0,011	NS	0,02
33.MuscTrasFor	-0,011 ± 0,008	NS	-0,06
34.CompMAnt	-0,004 ± 0,009	NS	-0,02
35.CanelaMAnt	-0,006 ± 0,010	NS	-0,03

Tabela 11 - Depressão consanguínea das características lineares (Variação do carácter na respetiva unidade por variação de +1% da consanguinidade) (continuação)

36.CompQuartMA	-0,005 ± 0,005	NS	-0,02
37.OrienQuartMA	0,011 ± 0,008	NS	0,05
38.CompMPos	-0,002 ± 0,007	NS	-0,01
39.CanelaMPos	-0,015 ± 0,007	S	-0,08
40.CompQuartMP	0,009 ± 0,004	S	0,05
41.OrienQuartMP	0,010 ± 0,007	NS	0,05
42.Substância	0,006 ± 0,011	NS	0,03
43.DefArticGen	0,025 ± 0,011	S	0,14
44.AmplCascos	-0,003 ± 0,008	NS	-0,02
45.CompTaloos	-0,005 ± 0,007	NS	-0,03
46.AmplPasso	0,028 ± 0,013	S	0,13
47.CorrePasso	-0,004 ± 0,012	NS	-0,02
48.RegulPasso	0,003 ± 0,011	NS	0,02
49.Def4tempPasso	-0,017 ± 0,014	NS	-0,09
50.EntraPostPasso	0,020 ± 0,012	NS	0,10
51.AmplTrote	0,022 ± 0,014	NS	0,10
52.ImpulTrote	0,026 ± 0,015	NS	0,13
53.RegulTrote	0,024 ± 0,012	S	0,12
54.ElaSuspTro	0,009 ± 0,015	NS	0,04
55.ElevAntTro	0,018 ± 0,014	NS	0,09
56.DirAntTro	0,002 ± 0,011	NS	0,01
57.LibEspTro	0,029 ± 0,014	S	0,14
58.EntraPostTro	0,021 ± 0,013	NS	0,10
59.AmplGalo	0,017 ± 0,013	NS	0,08
60.PosiSusp	0,011 ± 0,013	NS	0,06
61.Regularida	0,003 ± 0,010	NS	0,01
62.Transicoes	0,010 ± 0,011	NS	0,05
63.EntraPost	0,015 ± 0,012	NS	0,08

(*) $F_i \pm DP = 9,94\% \pm 0,06$; Mín = 0,00% e Máx = 43,06%; N° de registos = 3200; S=Significativo; NS=Não significativo

A tabela demonstra que os valores dos coeficientes de regressão da maioria (87,3%) das características na consanguinidade não são significativos ($P > 0,05$). Apenas oito características apresentam valores significativos (Tipicidade, Boca, CanelaMPos, CompQuartMP, DefArticGen, AmplPasso, RegulTrote, LibEspTro), sendo que o valor mais alto é de $0,041 \pm 0,015$ pontos por 1% de consanguinidade na característica “Tipicidade”, sendo o efeito da consanguinidade favorável, pois quanto maior for a pontuação, mais típico

é o indivíduo. O efeito da consanguinidade nas características lineares, ainda que tendencialmente negativo, não é significativo ($P > 0,05$) para vinte características e é significativo ($P < 0,05$) para apenas uma característica (CanelaMPos). Os valores dos coeficientes de depressão consanguínea foram positivos e significativos ($P < 0,05$) para sete caracteres, mas sem efeito significativo ($P > 0,05$) para trinta e cinco caracteres. Para as características cujo efeito da consanguinidade é positivo e significativo, este é também favorável, pois com o aumento da consanguinidade há um respetivo aumento da pontuação obtida.

Os valores dos coeficientes de regressão da maioria das características na consanguinidade não significativos estimados indicam que as características lineares da Tabela Padrão não são influenciadas pela depressão consanguínea. Neste estudo, verifica-se que o efeito da consanguinidade é mínimo, ainda que os valores médios da consanguinidade da população analisada tenham um valor médio de $9,94\% \pm 0,06$. Vostrý *et al.* (2011) também obtiveram conclusões semelhantes nos cavalos checos de sangue frio, apesar de não terem qualquer característica linear que seja significativamente influenciada pela consanguinidade.

1.2.3. Efeito do ano de classificação

Os gráficos que representam o efeito ambiental do ano de classificação nas características lineares (expresso com o diferencial para o ano de 2017) encontram-se em anexo (Anexo V). É possível encontrar diferenças nas pontuações de ano para ano, não havendo, contudo, uma tendência. O efeito do ano de classificação inclui diversos efeitos ambientais, nomeadamente, as condições climáticas muito variáveis de ano para ano, o local e respetivo ambiente no momento da avaliação e o ano de nascimento do próprio animal. As diferentes combinações de juízes de ano para ano também pode ter influência no ano de classificação. A introdução desta metodologia de avaliação em 2017 e a normal falta de uniformidade dos critérios de classificação no início pode explicar parte desta variabilidade observada entre anos.

A formação dos juízes deve ser consistente e uniforme (Janssens e Vandepitte, 2004) e, pelo menos uma vez por ano, deve haver formações de atualização (Sánchez *et al.*, 2013). No entanto, ainda que tenha existido uma formação prévia à implementação da metodologia na aprovação de ganhões, é natural alguma inexperiência dos juízes no início da aplicação da escala linear e, o facto de existirem quinze juízes diferentes e inúmeras combinações de

equipas de juizes pode levar a uma utilização da escala, de alguma forma, diferente (Viklund e Eriksson, 2018). Os diferentes locais de pontuação também podem ter influência na atribuição das pontuações e, contribuir para o efeito do ano de classificação.

Contribui ainda para o efeito do ano de classificação o facto de os animais apresentados para a aprovação de reprodutores serem diferentes de ano para ano, com qualidades e características diferentes. Se os animais apresentados num dado ano têm uma qualidade inferior relativamente a outro ano, é natural que as pontuações atribuídas sejam mais baixas.

1.2.4. Efeito do género

As diferenças entre as pontuações nos machos e nas fêmeas apresentam variabilidade considerável em algumas características lineares. Podemos ver nos gráficos 6, 7, 8 e 9 o efeito do género nas pontuações atribuídas. No que diz respeito a características do aspeto geral, é possível afirmar que os machos têm aproximadamente mais 1,5 pontos do que as fêmeas para o carácter “Estrutura”, ou seja, de um modo geral, os machos têm uma estrutura com mais osso e mais robusta do que a das fêmeas.

Quanto às características da região da cabeça e do pescoço, as variações são pouco relevantes. Para o carácter “LigCabPesc” é de notar que os machos têm mais 2,11 pontos do que as fêmeas, apresentando uma ligação entre a cabeça e o pescoço mais espessa, enquanto as fêmeas têm ligações mais finas. Para a “AdiposiPesc”, os machos têm mais 2,21 pontos, retendo, assim, mais adiposidade no pescoço do que as fêmeas.

Nas características das regiões corporais, as diferenças mais notórias são nos caracteres “ProfTorax”, em que as fêmeas, em média, têm mais 2,76 pontos, mostrando uma maior profundidade torácica, característica importante para éguas reprodutoras; na “FormCost”, em que os machos têm, em média, mais 1,52 pontos, apresentando uma forma do costado mais cilíndrica. O efeito do género é pouco relevante na pontuação dos membros.

Comparando o efeito do género nos andamentos, verifica-se um diferencial de pontuações mais acentuado, onde são atribuídas às fêmeas pontuações acima da média para bastantes características. Por exemplo, para o carácter “AmplTrote”, o efeito do género é bastante notório, onde as fêmeas, em média, têm mais 2,86 pontos do que os machos, exibindo uma maior amplitude do trote. Isto pode ser explicado pela diferença do modo em que machos e fêmeas são apresentados na aprovação de reprodutores. O facto de as fêmeas serem

apresentadas à mão ou em liberdade elimina o fator cavaleiro, que influencia as características dos andamentos, pois dependendo do cavaleiro ou do tipo de treino, o desempenho dos animais nas aprovações pode ser diferente. Assim, é natural que as fêmeas tenham pontuações melhores nos andamentos do que os machos, pois é perceptível que o modo como se movem é inato e têm muito mais liberdade para desenvolver a sua dinâmica, sem a limitação evidente do peso do cavaleiro. Como os machos são apresentados montados, não é tão fácil distinguir o que é natural do cavalo ou é resultado de sucessivos treinos e, portanto, as notas atribuídas são inferiores. As características dos andamentos cuja pontuação dos machos é superior à das fêmeas são aquelas que mais facilmente são transformadas consoante o tipo de treino (CorrePasso; Def4tempPasso; DirAntTro; Regularida).

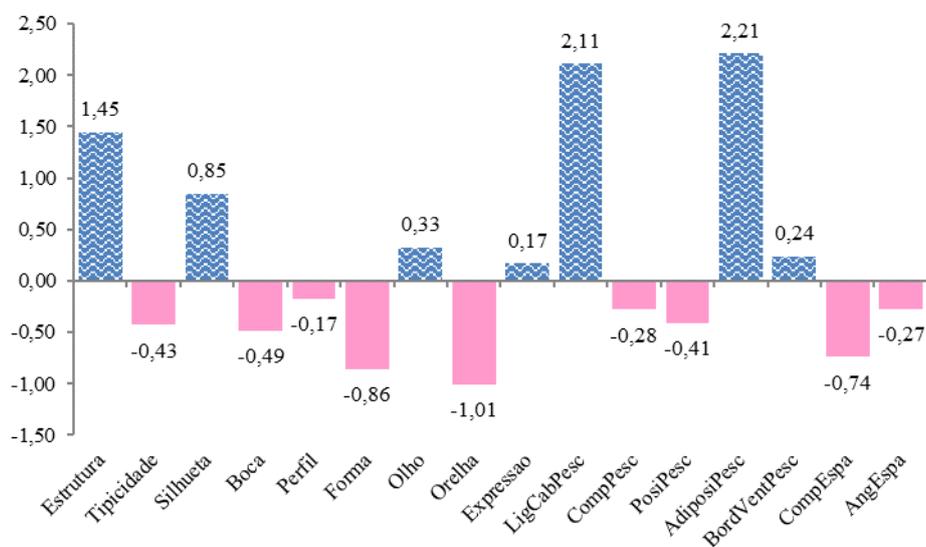


Gráfico 6 - Gráfico com o diferencial de pontuações macho-fêmea

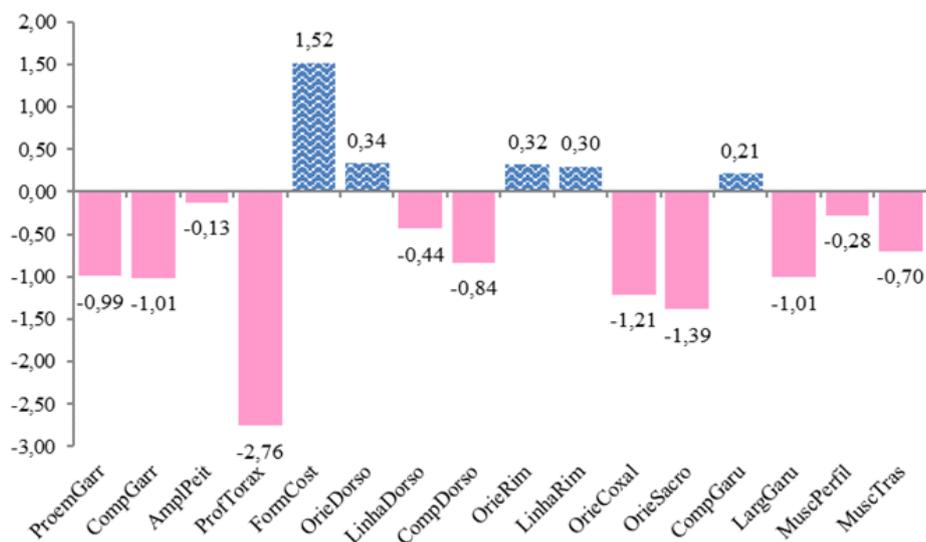


Gráfico 7 -Gráfico com o diferencial de pontuações macho-fêmea

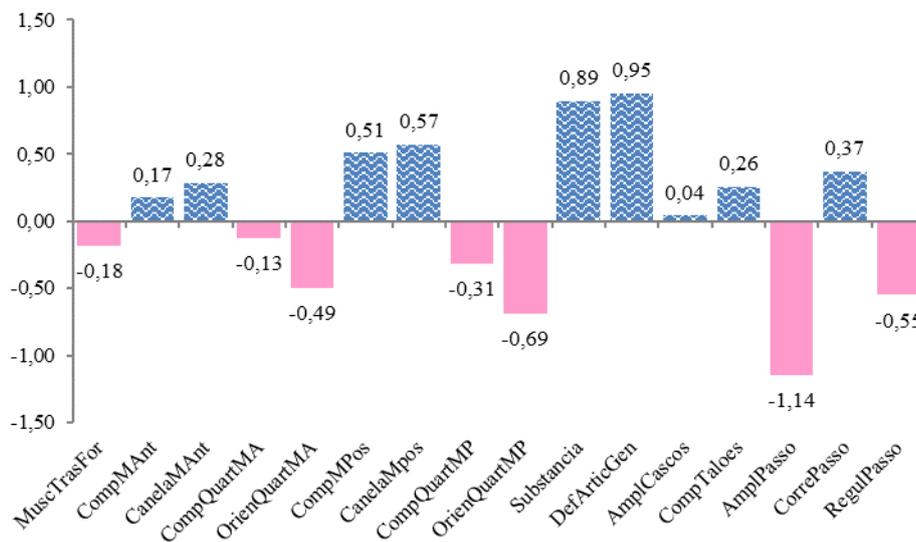


Gráfico 8 - Gráfico com o diferencial de pontuações macho-fêmea

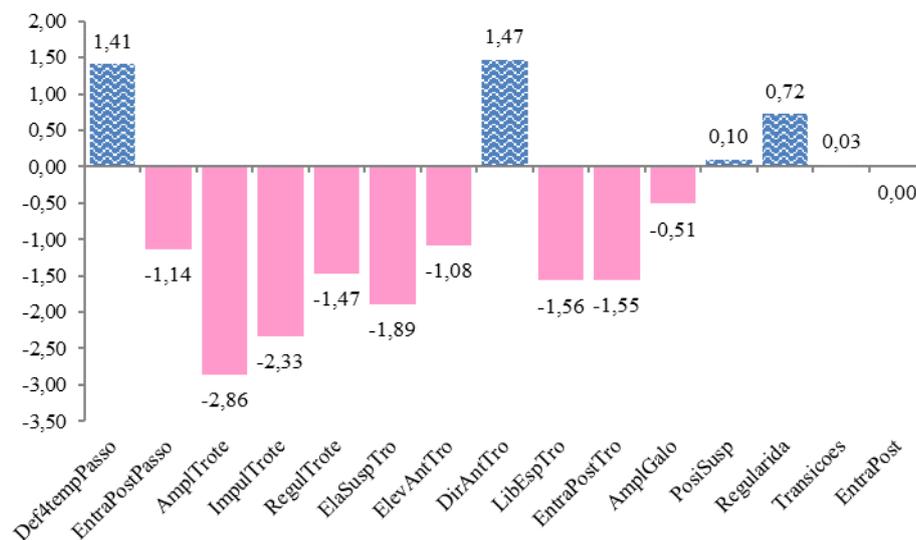


Gráfico 9 - Gráfico com o diferencial de pontuações macho-fêmea

2. Parâmetros genéticos

2.1. Heritabilidades

As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos para as características lineares avaliadas, obtidas através das análises univariadas, estão apresentadas na tabela 12.

Tabela 12 - Estimativas das heritabilidades (h^2) e respectivos erros-padrão (EP) e das variâncias genéticas (σ^2_a), ambientais (σ^2_e) e fenotípicas (σ^2_p)

Caracteres	$h^2 \pm EP$	σ^2_a	σ^2_e	σ^2_p
1.Estrutura	0,340 ± 0,051	4,535	8,8184	13,353
2.Tipicidade	0,399 ± 0,052	6,929	10,458	17,387
3.Silhueta	0,086 ± 0,036	0,984	10,498	11,482
4.Boca	0,197 ± 0,044	2,062	8,389	10,452
5.Perfil	0,393 ± 0,053	3,827	5,904	9,731
6.Forma	0,243 ± 0,049	3,747	11,704	15,452
7.Olho	0,095 ± 0,034	1,207	11,478	12,685
8.Orelha	0,288 ± 0,048	2,944	7,267	10,211
9.Expressão	0,304 ± 0,048	5,060	11,599	16,659
10.LigCabPesc	0,217 ± 0,044	2,739	9,899	12,638
11.CompPesc	0,301 ± 0,049	3,524	8,189	11,713
12.PosiPesc	0,207 ± 0,044	2,393	9,180	11,573
13.AdiposiPesc	0,238 ± 0,045	3,141	10,057	13,198
14.BordVentPesc	0,156 ± 0,043	1,021	5,522	6,543
15.CompEspa	0,297 ± 0,049	3,016	7,123	10,139
16.AngEspa	0,201 ± 0,045	2,861	11,360	14,221
17.ProemGarr	0,277 ± 0,05	4,109	10,700	14,809
18.CompGarr	0,253 ± 0,047	4,999	14,778	19,777
19.AmplPeit	0,235 ± 0,046	2,023	6,596	8,619
20.ProfTorax	0,224 ± 0,047	2,509	8,706	11,215
21.FormCost	0,111 ± 0,039	1,170	9,338	10,508
22.OrieDorso	0,147 ± 0,043	1,432	8,309	9,741
23.LinhaDorso	0,101 ± 0,035	0,679	6,066	6,745
24.CompDorso	0,140 ± 0,041	1,165	7,183	8,348
25.OrieRim	0,124 ± 0,036	0,969	6,829	7,798
26.LinhaRim	0,113 ± 0,037	0,845	6,636	7,481
27.OrieCoxal	0,232 ± 0,044	3,190	10,572	13,762
28.OrieSacro	0,310 ± 0,049	4,483	9,980	12,463
29.CompGaru	0,226 ± 0,046	2,055	7,057	9,112
30.LargGaru	0,143 ± 0,04	1,396	8,365	9,760

Tabela 12 - Estimativas das heritabilidades (h^2) e respectivos erros-padrão (EP) e das variâncias genéticas (σ^2_a), ambientais (σ^2_e) e fenotípicas (σ^2_p) (continuação)

31.MuscPerfil	0,155 ± 0,04	1,393	7,586	8,979
32.MusTras	0,183 ± 0,043	1,831	8,166	9,997
33.MusTrasFor	0,096 ± 0,033	0,540	5,104	5,644
34.CompMAnt	0,195 ± 0,044	1,289	5,334	6,623
35.CanelaMAnt	0,176 ± 0,042	1,366	6,396	7,763
36.CompQuartMA	0,009 ± 0,018	0,028	2,920	2,948
37.OrienQuartMA	0,060 ± 0,032	0,296	4,608	4,903
38.CompMPos	0,189 ± 0,045	0,793	3,404	4,196
39.CanelaMpos	0,155 ± 0,038	0,455	3,511	3,966
40.CompQuartMP	0,000 ± 0,014	0,000	2,169	2,169
41.OrienQuartMP	0,075 ± 0,033	0,283	3,508	3,791
42.Substância	0,168 ± 0,043	1,451	7,201	8,653
43.DefArticGen	0,176 ± 0,042	1,511	7,100	8,612
44.AmplCasos	0,174 ± 0,044	0,824	3,909	4,733
45.CompTaloos	0,105 ± 0,04	0,389	3,334	3,724
46.AmplPasso	0,272 ± 0,045	3,302	8,857	12,158
47.CorrePasso	0,057 ± 0,028	0,700	11,507	12,206
48.RegulPasso	0,189 ± 0,04	1,660	7,134	8,794
49.Def4tempPasso	0,154 ± 0,04	2,206	12,141	14,347
50.EntraPostPasso	0,236 ± 0,043	2,649	8,571	11,220
51.AmplTrote	0,453 ± 0,051	6,638	8,003	14,642
52.ImpulTrote	0,406 ± 0,05	6,356	9,307	15,663
53.RegulTrote	0,308 ± 0,045	3,030	6,797	9,828
54.ElaSuspTro	0,386 ± 0,05	6,552	10,410	16,962
55.ElevAntTro	0,302 ± 0,048	4,388	10,163	14,552
56.DirAntTro	0,181 ± 0,045	1,630	7,362	8,993
57.LibEspTro	0,401 ± 0,052	5,903	8,827	14,730
58.EntraPostTro	0,402 ± 0,05	4,868	7,228	12,096
59.AmplGalo	0,341 ± 0,049	3,963	7,659	11,622
60.PosiSusp	0,253 ± 0,046	3,205	9,470	12,675
61.Regularida	0,269 ± 0,047	2,078	5,660	7,738

Tabela 12 - Estimativas das heritabilidades (h^2) e respectivos erros-padrão (EP) e das variâncias genéticas (σ^2_a), ambientais (σ^2_e) e fenotípicas (σ^2_p) (continuação)

62.Transicoes	0,343 ± 0,049	3,236	6,191	9,427
63.EntraPost	0,306 ± 0,048	3,124	7,085	10,208

As estimativas de heritabilidade evidenciam algumas desigualdades, dependendo do grupo de características lineares. A estimativa precisa da heritabilidade é essencial para assegurar uma correta estimativa dos valores genéticos e para a implementação de um programa de seleção.

De um modo geral, a heritabilidade das características lineares variou entre $0,000 \pm 0,014$ (CompQuartMP) e $0,453 \pm 0,051$ (AmplTrote), com uma média global de 0,218. Os erros-padrão associados à estimativa das heritabilidades variaram entre 0,014 e 0,053, com uma média de 0,043. Estes resultados demonstram que as características lineares estudadas têm uma heritabilidade baixa a moderada, com erros-padrão razoavelmente baixos, que indicam uma boa precisão dos parâmetros estimados.

Rustin *et al.* (2009), num trabalho com a raça BWP, registaram uma média das heritabilidades um pouco mais elevada, obtendo um valor médio de 0,32 (0,15 - 0,55) com um erro-padrão de 0,05, mas Stock (2021) estimou uma média de heritabilidades mais baixa, de 0,18 (0,08 – 0,38) para características morfológicas lineares e de 0,17 (0,06 – 0,38) para características lineares de andamentos e performance na raça Oldenburg. Todavia, no presente estudo com a raça Lusitana, existem características com heritabilidades moderadas mais elevadas (0,301-0,453), como é o caso de caracteres associados aos andamentos: “AmplTrote”; “ImpulTrote”; “RegulTrote”; “ElaSuspTro”; “ElevAntTro”; “LibEspTro”; “EntraPostTro”; “Transicoes”; “EntraPost”. Existem também caracteres associados à conformação com heritabilidades maiores tais como: “Estrutura”; “Tipicidade”; “Perfil”; “Expressão”; “CompPesc”; “OrieSacro”. Contrastando com a estimativa das heritabilidades com valores moderados, encontramos heritabilidades mais baixas ($<0,20$) para vinte e cinco características lineares relacionadas com a conformação, nomeadamente nos membros, em que todos os caracteres desta região têm uma heritabilidade inferior a 0,20. É possível constatar que as heritabilidades estimadas no presente trabalho são superiores às estimativas obtidas por Vicente *et al.* (2014), com base na avaliação tradicional de reprodutores, segundo uma grelha de pontuação de morfologia e andamentos.

Os resultados da heritabilidade das características dos membros obtidas no presente estudo não correspondem aos comentários de Saastamoinen e Barrey (2000), que afirmam que a conformação dos membros é altamente transmissível à descendência. Foram sugeridas várias razões para a baixa heritabilidade dos caracteres dos membros, tais como, a dificuldade de identificar os extremos biológicos das diferentes características num curto espaço de tempo (Preisinger *et al.*, 1991). Ao analisar as distribuições das notas destas características com heritabilidades mais baixas, constatou-se que estas se concentravam em apenas uma, duas ou três pontuações diferentes. Koenen *et al.* (1995) referem a necessidade duma contínua aprendizagem dos juízes face a este novo método de avaliação, de modo a haver uma maior uniformidade da avaliação que, posteriormente, pode levar a um aumento das estimativas da heritabilidade (a média da heritabilidade das características lineares dos membros foi de 0,123; 0,000 - 0,195). Comparando estes resultados com outros estudos, foram ligeiramente inferiores aos de Koenen *et al.* (1995), em que a média das heritabilidades para os membros foi de 0,17 (0,09 – 0,23) na raça KWPN, aos de Samoré *et al.* (1997), cuja média de heritabilidades foi de 0,185 (0,10 – 0,31) na raça Haflinger e aos de Stock (2021), que obteve uma média de heritabilidades de aproximadamente 0,19 (0,11 – 0,25) na raça Oldenburg. Rustin *et al.* (2009) obtiveram valores médios de 0,28 (0,22 – 0,46) para a raça BWP. Comparando com a metodologia de avaliação tradicional (Vicente *et al.*, 2014), é possível verificar que as estimativas das heritabilidades para os membros são igualmente inferiores às das restantes regiões corporais.

As estimativas de heritabilidade das características lineares dos andamentos obtidas neste trabalho para o Passo, abrangeram valores entre os 0,057 e os 0,272; para o Trote os valores encontram-se compreendidos entre os 0,181 e os 0,453; para o Galope, o intervalo de valores encontra-se entre os 0,253 e os 0,343. Outros autores referiram que estimativas de heritabilidade para os andamentos foram mais baixas. No que diz respeito ao Passo, as estimativas do presente trabalho (média de heritabilidades de 0,181) foram superiores às de Koenen *et al.* (1995) e de Stock (2021), similares às de Novotná *et al.* (2017) e inferiores às de Rustin *et al.* (2009) e van Bergen e van Arendonk (1993). Comparando as características do Trote, os valores estimados apresentaram uma média de 0,36 e foram superiores às estimativas obtidas para o KWPN (Koenen *et al.*, 1995), para o Oldenburg (Stock, 2021) e para o CW e o SW (Novotná *et al.*, 2017), similares às do Shetland Pony (van Bergen e van Arendonk, 1993) e inferiores ao BWP (Rustin *et al.*, 2009). No geral, as estimativas de heritabilidades mais elevadas foram obtidas para características lineares dos andamentos.

As diferenças encontradas entre estudos podem estar relacionadas com as diferenças que existem entre os diferentes esquemas de avaliação linear, em termos de definições de características, número de caracteres e escalas. O modelo utilizado na estimativa dos componentes de variância também pode ser um fator a ter em conta (Rustin *et al.*, 2009).

As estimativas de heritabilidade obtidas neste estudo foram comparadas com outros trabalhos, escolhidos com base na utilização de escalas de pontuação linear e de características semelhantes (Tabela 13).

Tabela 13 - Revisão sobre as heritabilidades encontradas para características lineares nas diversas populações equinas

Característica	PSL	PRE ⁽¹⁾	Oldenburg ⁽²⁾	KWPN ⁽³⁾	Haflinger ⁽⁴⁾	BWP ⁽⁵⁾	Shetland Pony ⁽⁶⁾	CW + SW ⁽⁷⁾	Meta Análise ⁽⁸⁾
1.Estrutura	0,34		0,09			0,34	0,31		
2.Tipicidade	0,40	0,20	0,34					0,24	0,33
3.Silhueta	0,09		0,20					0,09	0,23
4.Boca	0,20								
5.Perfil	0,39								
6.Forma	0,24		0,37			0,45			
7.Olho	0,10		0,14						
8.Orelha	0,29								
9.Expressão	0,30				0,63		0,39		
10.LigCabPesc	0,22	0,23		0,21	0,24	0,26			0,23
11.CompPesc	0,30			0,21	0,24	0,27	0,31	0,10	0,16
12.PosiPesc	0,21			0,12	0,04	0,24	0,22	0,10	0,25
13.AdiposiPesc	0,24								
14.BordVentPesc	0,16		0,16						
15.CompEspa	0,30			0,16	0,15	0,31	0,27		0,13
16.AngEspa	0,20			0,17	0,09		0,26		0,08
17.ProemGarr	0,28		0,20	0,20	0,26	0,34	0,27		0,21
18.CompGarr	0,25		0,14	0,19		0,33		0,09	0,13
19.AmplPeit	0,23				0,13		0,18	0,18	0,23
20.ProfTorax	0,22				0,09				
21.FormCost	0,11								

Tabela 13 - Revisão sobre as heritabilidades encontradas para características lineares nas diversas populações equinas (continuação)

22.OrieDorso	0,15							
23.LinhaDorso	0,10	0,19	0,13	0,16				0,08
24.CompDorso	0,14				0,34			0,14 0,19
25.OrieRim	0,12							
26.LinhaRim	0,11		0,13					0,07
27.OrieCoxal	0,23		0,13		0,09	0,30	0,10	0,16
28.OrieSacro	0,31							
29.CompGaru	0,23			0,15	0,23	0,30	0,21	0,10 0,15
30.LargGaru	0,14				0,11			
31.MuscPerfil	0,16							
32.MuscTras	0,18							
33.MuscTrasFor	0,10							
34.CompMAnt	0,19							
35.CanelaMAnt	0,18							
36.CompQuartMA	0,01		0,26					
37.OrienQuartMA	0,06		0,11					
38.CompMPos	0,19							
39.CanelaMPos	0,11							
40.CompQuartMP	0,00							
41.OrienQuartMP	0,07		0,19					
42.Substância	0,17			0,19	0,31			
43.DefArticGen	0,18		0,16					
44.AmplCasos	0,17					0,25	0,15	

Tabela 13 - Revisão sobre as heritabilidades encontradas para características lineares nas diversas populações equinas (continuação)

45.CompTaloos	0,10				
46.AmplPasso	0,27	0,12	0,38	0,27	0,18
47.CorrePasso	0,06	0,21			
48.RegulPasso	0,19				
49.Def4tempPasso	0,15				
50.EntraPostPasso	0,24	0,09	0,52		
51.AmplTrote	0,45	0,22	0,47	0,41	
52.ImpulTrote	0,41	0,16	0,20	0,36	0,20
53.RegulTrote	0,31				
54.ElaSuspTro	0,39	0,15	0,20		
55.ElevAntTro	0,30	0,15			
56.DirAntTro	0,18				
57.LibEspTro	0,40	0,13			
58.EntraPostTro	0,40				
59.AmplGalo	0,34				
60.PosiSusp	0,25	0,20			
61.Regularida	0,27				
62.Transicoes	0,34	0,17			
63.EntraPost	0,31				

⁽¹⁾ Sánchez *et al.* (2013); ⁽²⁾ Para animais adultos, valores aproximados retirados de um gráfico (Stock, 2021); ⁽³⁾ Koenen *et al.* (1995); ⁽⁴⁾ Samoré *et al.* (1997); ⁽⁵⁾ Rustin *et al.* (2009); ⁽⁶⁾ van Bergen e van Arendonk (1993); ⁽⁷⁾ Novotná *et al.* (2017); ⁽⁸⁾ Meta análise de características de conformação por Hossein-Zadeh (2021)

2.2. Correlações fenotípicas e entre valores genéticos

No total foram avaliadas 63 características lineares na raça Lusitana, obtendo-se 3969 estimativas de correlações entre valores genéticos e 3969 estimativas de correlações fenotípicas. As estimativas das correlações entre valores genéticos dos caracteres analisados variaram entre -0,766 e 0,857. A correlação negativa de -0,766 corresponde à relação entre a característica “Expressão” e a característica “LigCabPesc”. Existe uma interdependência negativa forte entre estas duas variáveis, indicando que, à medida que uma variável aumenta, a outra variável diminui, ou seja, quanto mais viva for a Expressão de um indivíduo, mais fina é a ligação entre a cabeça e o pescoço (LigCabPesc). A correlação positiva mais alta encontrada foi obtida entre a “OrieCoxal” e a “OrieSacro”. Existe uma associação positiva forte entre estas duas características, indicando que à medida que uma variável aumenta, a outra variável também aumenta, ou seja, uma garupa com uma orientação coxal mais vertical irá ter, conseqüentemente, uma garupa com uma orientação do sacro igualmente com uma inclinação mais vertical, visto serem características completamente dependentes, interligadas e muito próximas morfologicamente.

Foram estimadas as correlações fenotípicas, cujos valores são similares aos encontrados nas correlações entre valores genéticos. No entanto, as estimativas das correlações fenotípicas foram mais baixas, variando entre -0,348 (LigCabPesc e CompPesc) e 0,803 (OrieCoxal e OrieSacro). Novotná et al. (2017) nas raças CW e SW e Koenen et al. (1995) na KWPN também registaram correlações fenotípicas inferiores às genéticas.

Verifica-se uma correlação fenotípica (r_p) entre dois caracteres observados no mesmo indivíduo se existir uma correlação genética ($r_g \neq 0$), ou se alguns efeitos ambientais influenciarem ambos os caracteres, isto é, se existir uma correlação ambiental ($r_e \neq 0$). Existe uma correlação genética entre dois caracteres no mesmo indivíduo, se um ou mais genes tiverem um efeito em ambos os caracteres (Van Vleck *et al.*, 1987; Falconer, 1989; Minvielle, 1990), ou devido a correlações “automáticas”(Gama, 2002; Carolino, 2006).

A correlação fenotípica, sendo estimada a partir do fenótipo para os dois caracteres medidos no mesmo indivíduo, indica-nos se os fenótipos para as duas características se encontram ou não associados. A correlação entre valores genéticos entre dois caracteres mede se indivíduos com um valor genético elevado para um dos caracteres tendem ou não a ter um valor genético elevado para o outro caracter. Segundo Carolino (2006), quando dois caracteres estão genética e positivamente correlacionados, a seleção para um deles resultará

no aumento do outro. Por outro lado, quando a correlação genética entre dois caracteres é negativa, significa que a seleção para um deles resultará na diminuição do outro.

Assim, as estimativas de correlações fenotípicas e genéticas são requisitos essenciais para o delineamento de programas de melhoramento por seleção adequados, de modo a definir os critérios de seleção e a quantificar as respostas esperadas em caracteres correlacionados e porque permitem também avaliar o impacto da seleção para uma característica noutras características geneticamente correlacionadas. No entanto, poderão ocorrer outras situações em que a seleção indireta para um carácter é mais eficaz do que a seleção direta, ou que, selecionando para outro carácter, se possa beneficiar diretamente o próprio carácter em causa e, simultaneamente, beneficiar indiretamente outros caracteres (Carolino, 2006).

Como seguimento da análise dos parâmetros genéticos neste estudo, deve proceder-se à estimativa dos valores genéticos. Os valores genéticos devem ser previstos para cada característica individual, o que forneceria informação útil para os criadores. O valor genético refere-se ao valor de um animal, para uma determinada característica, num programa de seleção. O valor genético de um indivíduo é a distância em desvio padrão em relação à média da população da característica considerada. É importante que as associações de criadores façam previsões destes valores pois a avaliação genética através do método da avaliação linear é uma parte indispensável dos programas de seleção modernos (van Bergen e van Arendonk, 1993; Samoré *et al.*, 1997; Novotná *et al.*, 2017).

V. CONCLUSÃO

A avaliação morfológica linear tem sido utilizada na produção animal, em geral, desde os anos 70, com métodos de apreciação diferentes, dependendo da espécie, raça e associações de criadores, e com orientações produtivas muito diferentes. Esta metodologia foi desenvolvida como uma alternativa às avaliações tradicionais que, apesar de serem um método rápido e fácil de executar, obter e disponibilizar informação, apresenta algumas desvantagens. Nos sistemas de avaliação linear, as características mais importantes são consideradas individualmente e são descritas em relação a extremos biológicos previamente estabelecidos, obtendo desta forma informações mais específicas e mais objetivas (Duensing *et al.*, 2014).

As estimativas dos parâmetros genéticos obtidos neste estudo indicam que o sistema de pontuação linear é capaz de fornecer informação quantitativa e detalhada sobre as características morfo-funcionais lineares no cavalo Lusitano. A escala utilizada (0-40) revela toda a variação biológica da população e as estimativas das heritabilidades e das correlações fenotípicas e entre valores genéticos mostram que o esquema utilizado na TP tem potencial para ser utilizado na avaliação genética e, conseqüentemente, na seleção de animais para futuros reprodutores. As informações obtidas através da avaliação linear no cavalo Lusitano funcionam como um complemento adequado ao método de avaliação tradicional, providenciando aos criadores e proprietários informação detalhada sobre os seus animais.

Constatou-se que o efeito linear e quadrático da idade à avaliação é relevante, assim como o efeito do género e do ano de classificação. Porém, o efeito da consanguinidade não é significativo para a maioria das características lineares. A inclusão do efeito da consanguinidade no BLUP – Modelo Animal não contribuiu, no geral, para alterações significativas nos valores dos parâmetros genéticos.

Como seguimento do estudo dos parâmetros genéticos, deve ser implementado um procedimento de estimativa dos valores genéticos. Os valores genéticos para as características lineares, se forem bem aceites pelos criadores e proprietários, podem ser uma ferramenta útil para um maior rigor nos emparelhamentos a estabelecer entre machos e fêmeas.

Apesar das suas vantagens óbvias, a implementação de esquemas de avaliação linear nos diferentes *Studbooks* pode apresentar alguns desafios, nomeadamente o aumento no tempo

necessário para avaliar linearmente cada animal, as contínuas formações dos juízes, de modo a assegurar dados lineares consistentes e com boa qualidade, e assegurar a aceitação e a correta interpretação dos perfis de classificação lineares pelos criadores e proprietários (Duensing *et al.*, 2014).

A implementação da avaliação morfo-funcional linear como rotina na aprovação de reprodutores é um passo importante para a melhoria dos programas de seleção. Esta metodologia pode também ser aplicada a todos os grupos etários e eventos, para que a pré-seleção dos animais inerente às aprovações de garanhões seja mais reduzida, acrescentando mais informação para a futura avaliação genética da raça. Quanto mais informação estiver disponível, maior será a precisão da seleção dos futuros reprodutores e, conseqüentemente, do pretendido progresso genético da raça Lusitana.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Aparício Sánchez, G. (1960). *Exterior de los grandes animales domésticos: morfología externa*. Imprenta Moderna. Córdoba.
- Asociación Nacional de Criadores de Caballos de Pura Raza Española (ANCCE). (2008). *The PRE horse book*. J. de Haro Artes Gráficas S.L. 172
- APSL - Associação Portuguesa de Criadores do Cavalo Puro Sangue Lusitano. (2016). *Regulamento do livro genealógico do cavalo da raça lusitana*. Consultado em 22 de novembro de 2021. Disponível em [REGULAMENTO DO \(cavalo-lusitano.com\)](http://cavalo-lusitano.com).
- APSL - Associação Portuguesa de Criadores do Cavalo Puro Sangue Lusitano. (2021a). *A evolução do cavalo Lusitano*. Consultado em 3 de agosto de 2021. Disponível em [Cavalo Lusitano | APSL \(cavalo-lusitano.com\)](http://cavalo-lusitano.com).
- APSL - Associação Portuguesa de Criadores do Cavalo Puro Sangue Lusitano. (2021b). *Padrão da raça*. Consultado em 16 de setembro de 2021. Disponível em [PADRÃO \(cavalo-lusitano.com\)](http://cavalo-lusitano.com).
- Arnason, T. e Van Vleck, L.D. (2000). Genetic improvement of the horse. In: *The Genetics of the Horse*, CABI Publishing, p. 473-496.
- Barrey, E., Desliens, F., Poirel, D., Biau, S., Lemaire, S., Rivero, J. L. e Langlois, B. (2002). Early evaluation of dressage ability in different breeds. *Equine Veterinary Journal*, 34(S34), 319-324.
- Boldman, K. G., Kriese, L. A., Van Vleck, L. D., Van Tassell, C. P. e Kachman, S. D. (1995). *A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of variances and covariances [DRAFT]*. USDA, ARS, Clay Center, NE, USA.
- Botelho Neves F.P. (1992). *O Toiro de lide em Portugal*. Edições Inapa. Lisboa.
- Bowling, A. T. (1998). *Horse genetics*. Cab International: New York, USA. 194 pp.
- Bowling, A. T. e Ruvinsky, A. (2000). Genetic Aspects of Domestication, Breeds and Their Origins. In: *The genetics of the horse*. CABI publishing, p. 25-52.
- Breen, E. (2009). *A comparison of judging techniques and conformation traits in Irish draught horses*. MSc thesis University of Limerick, Limerick, Ireland.

- Cano, M. R., Vivo, J., Miró, F., Morales, J. L., e Galisteo, A. M. (2001). Kinematic characteristics of Andalusian, Arabian and Anglo-Arabian horses: a comparative study. *Research in Veterinary Science*, 71(2), 147-153.
- Carolino, R. N. P. (2006). *Estratégias de selecção na raça bovina Alentejana*. Universidade Técnica de Lisboa—Faculdade de Medicina Veterinária: Lisboa, Portugal.
- Carolino, N. (2017). Estratégias de selecção nas espécies pecuárias. In: *A genética ao serviço da produção animal. Rute Guedes dos Santos Edição*, pp. 7-20.
- Carolino, N., Afonso, F. e Calção, S. (2013). *Avaliação do estatuto de risco de extinção das Raças Autóctones Portuguesas PDR2020*.
- Carolino, N., Silva, F. S. e Carolino, I. (2018). Avaliação genética - Seleção de reprodutores nas espécies pecuárias. *Voz do Campo*, nº 211, janeiro. Agrociência VI-VI.
- Carvalho, A. C. N. (1996). *Caracterização da raça bovina Ramo Grande*. Tese de licenciatura, Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Charlesworth, D. e Willis, J. H. (2009). The genetics of inbreeding depression. *Nature reviews genetics*, 10(11), 783-796.
- Cordeiro, A. R. (1997). *Lusitano Horse –Son of the Wind*. Edições Inapa, Lisboa. pp. 1-14.
- Cortes, A. (1995). *Calculating the inverse of de MME coefficient matrix using the Gibbs Sampler*. 2nd European Workshop on Advance Biometrical Methods in Animal Breeding. 12-20/6 Salzburg. Austria.
- Dansk Varmblod. (2021). Linear profiling in Danish Warmblood. Consultado em 21 de novembro de 2021. Disponível em [Linear profiling - varmblod.dk](http://Linear%20profiling%20-%20varmblod.dk).
- Dempster, A. P., Laird, N. M. e Rubin, D. B. (1977). Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 39(1), 1-22.
- Dodenhoff, J., Van Vleck, L. D., Kachman, S. D. e Koch, R. M. (1998). Parameter estimates for direct, maternal, and grandmaternal genetic effects for birth weight and weaning weight in Hereford cattle. *Journal of Animal Science*, 76(10), 2521-2527.

- Duensing, J., Stock, K. F. e Krieter, J. (2014). Implementation and prospects of linear profiling in the Warmblood horse. *Journal of Equine Veterinary Science*, 34(3), 360-368.
- Edwards, E. H. (1991). *O Grande Livro do Cavalo*. Civilização Editora, Porto. 272 pp.
- Falconer, K. J. (1989). Dimensions and measures of quasi self-similar sets. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 106(2), 543-554.
- Falconer, D. S. e Mackay, T. F. C. (1996). *Introduction to quantitative genetics*. Longman Group, Harlow, Essex, UK.
- Folla, F., Sartori, C., Guzzo, N., Pigozzi, G., & Mantovani, R. (2019). Genetics of linear type traits scored on young foals belonging to the Italian Heavy Draught Horse breed. *Livestock Science*, 219, 91-96.
- Folla, F., Sartori, C., Mancin, E., Pigozzi, G. e Mantovani, R. (2020). Genetic Parameters of Linear Type Traits Scored at 30 Months in Italian Heavy Draught Horse. *Animals*, 10(6), 1099.
- Gama, L. T. (2002). *Melhoramento genético animal*. Lisboa. Escolar editora. 306 pp.
- Gama, L. T., Matos, C. P. e Carolino, N. (2004). Modelos mistos em melhoramento animal. *Arquivos Veterinários*, N^o7, Direcção Geral de Veterinária-Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e Pescas, Portugal.
- Gómez, M. D., Cervantes, I., Valera, M. e Molina, A. (2005). Calificación Morfológica Lineal en el caballo de Pura Raza Española. *El Caballo Español*, 2, 70-79.
- Haberland, A. (2007). *Die Ausnutzung der Notenskala bei der Exterieurbeurteilung: Ein Vergleich zwischen Bonitursystem und linearer Beschreibung am Beispiel des Österreichischen Warmbluts*. Bachelorarbeit, Wien, Österreich.
- Hartley, H. O. e Rao, J. N. (1967). Maximum-likelihood estimation for the mixed analysis of variance model. *Biometrika*, 54(1-2), 93-108.
- Henderson, C. R. (1953). Estimation of variance and covariance components. *Biometrics*, 9(2), 226-252.
- Henderson, C. R. (1973). Sire evaluation and genetic trends. *Journal of Animal Science*, (Issue Symposium), 10-41.

- Henderson, C. R. (1984). *Applications of linear Models in Animal Breeding*. University of Guelph, Ontario, Canada.
- Holmström, M. e Back, W. (2013). The effects of conformation. *Equine Locomotion*, 2, 229-245.
- Holmström, M., Magnusson, L. E. e Philipsson, J. (1990). Variation in conformation of Swedish Warmblood horses and conformational characteristics of elite sport horses. *Equine Veterinary Journal*, 22(3), 186-193.
- Hosseini-Zadeh, N. G. (2021). A meta-analysis of genetic parameter estimates for conformation traits in horses. *Livestock Science*, 250, 104601.
- Janssens, S. e Vandepitte, W. (2004). Genetic parameters for body measurements and linear type traits in Belgian Bleu du Maine, Suffolk and Texel sheep. *Small Ruminant Research*, 54(1-2), 13-24.
- Johnson, D. L. e Thompson, R. (1995). Restricted maximum likelihood estimation of variance components for univariate animal models using sparse matrix techniques and average information. *Journal of Dairy Science*, 78(2), 449-456.
- Kampman I, Van Deurzen I, Loeffen C, Dekker C e Monas S. (2012). *The KWPN Horse – Selection for performance*. Ed. KWPN, 98 pp.
- Koenen, E. P. C., Van Veldhuizen, A. E. e Brascamp, E. W. (1995). Genetic parameters of linear scored conformation traits and their relation to dressage and show-jumping performance in the Dutch Warmblood Riding Horse population. *Livestock Production Science*, 43(1), 85-94.
- LaMotte, L. R. (1973). Quadratic estimation of variance components. *Biometrics*, 29:311.
- Leroy, G. (2014). Inbreeding depression in livestock species: review and meta-analysis. *Animal Genetics*, 45(5), 618-628.
- Mawdsley, A., Kelly, E. P., Smith, F. H. e Brophy, P. O. (1996). Linear assessment of the Thoroughbred horse: an approach to conformation evaluation. *Equine Veterinary Journal*, 28(6), 461-467.

- Meyer, K. (1986). Between algorithms: a “short cut” restricted maximum likelihood procedure to estimate variance components. *Journal of Dairy Science*, 69(7), 1904-1916.
- Meyer, K. (1988). DFREML—A set of programs to estimate variance components under an individual animal model. *Journal of Dairy Science*, 71, 33-34.
- Meyer, K. (1989). Restricted maximum likelihood to estimate variance components for animal models with several random effects using a derivative-free algorithm. *Genetics Selection Evolution*, 21(3), 317-340.
- Minvielle, F. (1990). *Principes d'amélioration génétique des animaux domestiques*. Presses Université Laval, Québec, Canada.
- Molina, A., Valera, M., Dos Santos, R. e Rodero, A. (1999). Genetic parameters of morphofunctional traits in Andalusian horse. *Livestock Production Science*, 60(2-3), 295-303.
- Monteiro, J. (1983). O cavalo lusitano: contributo para o seu estudo. *Boletim Pecuário*, XLIX: 3- 205.
- Novotná, A., Svitáková, A., Veselá, Z. e Vostrý, L. (2017). Estimation of genetic parameters for linear type traits in the population of sport horses in the Czech Republic. *Livestock Science*, 202, 1-6.
- Oldenbroek, K. e van der Waaij, L. (2014). *Textbook Animal Breeding and Genetics for BSc Students*; Centre for Genetic Resources and Animal Breeding and Genomics Group, University and Research Centre: Wageningen, The Netherlands. 262 pp.
- Oom, M. M. (1992). *O cavalo Lusitano. Uma raça em recuperação*. Dissertação de Doutoramento, Faculdade de Ciências - Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Patterson, H. D. e Thompson, R. (1971). Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika*, 58(3), 545-554.
- Peña, F., Gómez, M. D., Bartolomé, E. e Valera, M. (2009). Valoración morfológica en équidos. *Valoración Morfológica de los Animales Domésticos*, 7:199-230.

- Preisinger, R., Wilkens, J. e Kalm, E. (1991). Estimation of genetic parameters and breeding values for conformation traits for foals and mares in the Trakehner population and their practical implications. *Livestock Production Science*, 29(1), 77-86.
- Rao, C. R. (1971). Estimation of variance and covariance components—MINQUE theory. *Journal of Multivariate Analysis*, 1(3), 257-275.
- Rustin, M., Janssens, S., Buys, N. e Gengler, N. (2009). Multi-trait animal model estimation of genetic parameters for linear type and gait traits in the Belgian warmblood horse. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 126(5), 378-386.
- Saastamoinen, M.T. e Barrey, E. (2000). Genetics of conformation, locomotion and physiological traits. *The Genetics of the Horse*. CABI Publishing, 439-472.
- Samoré, A. B., Pagnacco, G. e Miglior, F. (1997). Genetic parameters and breeding values for linear type traits in the Haflinger horse. *Livestock Production Science*, 52(2), 105-111.
- Sánchez, M. J., Gómez, M. D., Molina, A. e Valera, M. (2013). Genetic analyses for linear conformation traits in Pura Raza Español horses. *Livestock Science*, 157(1), 57-64.
- Santos, R.I.D.G. (2008). *Caracterización genética de la aptitud deportiva del caballo pura sangre Lusitano a partir de variables biocinémáticas al trote*. PhD Tesis, Universidad de Córdoba, Córdoba, España.
- Sanz, R., Diéguez, E. e Cabello, A. (2004). Caracterización morfológica, productiva y reproductiva de las variedades del cerdo Ibérico. In: *Biodiversidade porcina iberoamericana: caracerización y uso sustentable*. Córdoba: Universidade de Córdoba. 209-217.
- SAS Institute Inc., 2019. Copyright© 2019 SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Schöpke, K., Wensch-Dorendorf, M. e Swalve, H. H. (2013). Genetic evaluations of the German Sport Horse: Population structure and use of data from foal and mare inspections and performance tests of mares. *Archives Animal Breeding*, 56(1), 658-674.
- Searle, S. R. (1970). Large sample variances of maximum likelihood estimators of variance components using unbalanced data. *Biometrics*, 26:505.

- Serpa, R. M. P. D. (2019). *Avaliação genética do cavalo puro Sangue Lusitano baseada em concursos de modelo e andamentos*. Dissertação de Mestrado em Zootecnia, Escola Superior Agrária de Ponte de Lima – Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Viana do Castelo, Portugal.
- Sieber, M., Freeman, A. E. e Hinz, P. N. (1987). Factor analysis for evaluating relationships between first lactation type scores and production data of Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 70(5), 1018-1026.
- Smith, S. P. e Graser, H. U. (1986). Estimating variance components in a class of mixed models by restricted maximum likelihood. *Journal of Dairy Science*, 69(4), 1156-1165.
- Soares, M. A. (1988). *Práticas de selecção na raça lusitana*. Trabalho de fim de curso, Instituto Superior de Agronomia - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Stock, K. F. (2013). *Linear profiling in the Warmblood horse-review & preview*. WBFSh general assembly, Varsóvia, Polónia.
- Stock, K. F. (2017). *Lineare Beschreibung-Stand bei den Verbänden*. 8th Pferde-Workshop “Neue Herausforderungen für die Pferdezucht und -haltung”, Bad Bevensen, Germany.
- Stock, K. F. (2021). *Equine genetic evaluation with special emphasis on linear description* [Webinar]. EQUI MAIS Horse Breeding Webinar, co-organized by ESAS and ESAE. [Equine genetic evaluation & linear profiling \(EquiMais Horse Evaluation Webinar, 4 June 2021\) \(equinephenotypes.org\)](https://equinephenotypes.org/).
- Stock, K. F. e Distl, O. (2006). Genetic correlations between conformation traits and radiographic findings in the limbs of German Warmblood riding horses. *Genetics Selection Evolution*, 38(6), 1-17.
- Thompson, R. (2008). Estimation of quantitative genetic parameters. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1635), 679-686.
- Thompson, J. R., Freeman, A. E., Wilson, D. J., Chapin, C. A., Berger, P. J. e Kuck, A. (1981). Evaluation of a linear type program in Holsteins. *Journal of Dairy Science*, 64(7), 1610-1617.

- Thompson, R., Brotherstone, S. e White, I. M. (2005). Estimation of quantitative genetic parameters. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360(1459), 1469-1477.
- van Bergen, H.M. e van Arendonk, J.A. (1993). Genetic Parameters for linear type traits in Shetland Ponies. *Livestock Production Science*, 36(3), 273-284.
- Van Steenberg, E. J. (1989). Description and evaluation of a linear scoring system for exterior traits in pigs. *Livestock Production Science*, 23(1-2), 163-181.
- Van Vleck, L. D. (1993). *Selection Index and Introduction to Mixed Model Methods*. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Van Vleck, L. D., Pollak, E. J. e Oltenacu, E. A. (1987). *Genetics for the animal sciences*. WH Freeman and Company.
- Vicente, A. P. A. (2015). *Characterization and selection of the Lusitano horse breed*. Dissertação de doutoramento em ciências veterinárias, especialidade de produção animal. Lisboa: Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade de Lisboa.
- Vicente, A., Carolino, N. e Gama, L. (2011). *Dispersão mundial do cavalo lusitano e sua demografia*. Consultado em 14 de setembro de 2021. Disponível em [Microsoft PowerPoint - Vicente et al Dispersão Mundial Lusitano FIPSL 2011 \(cavalo-lusitano.com\)](#)
- Vicente, A. A., Carolino, N. e Gama, L. T. (2012). Genetic diversity in the Lusitano horse breed assessed by pedigree analysis. *Livestock Science*, 148(1-2), 16-25.
- Vicente, A. A., Carolino, N., Ralão-Duarte, J. e Gama, L. T. (2014). Selection for morphology, gaits and functional traits in Lusitano horses: I. Genetic parameter estimates. *Livestock science*, 164, 1-12.
- Vicente, A. A., Carolino, N. e Gama, L. (2015). Caracterização demográfica do cavalo lusitano (1ª parte). *Revista Equitação*, 114(Ano XX), 32-38.
- Vicente A., Carolino N., Carolino I., Ralão J. e Silveira M. (2020). *Raça Puro-Sangue Lusitano – Caracterização Genética por Análise Demográfica 2020*. Instituto Politécnico de Santarém - Escola Superior Agrária de Santarém, Santarém, Portugal.

- Viklund, Å., Näsholm, A., Strandberg, E. e Philipsson, J. (2011). Genetic trends for performance of Swedish Warmblood horses. *Livestock Science*, 141(2-3), 113-122.
- Viklund, Å. e Eriksson, S. (2018). Genetic analyses of linear profiling data on 3-year-old Swedish Warmblood horses. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 135(1), 62-72.
- Visscher, P. M., Hill, W. G. e Wray, N. R. (2008). Heritability in the genomics era—concepts and misconceptions. *Nature Reviews Genetics*, 9(4), 255-266.
- Vostrý, L., Čapková, Z., Andrejsová, L., Mach, K., & Majzlík, I. (2009). Linear type trait analysis in Coldblood breeds: Czech-Moravian Belgian horse and Silesian Noriker. *Slovak Journal of Animal Science*, 42(3), 99-106.
- Vostrý, L., Příbyl, J., Mach, K. e Majzlík, I. (2011). Genetic parameters estimation and breeding values prediction for linear described traits in the Old Kladruber horse. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 20(3), 338-349.
- Waggoner, D. M., Chalkley, L. W., Cook, W. R. e Strauch, P. R. (1998). *Equine genetics and selection procedures*. 2ª Edição. Equine Research Inc. 542 pp.
- WBFSH - World Breeding Federation for Sport Horses 2021. *WBFSH World ranking list – Dressage Studbooks*. Consultado em 17 de novembro de 2021. Disponível em [WBFSH DR Breeders 2021-09.xlsx](#).
- Wejer, J. e Lewczuk, D. (2016). Effect of the age on the evaluation of horse conformation and movement. *Annals of Animal Science*, 16(3), 863.
- Weymann, W. (1989). *Untersuchungen zur linearen Exterieurbewertung in der Reitpferdezucht*. Diplomarbeit. Göttingen.
- Willham, R. L. (1972). The role of maternal effects in animal breeding: III. Biometrical aspects of maternal effects in animals. *Journal of Animal Science*, 35(6), 1288-1293.

VII. ANEXOS

Anexo I – Exemplo de um perfil de classificação linear da Tabela Padrão



Associação Portuguesa de Criadores do Cavalo Puro Sangue Lusitano

TABELA PADRÃO

Nome do Animal		NIN		L.N		Alt garrote	
Pai				Mãe			
Criador		Proprietário					
Avo Materno						Data nascimento	
Sexo	Microchip			Observ.			

Modelo		Valor										Defeito	
Aspecto Geral	Estrutura	ligeira	0	5	10	15	20	25	30	35	40	pesado	
	Tipicidade	pouca	0	5	10	15	20	25	30	35	40	muita	
	Silhueta	rectangular	0	5	10	15	20	25	30	35	40	alta	
Cabeça	Boca	redonda	0	5	10	15	20	25	30	35	40	exageradamente em bico	
	Perfil	concauo	0	5	10	15	20	25	30	35	40	convexo - frente achatada - perfil concauo	
	Forma	triangular	0	5	10	15	20	25	30	35	40	comprida	
	Olho	resgado	0	5	10	15	20	25	30	35	40	redondo	
	Orelha	curta	0	5	10	15	20	25	30	35	40	comprida	
	Expressão	apagada	0	5	10	15	20	25	30	35	40	viva	
	Ligação cabeça pescoço	fiua	0	5	10	15	20	25	30	35	40	espessa	
Pescoço	Comprimento	curto	0	5	10	15	20	25	30	35	40	comprido	
	Posição	horizontal	0	5	10	15	20	25	30	35	40	vertical golpe de machado	
	Adiposidade	pouca	0	5	10	15	20	25	30	35	40	muita "gato"	
	Bordo ventral	concauo	0	5	10	15	20	25	30	35	40	invertido	
Espádua	Comprimento	curto	0	5	10	15	20	25	30	35	40	comprido	
	Ângulo	vertical	0	5	10	15	20	25	30	35	40	horizontal	
Garrote	Proeminência	afogado	0	5	10	15	20	25	30	35	40	destacado	
	Comprimento	curto	0	5	10	15	20	25	30	35	40	longo	
Peltoral	Amplitude	estreita	0	5	10	15	20	25	30	35	40	larga	
Costado	Profundidade torácica	pouca	0	5	10	15	20	25	30	35	40	muita	
	Forma do costado	estreito	0	5	10	15	20	25	30	35	40	cilíndrico	
Dorso	Orientação	ascendente	0	5	10	15	20	25	30	35	40	mergulhante	
	Linha do dorso	selada	0	5	10	15	20	25	30	35	40	encarpada	
	Comprimento	curto	0	5	10	15	20	25	30	35	40	comprido sacro atrasado	
Rim	Orientação	ascendente	0	5	10	15	20	25	30	35	40	mergulhante	
	Linha do rim	com depressão	0	5	10	15	20	25	30	35	40	encarpada	
Garupa	Orientação do coxal	horizontal	0	5	10	15	20	25	30	35	40	vertical horizontal	
	Orientação do sacro	horizontal	0	5	10	15	20	25	30	35	40	vertical - horizontal inserção da cauda alta	
	Comprimento	curta	0	5	10	15	20	25	30	35	40	comprida desproporcionada	
	Largura	estreita	0	5	10	15	20	25	30	35	40	larga - "de vaca" - estreita piramidal	
	Muscularidade	De perfil	fraca	0	5	10	15	20	25	30	35	40	forte irregular
		Por trás	fraca	0	5	10	15	20	25	30	35	40	forte sem calção
	Forma	Em bico	0	5	10	15	20	25	30	35	40	dúpla - quadrada	

Nome do Animal			N.º	Data										
Modelo			Valor							Defeito				
Membros	Anteriores	Comprimento	curtos	0	5	10	15	20	25	30	35	40	compridos	desproporcionados
		Canela	curta	0	5	10	15	20	25	30	35	40	comprida	
		Quartela	curta	0	5	10	15	20	25	30	35	40	comprida	
			vertical	0	5	10	15	20	25	30	35	40	horizontal	
		Defeitos do apumo lateral			curvo	transcurvo		estacado		Nota				
					debruçado	desalinhamento do eixo podofalangio				Nota				
	Defeitos no apumo visto de frente			joelho de bcl	esquerdo		caravenho		Nota					
	Posteriores	Comprimento	curtos	0	5	10	15	20	25	30	35	40	compridos	desproporcionados
		Canela	curta	0	5	10	15	20	25	30	35	40	comprida	
		Quartela	curta	0	5	10	15	20	25	30	35	40	comprida	
			vertical	0	5	10	15	20	25	30	35	40	horizontal	
		Defeitos do apumo lateral			acurvilhado	desalinhamento do eixo podofalangio		direito		curvaças	espe-ravão	Nota		
		Defeitos no apumo visto de trás			canejo	estrelto		aberto		cambelo	zambro	Nota		
	Genérico	Substância	finas	0	5	10	15	20	25	30	35	40	espessos	
		Definição das articulações	finas	0	5	10	15	20	25	30	35	40	espessas	estrangulamentos
Amplitude dos cascos		estreitos	0	5	10	15	20	25	30	35	40	largos	assimetrias	
Comprimento dos talões		curtos	0	5	10	15	20	25	30	35	40	compridos	assimetrias	
Andamentos			Valor							Defeito				
Passo	Amplitude	curto	0	5	10	15	20	25	30	35	40	largo		
	Correcção	desvia p/dentro	0	5	10	15	20	25	30	35	40	desvia p/fora		
	Regularidade	pouco	0	5	10	15	20	25	30	35	40	multo		
	Definição dos quatro tempos	lento	0	5	10	15	20	25	30	35	40	precipitado		
	Entrada dos posteriores	pouco	0	5	10	15	20	25	30	35	40	multo		
Trote	Amplitude	curto	0	5	10	15	20	25	30	35	40	largo	irregularidade	
	Impulsão	fraca	0	5	10	15	20	25	30	35	40	poterosa		
	Regularidade	pouco	0	5	10	15	20	25	30	35	40	multo		
	Elasticidade e suspensão	flicido	0	5	10	15	20	25	30	35	40	com tonus		
	Elevação dos anteriores	rasteiro	0	5	10	15	20	25	30	35	40	com "joelho"		
	Direcção dos anteriores	tapa-se	0	5	10	15	20	25	30	35	40	ceifa		
	Liberdade de espaldas	tensas	0	5	10	15	20	25	30	35	40	livres		
	Entrada dos posteriores	pouco	0	5	10	15	20	25	30	35	40	multo	pernas fora da massa	
Galope	Amplitude	curto	0	5	10	15	20	25	30	35	40	largo	irregularidade	
	Posição e suspensão	em espaldas	0	5	10	15	20	25	30	35	40	para cima		
	Regularidade	pouco	0	5	10	15	20	25	30	35	40	multo		
	Transições (alargar-encurtar)	fracas	0	5	10	15	20	25	30	35	40	poterosas		
	Entrada dos posteriores	pouco	0	5	10	15	20	25	30	35	40	multo		
Data		Julz (es)												
Rubrica(s)														

Anexo II - Exemplo de um perfil de classificação linear na raça Oldenburg



Life number: DE xxxx

Cat. no.: 003 mare xxxx

born on xxxx

S: xxxx

D: xxxx

DS: xxxx

shown on xxxx in xxxx

Score Studbook entry: 7,5

Entered in Studbook I

State Premium Candidate

Linear profile format and front

FORMAT Breed type	plain									2	true to type
FORMAT Gender expression	weak									2	strong
FORMAT Caliber	light	2									heavy
FORMAT Body shape	square	1									(long-)rectangular
FRONT Head shape	coarse									2	fine
FRONT Eye size	small									1	large
FRONT Height of withers	flat									1	high

Linear profile topline

TOPLINE Line (strength) of loins	dipped (weak)	1									roached
TOPLINE Angle (inclination) of croup	flat (level)									2	sloping

Linear profile feet & legs

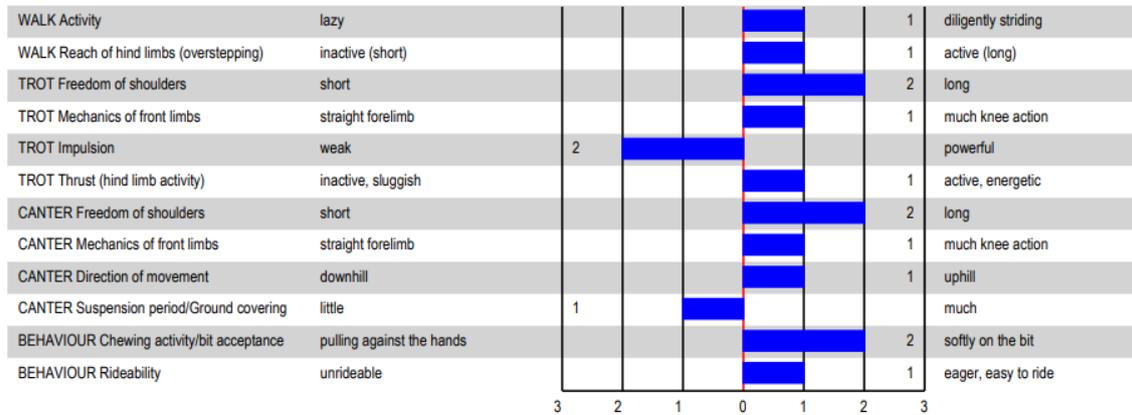
LIMBS Size of joints	small	2									big
LIMBS Shape of feet (hoof size)	narrow, small	1									wide, big

Movement profile free movement

TROT Freedom of shoulders	short									2	long
TROT Mechanics of front limbs	straight forelimb									2	much knee action
TROT Impulsion	weak	1									powerful
CANTER Freedom of shoulders	short									1	long
CANTER Suppleness	stiff	1									supple
FREE JUMPING Rhythm	not fluent	1									fluent
FREE JUMPING Elasticity	stiff/tense	1									elastic
FREE JUMPING Hind leg technique (haunches)	tight (under the body)	1									long hind leg

Life number: DE xxxx

Movement profile movement under rider



Anexo III - Frequências relativas dos defeitos disponíveis na Tabela Padrão

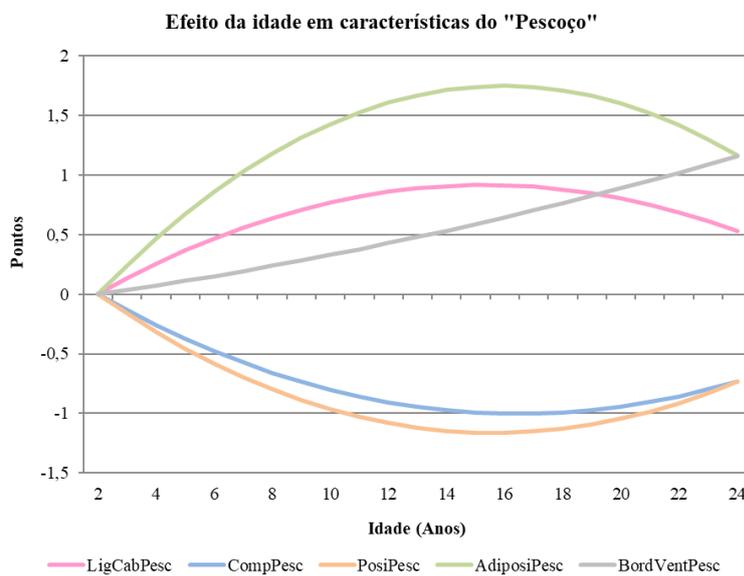
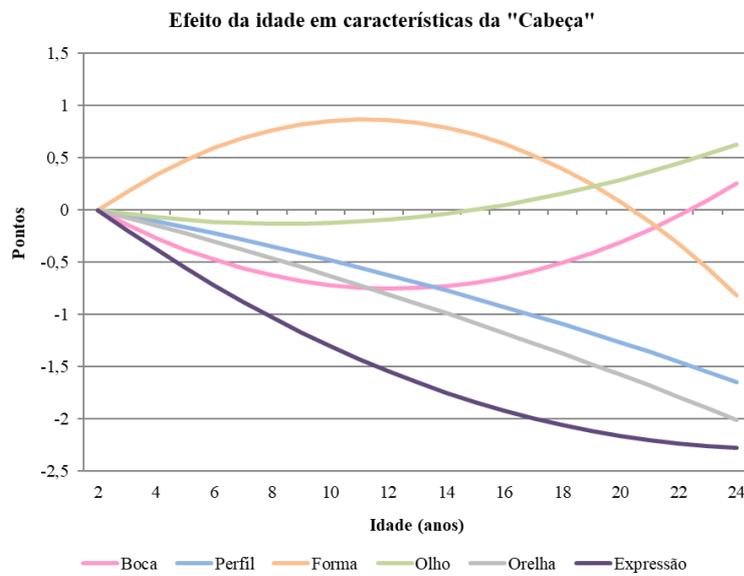
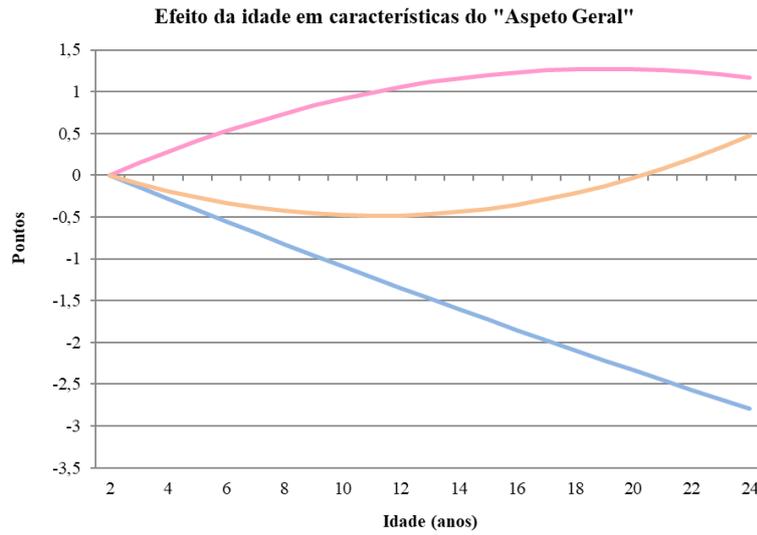
Código do defeito	Nº Registos	Percentagem %	
D. CabPerfil	Fronte achatada (1)	80	2,50
	Perfil concavo (2)	3	0,09
	Sem Defeito	3117	97,41
D. PosiPesc	Golpe de machado (1)	33	1,03
	Sem defeito	3167	99,97
D. AdiposiPesc	“Gato” (1)	11	0,34
	Sem defeito	3189	99,66
D. CompDorso	Sacro atrasado (1)	109	3,41
	Sem defeito	3091	96,59
D. OrieCoxal	Horizontal (1)	21	0,66
	(1) + (2)	36	1,13
	Inserção da cauda alta (2)	237	7,41
	Sem defeito	2906	90,81
D. OrieSacro	Horizontal (1)	18	0,56
	(1) + (2)	2	0,06
	Saliência sacro-ilíaca atrasada (2)	77	2,41
	Sem defeito	3103	96,97
D. CompGaru	Desproporcionada (1)	4	0,13
	Sem defeito	3196	99,88
D. LargGaru	“De vaca” (1)	46	1,44
	Estreita piramidal (2)	10	0,31
	Sem defeito	3144	98,25

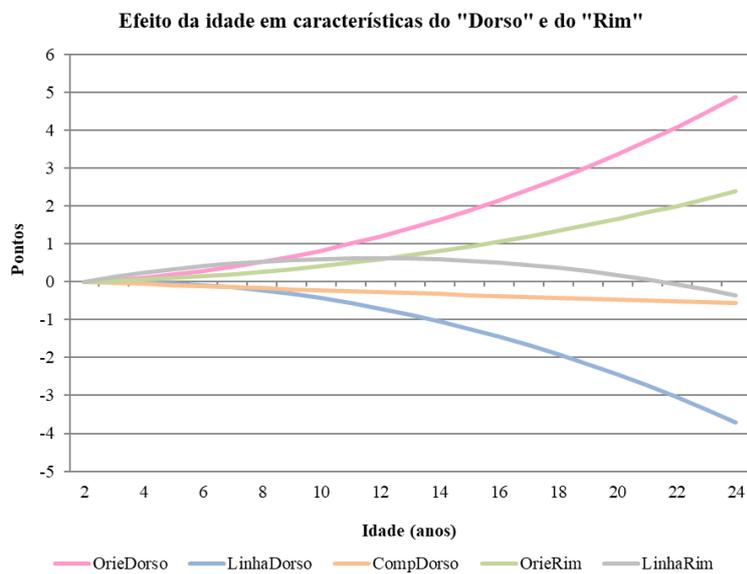
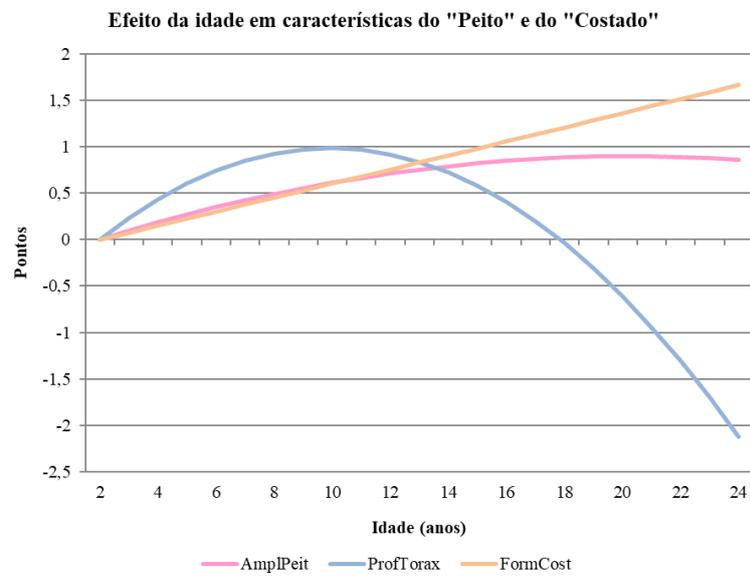
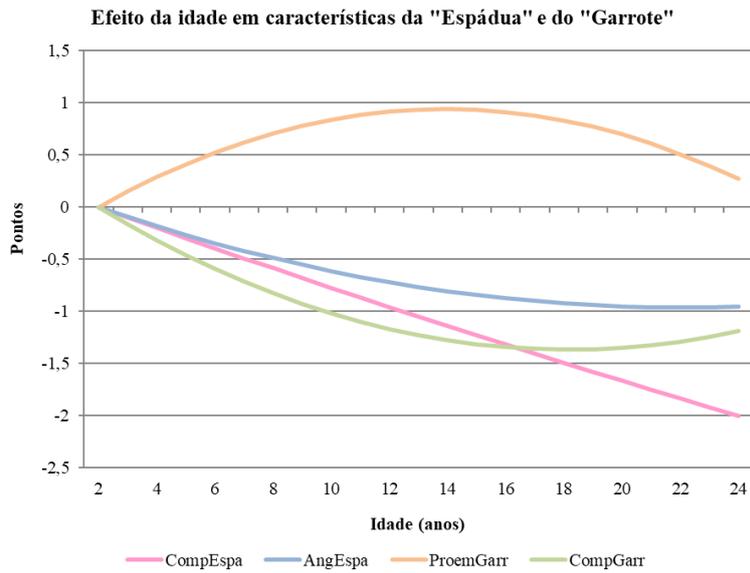
D. MuscPerfil	Irregular (1)	16	0,50
	Sem defeito	3184	99,50
D. MuscTras	Sem calção (1)	5	0,16
	Sem defeito	3195	99,84
D. MuscTrasFor	Quadrada (1)	0	0,00
	Sem defeito	3200	100,00
D. CompMP	Desproporcionados (1)	0	0,00
	Sem defeito	3200	100,00
DefApruLatMA	Curvo (1)	173	5,41
	(1) + (2)	19	0,59
	(1) + (2) + (4)	8	0,25
	(1) + (4)	32	1,00
	(1) + (4) + (5)	1	0,03
	(1) + (5)	10	0,31
	Transcurvo (2)	481	15,03
	(2) + (3)	1	0,03
	(2) + (4)	101	3,16
	(2) + (4) + (5)	1	0,03
	(2) + (5)	6	0,19
	Estacado (3)	3	0,09
	Debruçado (4)	302	9,44
	(4) + (5)	2	0,06
	Desal. eixo pataf. (5)	30	0,94
Sem defeito	2030	63,44	
DefApruFreMA	Joelho de boi (1)	6	0,19
	Esquerdo (2)	372	11,63
	(1) + (2)	1	0,03
	Caravenho (3)	408	12,75

	(2) + (3)	6	0,19
	Sem defeito	2407	75,22
D. CompMP	Desproporcionados (1)	2	0,06
	Sem defeito	3198	99,94
	Acurvilhado (1)	57	1,78
	(1) + (2)	1	0,03
	(1) + (3)	1	0,03
	(1) + (4)	11	0,34
	Desal. eixo pataf. (2)	22	0,69
	(2) + (3)	3	0,09
	(2) + (4)	1	0,03
DefApruLat	Direito (3)	639	19,97
	(3) + (4)	40	1,25
	(3) + (4) + (5)	1	0,03
	(3) + (5)	1	0,03
	Curvaças (4)	114	3,56
	Esparavão (5)	9	0,28
	Sem defeito	2300	71,88
	Canejo (1)	53	1,66
	(1) + (2)	2	0,06
	(1) + (3)	1	0,03
	(1) + (4)	3	0,09
	(1) + (5)	30	0,94
DefApruVtrasMP	Estreito (2)	163	5,09
	(2) + (4)	10	0,31
	(2) + (4) + (5)	11	0,34
	(2) + (5)	18	0,56
	Aberto (3)	6	0,19
	(3) + (4)	4	0,13
	Cambaio (4)	73	2,28

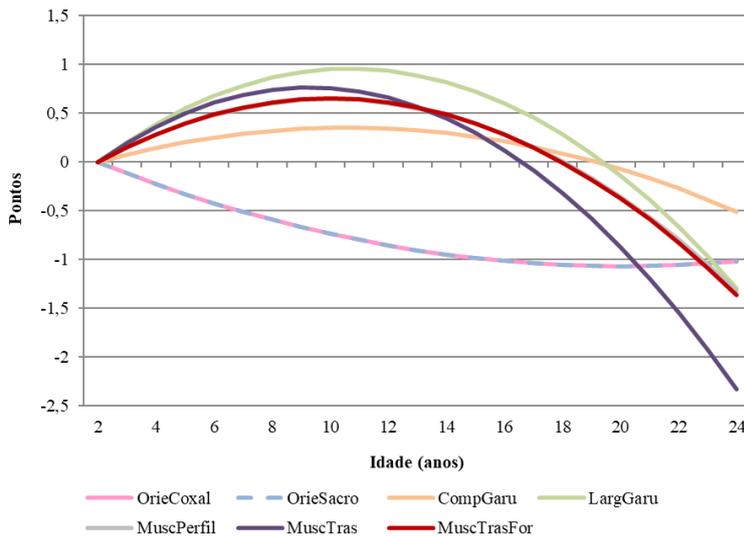
	(4) + (5)	156	4,88
	Zambro (5)	156	4,88
	Sem defeito	2514	78,56
D. DefArticGen	Estrangulamentos (1)	633	19,78
	Sem defeito	2567	80,22
D. AmplCascos	Assimetrias (1)	19	0,59
	Sem defeito	3181	99,41
D. CompTaloes	Assimetrias (1)	8	0,25
	Sem defeito	3192	99,75
D. AmplTrote	Irregularidade (1)	9	0,28
	Sem defeito	3191	99,72
D. EntraPostTro	Pernas fora da massa (1)	14	0,44
	Sem defeito	3186	99,56
D. AmplGalo	Irregularidade (1)	2	0,06
	Sem defeito	3198	99,94

Anexo IV – Efeito da idade nas características lineares

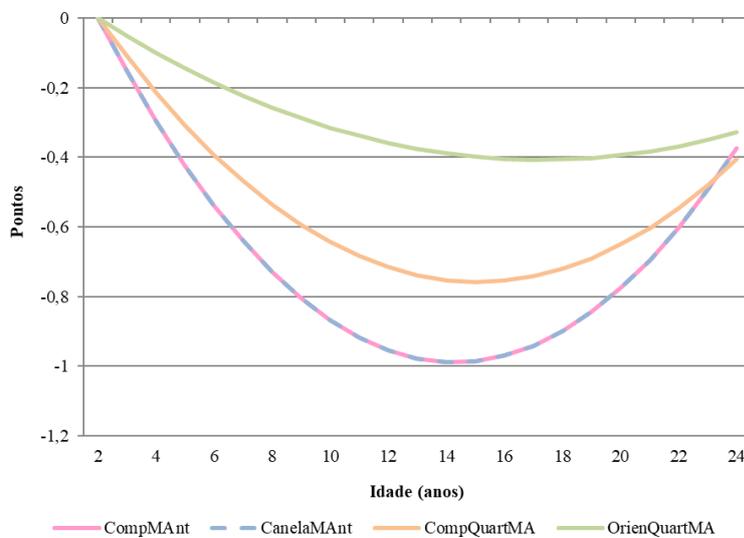




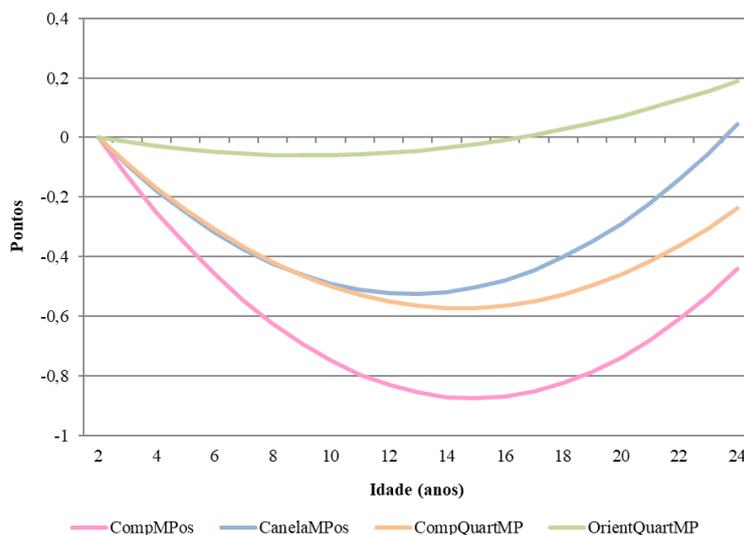
Efeito da idade em características da "Garupa"



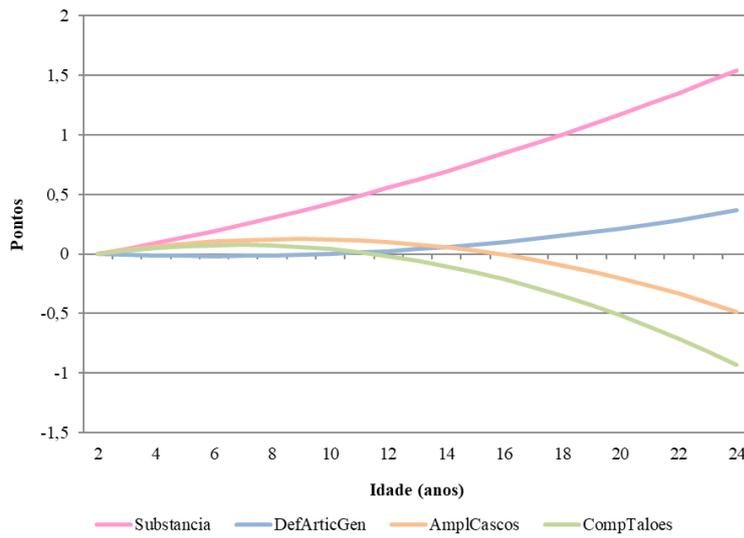
Efeito da idade em características dos "Membros Anteriores"



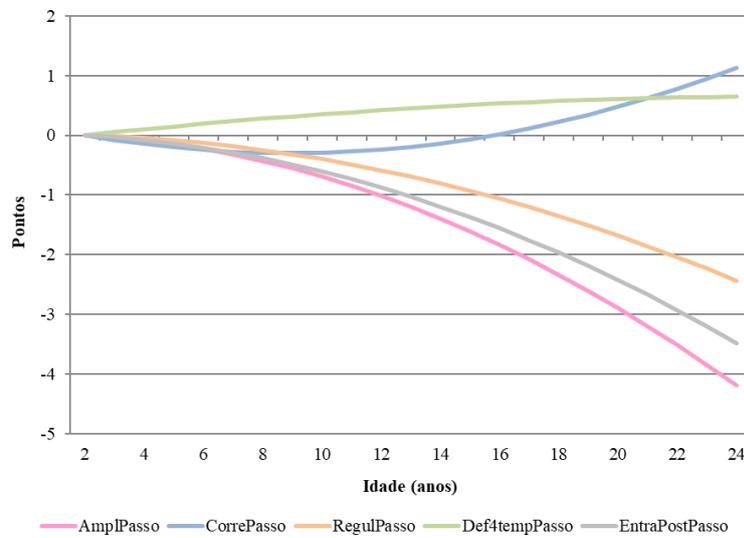
Efeito da idade em características dos "Membros Posteriores"



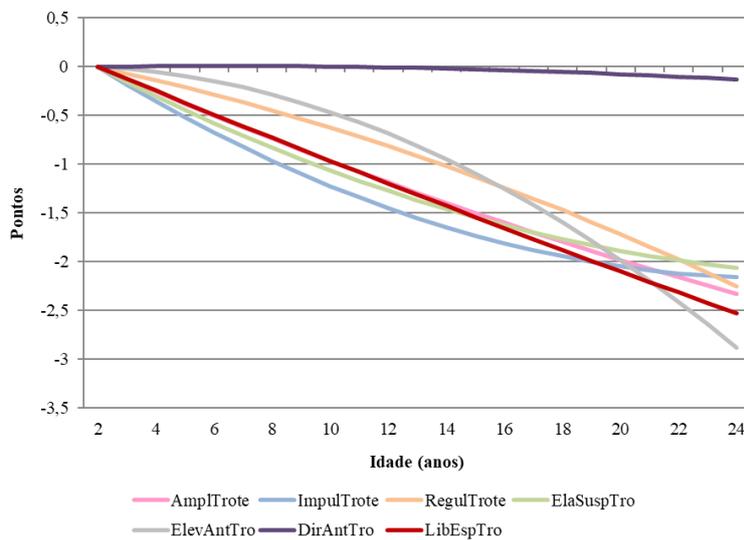
Efeito da idade em características dos "Membros Genérico"



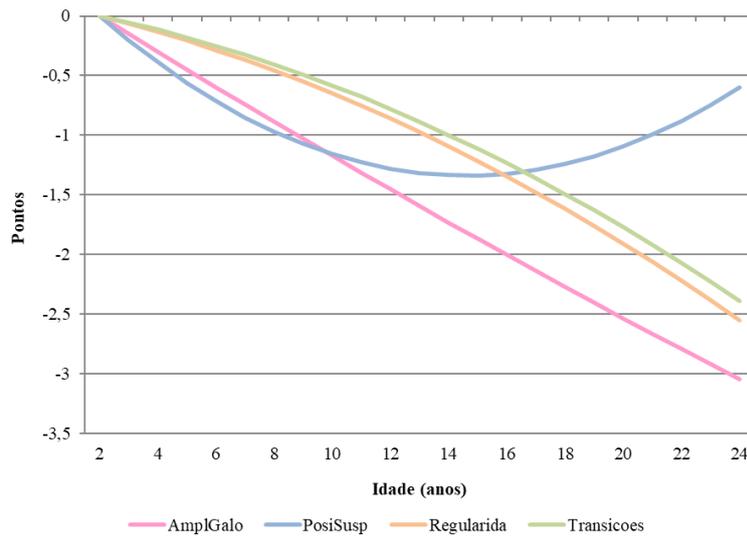
Efeito da idade em características do "Passo"



Efeito da idade em características do "Trote"



Efeito da idade em características do "Galope"



Anexo V – Efeito do ano nas características lineares

