

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO
JEQUITINHONHA E MUCURI**

CAMILA TÂNGARI MEIRA

**AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOFUNCIONAIS DE
CAVALOS DA RAÇA MANGALARGA MARCHADOR**

**DIAMANTINA – MG
2010**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

CAMILA TÂNGARI MEIRA

**AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOFUNCIONAIS DE CAVALOS DA
RAÇA MANGALARGA MARCHADOR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Prof. Idalmo Garcia Pereira

DIAMANTINA – MG
2010

Ficha Catalográfica - Serviço de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária Viviane Pedrosa de Melo CRB6 2774

M514a 2010	Meira, Camila Tângari Avaliação de características morfofuncionais de cavalos da raça mangalarga marchador/ Camila Tângari Meira. – Diamantina: UFVJM, 2010. 48 p. Dissertação (Dissertação apresentada ao Curso de Pós- Graduação Stricto Sensu em Zootecnia)-Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Orientador: Prof. Dr. Idalmo Garcia Pereira 1. análise de componentes principais 2. correlações 3. descarte de variáveis 4. equino 5. herdabilidade I. Título CDD 636.1082
---------------	--

CAMILA TÂNGARI MEIRA

**AVALIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOFUNCIONAIS DE CAVALOS DA
RAÇA MANGALARGA MARCHADOR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA em 14/07/2010

Prof. Idalmo Garcia Pereira – UFVJM
(Orientador)

Prof. Aldrin Vieira Pires – UFVJM
(Co-orientador)

Prof. Ricardo da Fonseca – UNESP

Prof. Frederico de Castro Figueiredo - IFES

DIAMANTINA - MG
2010

*“Onde quer que o homem tenha deixado sua pegada
na longa ascensão do barbarismo à civilização,
encontraremos sempre junto a esta a pata do cavalo”*

John T. Moore

DEDICO

Aos meus queridos pais, Manoel e Sônia, por todo amor e carinho.

Ao Michel.

Aos meus irmãos e sobrinhas.

AGRADECIMENTO

Primeiramente, agradeço a Deus pela vida, pelas pessoas que fazem parte dela, pela oportunidade de estudar e por estar presente em todos os momentos da minha vida.

Ao professor Idalmo Garcia Pereira, pela orientação, ensinamentos, amizade, ajuda e confiança. Muito Obrigada!!

Ao Michel, meu amor, pessoa especial e importante em minha vida, muito obrigada pela ajuda essencial em todo o trabalho, paciência, palavras de conforto, amor, dedicação, confiança, respeito e por acreditar em mim.

Ao professor Aldrin pela amizade, ensinamentos, sugestões e disposição.

À CAPES pela bolsa de estudo concedida.

Aos meus amados pais (Manoel e Sônia) obrigada por tudo. Pai, obrigada pelo carinho, amor, preocupação e por tudo que você já fez por mim. Mãe, obrigada por todo apoio, incentivo para esta conquista, amor, carinho e exemplo de vida.

À toda minha família.

Às minhas queridas amigas Gi e Mari's, pela amizade, carinho e apoio. Obrigada pelos momentos de descontração e palavras otimistas.

Ao Diogo, grande amigo, obrigada pela grande ajuda nas análises, disposição em esclarecer minhas dúvidas e paciência.

À Val, amiga e companheira de estudos, obrigada pelo apoio.

Ao Frederico e à Matilde pela disposição e ajuda nas análises.

A todos os amigos da pós-graduação.

Ao professor Ricardo, pela participação.

À Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM) pelo fornecimento dos dados e ao superintendente do serviço de registro genealógico Henrique de Melo Machado.

Ao Nicolas, funcionário da ABCCMM, pela organização do banco de dados.

À UFVJM, Departamento de Zootecnia e à Pós-Graduação, especialmente à Adriana.

Meus sinceros agradecimentos a todos!!!

RESUMO

MEIRA, Camila Tângari. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, julho de 2010. 48p. **Avaliação de características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga Marchador**. Orientador: Idalmo Garcia Pereira. Co-orientador: Aldrin Vieira Pires. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

Objetivou-se com este estudo avaliar um conjunto de características morfofuncionais, características morfométricas e pontuação da marcha, através da análise de componentes principais (ACP), e estimar os parâmetros genéticos, para as características relevantes após análise multivariada em cavalos da raça Mangalarga Marchador. Dados de 14288 animais, nascidos de 1990 a 2005, foram submetidos à ACP, objetivando reduzir a dimensionalidade do conjunto de características. Foram consideradas as seguintes características: altura na cernelha, altura na garupa, comprimento da cabeça, comprimento do pescoço, comprimento do dorso, comprimento da garupa, comprimento da espádua, comprimento do corpo, largura da cabeça, largura das ancas, perímetro do tórax, perímetro da canela e a pontuação da marcha. A partir desta análise, sugeriram-se sete variáveis para descarte, por apresentarem maiores coeficientes de ponderação, em valor absoluto, a partir do último componente principal. Assim, recomendaram-se as seguintes características para serem mantidas em trabalhos que utilizarão esta mesma base de dados: pontuação da marcha (PM), altura na garupa (AG), comprimento do dorso (CD), comprimento da garupa (CG), largura da cabeça (LC) e perímetro da canela (PC). Estas características foram submetidas a uma análise genética a fim de estimar suas herdabilidades e correlações genéticas e fenotípicas. Os componentes de (co)variância necessários à estimação dos parâmetros genéticos das características estudadas foram estimados pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML). O modelo animal multicaracterística incluiu efeito genético aditivo direto de animal, como aleatório, e os efeitos fixos de grupos contemporâneos, além da covariável idade do animal ao registro. Altas estimativas de herdabilidade (0,66 para PM a 0,94 para CD) foram encontradas, evidenciando a possibilidade de resposta direta à seleção. Foram estimadas correlações genéticas e fenotípicas de ausentes a moderadas magnitudes e discretas tendências genéticas ao longo dos anos para maior parte das características avaliadas.

Palavras-chave: análise de componentes principais, correlações, descarte de variáveis, eqüino, herdabilidade

ABSTRACT

MEIRA, Camila Tângari. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, July, 2010. 48p. **Evaluation of morphofunctional traits in Mangalarga Marchador breed.** Adviser: Idalmo Garcia Pereira. Committee members: Aldrin Vieira Pires. Dissertation (Master's degree in Animal Science).

This study aimed to evaluate a set of morphofunctional traits, morphometric traits and marcha score data through the principal component analysis (PCA) and genetic parameters for the relevant traits in a multivariate analysis in horses Mangalarga Marchador. Data from 14,288 animals born from 1990 to 2005 were submitted to PCA aimed at reducing the dimensionality of the data set. There had been considered the following characteristics: height at withers, height at croup, lengths of head, neck, back, croup, hip length and body, widths of head, hip width, thorax perimeter, cannon bone circumference and marcha score. From this analysis, it was suggested seven variables to be discarded, because they have higher weightings (eigenvectors) in absolute value from the last major component. Based on the results, there was recommended the following characteristics to be maintained in future work: marcha score, height at croup, length of back, length of croup, width of head and cannon bone circumference. In a second step, these features were subjected to a genetic analysis to estimate their heritability's and genetic and phenotypic correlations. The components of (co) variance needed to estimate the genetic parameters studied were estimated by Restricted Maximum Likelihood (REML). The trait animal model included direct genetic effect as random and fixed effects of contemporary groups and the covariate age record. High heritability estimates were found, suggesting the possibility of direct response to selection. Genetic and phenotypic correlation were estimate of absence to moderate magnitudes between traits and observed discrete genetic trends over the years for most traits.

Keywords: principal components analysis, correlation, discard of variable, equine, heritability

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	8
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	11
2.1. Análise de componentes principais.....	11
2.2. Herdabilidades e correlações genéticas.....	15
2.3. Referências Bibliográficas.....	19
3. TRABALHOS.....	22
3.1- SELEÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOFUNCIONAIS DE CAVALOS DA RAÇA MANGALARGA MARCHADOR POR MEIO DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS	22
Resumo.....	22
Abstract.....	23
Introdução.....	24
Material e Métodos.....	25
Resultados e Discussão	28
Conclusão.....	31
Referências Bibliográficas.....	31
3.2-AVALIAÇÃO GENÉTICA DAS CARACTERÍSTICAS MORFOFUNCIONAIS DE CAVALOS DA RAÇA MANGALARGA MARCHADOR.....	33
Resumo.....	33
Abstract.....	34
Introdução.....	35
Material e Métodos.....	36
Resultados e Discussão	38
Conclusão.....	46
Referências Bibliográficas.....	46
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48

1. INTRODUÇÃO GERAL

A história do cavalo iniciou-se há 55 milhões de anos, no baixo eoceno, quando as massas de terra continentais, as faixas montanhosas e os oceanos Atlântico e Índico começaram a se formar. O cavalo, em sua forma mais primitiva, cerca de 50 milhões de anos antes da evolução do homem, era um pequeno mamífero de muitos dedos com cerca de 30 cm de altura aproximadamente, chamado *Hyracotherium*, que acabou desaparecendo há cerca de 40 milhões de anos por não conseguir adaptar-se às constantes mudanças das condições geológicas. Assim, ele foi sucedido pelo *Orohippus* e, subsequentemente, pelo *Epihippus*, animais com estrutura esquelética muito semelhante, mas com dentes progressivamente eficientes. No baixo plioceno surgiu o *Pliohippus*, um animal ungulado, três vezes maior que o *Hyracotherium*, o qual, pelo início da era *Homo sapiens*, evoluiu para o *Equus*, atingindo cerca de 1,32 m de altura (SILVER, 2000).

Como o *Hyracotherium*, o *Equus* parece ter originado na América do Norte. Mas, ao contrário do primeiro, migrou para o Sul, tornando-se o mais antigo cavalo sul-americano. Espalhou-se também pela Ásia, Europa e África. Há cerca de 8 mil anos, ele tornou-se extinto nas Américas e os tipos adaptados da Europa, Ásia e África (diferentes espécies de *Equus* surgidas de acordo com o terreno e o clima) tornaram-se os ancestrais exclusivos do cavalo moderno (SILVER, 2000).

No Brasil os equinos foram introduzidos pelos colonizadores portugueses e, com a vinda da família Real em 1808, chegaram os tradicionais cavalos selecionados pela Real Coudelaria de Alter. Pela tradição, o príncipe regente D. João VI presenteou Gabriel Francisco Junqueira, o Barão de Alfenas, com um garanhão da raça *Alter*. Este e outros cavalos da coudelaria foram acasalados com éguas nativas formando a base da raça Mangalarga. Com a mudança de alguns parentes da família Junqueira para o Estado de São Paulo, exemplares da raça recém criada foram introduzidos naquele estado, sofrendo, posteriormente, contribuição genética de animais das raças Puro Sangue Inglês, Anglo-Árabe e outros. A partir das divergências entre mineiros e paulistas, principalmente quanto ao andamento, foram definidos dois grupos, Mangalarga e Mangalarga Marchador. Assim, foi fundada em 1949 a Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador que conta atualmente com cerca de 4.360 associados (ABCCMM, 2010).

Dentre as raças de cavalos no Brasil, a raça Mangalarga Marchador se destaca como a raça nacional mais expressiva numericamente, estando distribuída em todo o território brasileiro, com os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Bahia detendo 80%

de todos os animais registrados na Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM) (COSTA et al., 2004). Com andamento marchado, cômodo, de temperamento ativo e dócil e possuidores de distinta beleza zootécnica, os cavalos desta raça vêm conquistando admiradores, que logo se tornam criadores, proporcionando a expansão da raça nos mercados nacional e internacional.

O padrão racial definido pela ABCCMM, que desde 1949 mantém os livros de registros dos equinos da raça, baseia-se na aparência externa e na mensuração da altura na cernelha dos animais, nos quais a presença do andamento marchado é obrigatória e sua ausência é desclassificatória. Segundo o padrão, a altura na cernelha ideal para machos é de 1,52 m, admitindo-se para o registro definitivo a mínima de 1,47 m e a máxima de 1,57 m. Para fêmeas a ideal é de 1,46 m, admitindo-se para o registro definitivo a mínima de 1,40 m e a máxima de 1,54 m. São animais que se caracterizam por apresentarem porte médio, agilidade, estrutura forte e bem proporcionada, expressão vigorosa e sadia, visualmente leve na aparência, pele fina e lisa, pêlos finos, lisos e sedosos, temperamento ativo e dócil.

Desde a definição do padrão racial, esses animais têm sido avaliados por técnicos credenciados no que diz respeito a sua conformação e qualidade como animais de sela, principalmente em relação ao seu andamento, marcha batida ou picada. Este andamento é caracterizado por ser marchado, natural, simétrico, em quatro tempos, com apoio alternado dos bípedes laterais e diagonais, intercalados por momentos de tríplice apoio, onde o animal está em contato permanente com o solo. Segundo Pinto et al. (2005) este andamento marchado resulta da coordenação neuromotora dos movimentos, do treinamento e de medidas morfométricas adequadas, sendo necessário avaliar medidas lineares de altura, comprimento, distância, perímetro, largura e medidas angulares dos raios ósseos das principais articulações envolvidas com a dinâmica do andamento. Assim, o cavalo marchador deve ser portador, em seu genótipo, do gene da marcha e há de apresentar, em seu fenótipo, as angulações ósseas e as proporções lineares específicas do marchador (ANDRADE, 2009).

As relações das medidas lineares e angulares com o andamento são citadas por vários autores. Andrade (1986) relata que deve existir equilíbrio entre tórax e membros anteriores, pois um tórax excessivamente largo pode determinar menor resistência física e tornar o animal propenso a tropeços. Pinto et al. (2005) relatam que a região do posterior dos equinos tem como principal função gerar a força necessária para o deslocamento, enquanto a espádua atua transformando a força gerada pelo posterior em capacidade de deslocamento. A associação entre comprimentos de garupa e de dorso-lombo é interessante para o melhoramento da raça, pois garupas maiores estão associadas à maior capacidade de gerar

força para o deslocamento, assim como dorso-lombo mais curto está relacionado à menor ocorrência de problemas osteoligamentares nesta região. Ainda citam que adequadas inclinações das quartelas anteriores e posteriores em associação com os momentos de tríplice apoio e adequadas inclinações da espádua com a horizontal, conferem mais suavidade ao andamento.

A cabeça é uma característica importante, pois além de ser um atributo usado para avaliar a expressão racial dos animais tem função primordial de proporcionar ao cavalo equilíbrio, por sua ação semelhante a de um pêndulo, auxiliando no controle de movimentação do corpo durante a locomoção (ZAMBORLINI, 1996).

Investigações sobre os andamentos dos equinos datam do século XIX, onde as primeiras medições experimentais foram realizadas por Marey (1873, 1894) que estudou o tempo de cada andamento através de um método cronográfico, e em seguida, por Muybridge (1887), que usou uma série de câmeras para analisar a locomoção do cavalo (BARREY, 1999).

Pesquisadores da área têm se preocupado em estudar os andamentos desta espécie. Mota e Giannoni (1994) citam que as variações na locomoção de eqüinos Mangalarga dependem não só dos genótipos que lhes deram origem, mas também, com pelo menos igual contribuição das condições ambientais em que esse caráter se desenvolve. Lage (2001) relatou que o tipo e a qualidade do andamento do Mangalarga Marchador estão intimamente relacionados com as medidas corporais e as angulações ósseas dos membros.

O estudo e a alteração da morfologia, adequando os animais a determinados padrões estéticos e funcionais, constitui uma das áreas de interesse do melhoramento genético de equinos que se realiza pela escolha de animais superiores à média do rebanho para produzirem a próxima geração. Assim, o conhecimento dos parâmetros genéticos das características, o entendimento das inter-relações entre elas e a verificação de suas tendências genéticas é fundamental para o delineamento dos programas de seleção.

A seleção aplicada à espécie eqüina tem como objetivo principal o melhoramento de características ligadas à conformação e ao andamento dos animais. Contudo, os critérios normalmente utilizados baseiam-se em características avaliadas subjetivamente ou, até mesmo, de forma empírica pelos criadores. Apesar das associações de raça realizarem avaliações dos animais para a expedição de registros genealógicos, quando os mesmos devem atingir pontuação mínima associada à caracterização da raça, os registros zootécnicos resultantes deste controle não têm sido utilizados pela comunidade científica para caracterização e avaliação das raças eqüinas nacionais (COSTA et al., 1998).

Segundo Barbosa (1993), o interrelacionamento da forma e função cria a necessidade de uma avaliação morfométrica adequada, com a quantificação das mudanças envolvidas e a apreciação das técnicas pelas quais tais alterações podem ser avaliadas, sendo os métodos de análise multivariada, como a análise de componentes principais, particularmente indicados para acompanhar os resultados obtidos com experimentos genéticos em morfologia.

A aplicação da análise de componentes principais nesta espécie tem sido utilizada por vários autores (BARBOSA, 1993; VAN BERGEN & VAN ARENDONK, 1993; MISERANI et al., 2002; PINTO et al., 2005; SANTOS, 2006).

Segundo Baker et al. (1988), a análise de componentes principais contribui na interpretação das relações existentes entre as características e, consequentemente, na tomada de decisões acerca da seleção destas.

Embora seja menos estudada em outras espécies domésticas, a morfologia, nos eqüinos, tem grande importância étnica, econômica e está intimamente relacionada à funcionalidade e ao desempenho.

Objetivou-se com o estudo avaliar um conjunto de características morfofuncionais, características morfométricas e pontuação da marcha, através da análise de componentes principais, estimar os parâmetros genéticos e tendência genética para as características relevantes em cavalos da raça Mangalarga Marchador.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Análise de Componentes Principais

A estatística multivariada consiste em um conjunto de métodos estatísticos utilizados em situações nas quais as várias variáveis são medidas, simultaneamente, em cada elemento amostral. Em geral, as variáveis são correlacionadas entre si e quanto maior o número de variáveis, mais complexa torna-se a análise por métodos comuns de estatística univariada. Ela se divide em dois grupos: um primeiro, consistindo em técnicas exploratórias de sintetização (ou simplificação) da estrutura de variabilidade dos dados, e um segundo, consistindo em técnicas de inferência estatística. Fazem parte do primeiro grupo métodos como análise de componentes principais, análise fatorial, análise de correlações canônicas, análise de agrupamentos, análise discriminante e análise de correspondência. Esses métodos têm um apelo prático muito interessante, pois, na sua grande maioria, independem do conhecimento da forma matemática da distribuição de probabilidades geradora dos dados amostrais. No

segundo grupo, encontram-se os métodos de estimação de parâmetros, testes de hipóteses, análise de variância, de covariância e de regressão multivariadas. A expansão na aplicação das técnicas multivariadas somente foi possível graças ao grande avanço da tecnologia computacional e ao grande número de *softwares* estatísticos com módulos de análise multivariada implementados (MINGOTI, 2005).

Uma das finalidades da estatística multivariada é simplificar ou facilitar a interpretação do fenômeno que está sendo estudado através da construção de índices ou variáveis alternativas que sintetizem a informação original dos dados, sendo a análise de componentes principais uma técnica útil para tal finalidade (MINGOTI, 2005).

A análise de componentes principais (ACP) é uma das técnicas multivariadas mais utilizadas de análise exploratória de dados, sendo também um dos mais antigos métodos multivariados, tendo sido introduzido por Pearson (1901) e, posteriormente, desenvolvido por Hotelling (1933), Rao (1964), e outros (citados por KHATTREE & NAIK, 2000).

Tabachnick & Fidell (2007) descrevem a ACP como uma técnica estatística aplicada a um único conjunto de variáveis, quando o pesquisador está interessado em descobrir quais variáveis, no conjunto, formam subconjuntos coerentes que são, relativamente, independentes uns dos outros. Podendo também, segundo Baker et al. (1988), revelar relações não previamente identificadas e, assim, ajudar na melhor interpretação dos dados.

Na ACP procura-se explicar a estrutura de variância e covariância de um vetor aleatório, composto de p -variáveis aleatórias, através da construção de combinações lineares das variáveis originais. Estas combinações lineares são chamadas de componentes principais e são não-correlacionadas entre si, ou seja, toma-se p variáveis aleatórias $X = \{X_1, X_2, \dots, X_p\}$ e encontra-se uma combinação linear delas para produzir novas variáveis $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_p\}$, não correlacionadas, denominadas de componentes principais. Se tem-se p variáveis originais é possível obter-se p componentes principais (MINGOTI, 2005).

As combinações lineares obtidas através dos componentes principais, segundo Jackson (1980), possuem a característica de que nenhuma combinação linear das variáveis originais irá explicar mais que o primeiro componente e, sempre que se trabalhar com a matriz de correlação, as variáveis não sofrerão influência da magnitude de suas unidades medidas.

Segundo Anderson (2003), os componentes principais apresentam propriedades especiais em termos de variância. O primeiro componente principal é uma combinação linear normalizada (a soma dos quadrados dos coeficientes deve ser um), com máxima variância, o segundo componente principal possui a segunda maior variância e, assim, sucessivamente, de forma que o máximo de informação, em termos de variação total, esteja contido nos primeiros

componentes. Além disso, os componentes principais representam vetores linearmente independentes, ou seja, são independentes entre si.

A idéia central da análise, de acordo com Regazzi (2002), baseia-se na redução do conjunto de dados a ser analisado, principalmente quando os dados são constituídos de um grande número de variáveis inter-relacionadas. Procura-se redistribuir a variação nas variáveis (eixos originais) de forma a obter o conjunto ortogonal de eixos não correlacionados. Essa redução é feita transformando-se o conjunto de variáveis originais em um novo conjunto de variáveis que mantém, ao máximo, a variabilidade do conjunto, isto é, com a menor perda possível de informação, sendo a estrutura de interdependência destas variáveis representada pela sua matriz de variâncias e covariâncias ou pela sua matriz de correlação. Além disso, esta técnica nos permite o agrupamento de indivíduos similares mediante exames visuais, em dispersões gráficas no espaço bi ou tridimensional, de fácil interpretação geométrica.

Para Khattree & Naik (2000), uma questão que tem sido amplamente debatida, sem consenso definitivo na análise de componentes principais, é com relação ao número adequado de componentes a serem selecionados para estudo. Há três métodos utilizados. O primeiro é baseado na acumulação proporcional do total de variância e pode ser adotado se a matriz de correlação ou covariância for usada na ACP. O segundo método é baseado na magnitude das variâncias dos componentes principais, obtidos somente da matriz de correlação. Este método, que foi proposto por Kaiser em 1960, considera que qualquer componente principal, cuja variação (autovalor) é menor que 1,00 (um) não seja selecionado, uma vez que pressume-se que contêm substancialmente menos informações do que as variáveis originais. Já o terceiro método é gráfico e usa o que é normalmente chamado de diagrama de scree, em que se deve “plotar” os autovalores e determinar onde cessam os grandes e iniciam os pequenos. Segundo estes autores, o critério mais comumente usado é o primeiro, que considera um percentual de cerca de 90% como percentagem mínima adequada da variação total. Porém, segundo Regazzi (2002) para interpretar os dados com sucesso, basta escolher os primeiros componentes que acumulam uma percentagem de variância explicada igual ou superior a 70%.

Barbosa (1993) estudou 12 características morfométricas em cavalos Mangalarga Marchador, campeões e não campeões, por meio da análise de componentes principais. Observou que sete componentes foram necessários para explicar mais de 80% da variação total das variáveis tanto em machos campeões e não campeões, quanto em fêmeas campeãs e não campeãs. Santos (2006) também utilizou esta técnica para avaliar a melhor reflexão das medidas lineares na morfologia de machos e fêmeas e machos campeões e fêmeas campeãs da

raça Campolina e observou que foram necessários 7, 6, 5 e 4 componentes principais respectivamente, para explicar o mesmo percentual encontrado por Barbosa (80%).

Segundo Manly (2008), a análise de componentes principais não se aplica se as variáveis originais são não correlacionadas. Ela apresentará melhores resultados quando as variáveis originais são altamente correlacionadas, positivamente ou negativamente. Ainda, segundo o autor, é aconselhável padronizar as variáveis para se terem médias zeros e variâncias unitárias, a fim de se evitar que as variáveis tenham indevida influência nos componentes principais.

Componentes que possuem pouca informação devem ser retirados da análise sem que isso implique em uma perda significativa de informação. Com isso, pode-se reduzir os dados e tornar os resultados mais fáceis de serem interpretados, reduzindo, dessa forma, mão-de-obra, custos e tempo. Muitos pesquisadores têm proposto métodos de descarte de variáveis, como BEALE et al. (1967), JOLLIFFE (1972, 1973) e KHATTREE & NAIK (2000).

Segundo Jolliffe (1972, 1973), quando um grande número de variáveis, diz-se 10 ou mais, são avaliadas na análise multivariada, os resultados são muitas vezes pouco alterados se um subconjunto de variáveis é usado. O autor, trabalhando com dados simulados e reais, avaliou oito métodos de descarte de variáveis divididos em 3 grupos. O primeiro consistiu de dois métodos relacionados com regressão múltipla; o segundo consistiu de quatro métodos com componentes principais e o terceiro, com dois métodos de técnicas de conglomeração. Concluiu que essas técnicas são sensíveis em discriminar as variáveis menos importantes que se caracterizam pela redundância.

O descarte de variáveis pode ser feito por meio de componentes principais, que têm como principal função resumir a informação contida no complexo de variáveis originais, possibilitando eliminar as informações redundantes, em decorrência da correlação com outras variáveis presentes na análise (KHATTREE & NAIK, 2000).

Na análise de componentes principais, quando se utiliza a matriz de correlação, tem-se adotado o critério de avaliação da importância dos caracteres a partir dos coeficientes de ponderação das variáveis associadas aos últimos componentes, que, por estimação, retêm proporção mínima da variação total (MARDIA et al., 1997).

Tendo estes componentes apresentado autovalores menores que 0,7, rejeitam-se aquelas variáveis de maiores coeficientes de ponderação naquele componente. Este é o critério de Jolliffe (1973), que também considera que o número de variáveis descartadas é igual ao número de autovalores, associados aos componentes, que são menores que 0,7.

Barbosa et al. (2005) estudando características de desempenho de suínos por meio da análise de componentes principais utilizaram as recomendações de Jolliffe (1973) para o descarte de variáveis. Dos doze componentes principais, seis apresentaram variância (autovalor) menor que 0,7. Com isso, foi possível descartar 6 variáveis que apresentaram redundância com as demais.

Pinto et al. (2005) avaliaram medidas morfométricas de potros da raça Mangalarga Marchador por meio da análise de componentes principais. Foram efetuadas 25 mensurações lineares e 11 mensurações angulares em potros e potras recém-nascidos, aos 6 e aos 12 meses de idade. Os autores concluíram que a análise de componentes principais foi eficiente em reduzir o número de medidas morfométricas nas diferentes idades estudadas, pois não apresentaram variação importante para a discriminação dos animais, ou estavam fortemente correlacionadas com alguma das outras variáveis, o que as tornavam redundantes.

Porém, Johnson & Wichern (2007) recomendam cautela na interpretação dos resultados de qualquer método de seleção de variáveis. Para eles, independentemente do critério de seleção adotado, não há garantia de que um subconjunto selecionado seja realmente o melhor, atentando para o fato de que um subconjunto selecionado em uma amostra, com base em algum dos critérios existentes, pode ser insuficiente para análise em amostras futuras.

2.2. Herdabilidades e correlações genéticas

O melhoramento genético se realiza pela escolha de animais superiores à média do rebanho para produzirem a próxima geração. Esta escolha pode ser feita por vários métodos que se apóiam em informações obtidas de indivíduos e, ou parentes. Estas podem ser conseguidas a partir de características morfológicas (exterior), produtivas ou funcionais dos animais sob seleção. Em qualquer destes casos o homem se apóia em informações fenotípicas de características que podem ser avaliadas subjetivamente, medidas ou pesadas (GIANONNI, 1988).

A predição de valores gênicos de medidas corporais em equinos, tradicionalmente de importante valor econômico, é necessária para um bem sucedido programa de seleção de garanhões e éguas para estas características (ZAMBORLINI, 1996).

Componentes de (co) variâncias são amplamente utilizados no melhoramento animal para estimação da herdabilidade e correlações genéticas, ambientais e fenotípicas, construção

de índices de seleção, estimação do valor genético, planejamento de programas de melhoramento genético, entre outros (HENDERSON, 1986).

Para tanto, existem diversos métodos para estimar estes componentes: Métodos I, II e III de Henderson, Método de Estimação Quadrática Não-Viesada de Norma Mínima – MIINQUE, Método de Estimação Quadrática Não- Viesada de Variância Mínima - MIVQUE, Método da Máxima Verossimilhança – ML, Método da Máxima Verossimilhança Restrita – REML e por Inferência Bayesiana.

Segundo Mota & Giannoni (1994) uma das maneiras de se estudar a variabilidade genética de um caráter numa população é estimar a sua herdabilidade. Assim, realizaram um estudo visando estimar, em equinos da raça Mangalarga, a variabilidade genética de alguns caracteres de conformação (cabeça, pescoço, tronco, garupa, membros e aprumos) e locomoção. As estimativas de herdabilidade para todos os caracteres estudados, exceto aprumos, indicaram alta variabilidade genética aditiva.

A herdabilidade (h^2) constitui a expressão da proporção da variância total que é atribuível aos efeitos médios aditivos dos genes, isto é, à variância genética aditiva. Tem como principal função expressar a confiança que se pode ter no valor fenotípico de um animal como guia para predizer seu valor genético aditivo. Pode-se dizer que a herdabilidade é a proporção da superioridade ou inferioridade dos pais que se espera que seja transmitida à sua progênie (FALCONER, 1987).

Zamborlini et al. (1996) estimaram, simultaneamente, os efeitos de ambiente e os parâmetros genéticos de doze medidas corporais mensuráveis mais a pontuação visual dos componentes corporais e suas proporções de cavalos Mangalarga Marchador, por ocasião do registro genealógico. Encontraram estimativas de herdabilidade média para as doze medidas de 0,56 e de 0,62 para a pontuação morfológica, evidenciando a importância do componente genético aditivo nas características morfológicas dos animais. O valor médio da pontuação, encontrado por estes autores, foram superiores ao relatados por Molina et al. (1999) e Mota & Prado (2005) os quais encontram, respectivamente para cavalos Mangalarga e Andaluz, h^2 média de 0,25 e 0,42.

As estimativas de herdabilidade das medidas corporais de equinos encontradas na literatura são, em grande parte, da mesma magnitude, variando de estimativas médias a altas. (ÁRNASON, 1984; MOTA & GIANNONI, 1994; ZAMBORLINI et al., 1996; COSTA et al., 1998; MOLINA et al., 1999; MISERANI et al., 2002; PRADO & MOTA, 2008).

Quanto ao andamento, são escassas as citações relativas às raças nacionais. Podemos citar os trabalhos de Mota & Giannoni (1994) que encontraram estimativa de herdabilidade de

0,50 para o andamento de cavalos da raça Mangalarga; de Mota et al. (2006) que estudaram a pontuação total do deslocamento para esta mesma raça e encontraram estimativa de h^2 de 0,27.

Olsson et al. (2000) estimaram parâmetros genéticos para características de performance e desempenho de garanhões de sela *Swedish Warmblood* e encontram estimativas de herdabilidade de 0,46, 0,37 e 0,39 para passo, trote e galope, respectivamente.

Em estudos genéticos, é necessário distinguir duas causas de correlação entre características: a genética e a ambiente. A causa de correlação genética é, principalmente, o pleiotropismo, propriedade pela qual um gene afeta duas ou mais características, de modo que se o gene estiver segregando, causará variação simultânea nas características que ele afeta. Esta pode ser positiva, quando alguns genes podem aumentar ambas as características, ou negativa, quando aumentam uma e reduzem a outra (FALCONER, 1987).

A consequência da correlação genética, do ponto de vista do melhoramento genético, é que se duas características mostram uma correlação altamente favorável, a ênfase na seleção deverá ser apenas em uma, para o melhoramento em ambas, reduzindo, desse modo, o número de características a serem selecionadas, sendo que se elas não mostrarem nenhuma correlação, a seleção de uma não afetará a outra, e se estão desfavoravelmente correlacionadas, a seleção para a melhoria de uma poderá não ser vantajosa, em virtude da redução na segunda (PEREIRA, 2004).

Zamborlini et al. (1996) estimaram, através do Método III de Henderson, correlação genética de 0,96 entre a altura na cernelha e na garupa, para animais da raça Mangalarga Marchador. Outros autores, estudando correlações genéticas entre estas medidas lineares, tais como Costa et al. (1998), reportaram o valor de 0,99 para pôneis da raça Brasileira.

Olsson et al. (2000) estimaram correlações genéticas positivas entre todos os movimentos (passo, trote e galope) de garanhões de sela *Swedish Warmblood*, sendo o mais elevado entre trote e galope, 0,71.

Mota et al. (2006) estimaram correlação genética de 0,47 entre altura na cernelha e deslocamento de cavalos da raça Mangalarga, indicando moderada tendência dos animais geneticamente superiores para altura apresentarem valores geneticamente superiores também para deslocamento.

O ambiente também é uma causa de correlação, pela qual duas características são influenciadas pelas mesmas diferenças de condições de ambiente. A correlação resultante de causas de ambiente é o efeito total de todos os fatores variáveis de ambiente, sendo que alguns tendem a causar uma correlação positiva, outros negativa. Já a associação entre duas

características que pode ser observada diretamente é a correlação de valores fenotípicos, ou seja, a correlação fenotípica. Esta é determinada pelas medidas das duas características em um número de indivíduos da população (FALCONER, 1987).

Assim, as correlações genéticas podem ser úteis por permitirem uma avaliação indireta de uma determinada característica, possibilitando conhecer o grau de dependência entre ambas, podendo causar, em algumas situações, um aumento da acurácia das predições dos valores genéticos.

2.3. Referências Bibliográficas

- ABCCMM. Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador. **Curso teórico-prático Mangalarga Marchador para todos**. Belo Horizonte, 2010.
- ANDERSON, T.W. **An introduction to multivariate statistical analysis**. New York: John Wiley, 2003.
- ANDRADE, L.S. Efeito da conformação sobre o tipo e eficiência da marcha. In: Simpósio Nordeste do Cavalo Mangalarga Marchador – Andamento. 1, 1986, Recife. **Anais...** Recife: Pernambuco, 1986. p.31-34.
- ANDRADE, L.S. **Expressão da marcha de tríplex apoios**. Disponível em <<http://www.marchadorweb.com.br>>. Acessado em: 23-maio- 2009.
- ÁRNASON, T. Genetic studies on conformation and performance of Icelandic Toelter Horse. I. Estimation of non-genetic effects and genetic parameters. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v.34, n.4, p.409-427, 1984.
- BAKER, J.F.; STEWART, T.S.; LONG, C.R.; *et al.* Multiple regression and principal component analysis of puberty and growth in cattle. **Journal of Animal Science**, v.66, p.2147-2158, 1988.
- BARREY, E. Methods, applications and limitations of gait analysis in horses. **Veterinary Journal**, v.1, p.7-22, 1999.
- BEALE, E.M.L.; KENDALL, M.G.; MANN, D.W. The discarding of variables in multivariate analysis. **Biometrika**, v.54, n.3-4, p.357-365, 1967.
- BARBOSA, C.G. **Estudo morfométrico na raça Mangalarga Marchador. Uma abordagem multivariada**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1993. 76p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 1993.
- BARBOSA, L.; LOPES, P.S.; REGAZZI, A.J. *et al.* Seleção de variáveis de desempenho de suínos por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.6, p.805-810, 2005.
- COSTA, M.D.; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA, C.S. *et al.* Avaliação dos fatores genéticos e de ambiente que interferem nas medidas lineares dos pôneis da raça brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.3, p.491-497, 1998.
- COSTA, M.D.; BERGMANN, J.A.G.; RESENDE, A.S.C. *et al.* Caracterização demográfica da raça Mangalarga Marchador. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.5, p.687-690, 2004.
- FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. Viçosa: UFV, 1987. 279p.
- GIANNONI, M.A. **Métodos de melhoramento genético e sistemas de acasalamentos aplicados aos equinos**. Jaboticabal: FUNEP, 1988, 63p.

HENDERSON, C.R. Recent Developments in Variance and Covariance Estimations. **Journal Animal Science**, v.63, p.208-216, 1986.

JACKSON, J.E. Principal componets and factor analysis: part I: principal componets. **Journal of Quality Technology**. v.12, n.4, p.201-213, Oct. 1980.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 6. ed. Pearson, Prentice Hall, 2007. 773p.

JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. I: Artificial data. **Applied Statistics**, v.21, n.2, p.160-173, 1972.

JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. II: Real data. **Applied Statistics**, v.22, n.1, p.21-31, 1973.

KATTREE, R.; NAIK, D.N. **Multivariate data reduction and discrimination with SAS® Software**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2000. 558p.

LAGE, M.C.G.R. **Caracterização morfométrica, dos aprumos e do padrão de deslocamento de eqüinos da raça Mangalarga Marchador e suas associações com a qualidade da marcha**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. 114p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.

MANLY, B.F.J. **Métodos estatísticos multivariados: uma introdução**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 229p.

MARDIA, K.V.; KENT, J.T.; BIBBY, J.M. **Multivariate analysis**. 6. ed. London, Academic press, 1997. 518p.

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 297p.

MISERANI, M.G.; McMANUS, C.; SANTOS, S.A. *et al.* Avaliação de fatores que influem nas medidas lineares do cavalo Pantaneiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.335-341, 2002.

MOLINA, A.; VALERA, M.; SANTOS, R. *et al.* Genetic parameters of morphofunctional traits in Andalusian horse. **Livestock Production Science**, v.60, p.295-303, 1999.

MOTA, M.D.S.; GIANNONI, M.A. Efeitos genéticos e de ambiente sobre alguns caracteres de conformação e locomoção em eqüinos da raça Mangalarga. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.89, n.512, p.192-196, 1994.

MOTA, M.D.S.; PRADO, R.S.A. Estudo genético da pontuação total em equinos Mangalarga. **Archivos de Zootecnia**, v.54, n.205, p.25-30, 2005.

MOTA, M.D.S.; PRADO, R.S.A. FERREIRA, D.F.M.G. Estimativa de parâmetros genéticos para o deslocamento em cavalos da raça Mangalarga. **Archivos de Zootecnia**, v.55, n.210, p.207-210, 2006.

OLSSON, E.G.; ÁRNASON, T.; NÄSHOLM, A. *et al.* Genetic parameters for traits at performance test of stallions and correlations with traits at progeny tests in Swedish warmblood horses. **Livestock Production Science**, v.65, p.81-89, 2000.

PEREIRA, J.C.C. **Melhoramento genético aplicado à produção animal**. 4.ed. Belo Horizonte: FEPMVZ Editora, 2004. 609p.

PINTO, L.F.B.; ALMEIDA, F.Q.; AZEVEDO, P.C.N. *et al.* Análise multivariada das medidas morfométricas de potros da raça Mangalarga Marchador: Análise Fatorial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.613-626, 2005.

PRADO, R.S.A.; MOTA, M.D.S. Genetic parameters for biometric traits in Mangalarga horses. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v.9, n.12, p.1-15, 2008.

REGAZZI, A.J. **Análise multivariada**: notas de aula. Viçosa: UFV, 2002.

SANTOS, L.M. **Morfologia e genética do cavalo Campolina**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2006. Dissertação (Mestrado em Genética) Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

SILVER, C. **Tudo sobre cavalos**: um guia mundial de 200 raças. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2000. 231p.

TABACHNICK, B.G.; FIDELL, L.S. **Using multivariate statistics**. 5.ed. Pearson Education, 2007. 980p.

Van BERGEN, H.M.J.M.; Van ARENDONK, J.A.M. Genetic parameters for linear type traits in Shetland ponies. **Livestock Production Science**, v.36, p.273-284, 1993.

ZAMBORLINI, L.C. **Estudo genético quantitativo das medidas lineares da raça Mangalarga Marchador**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 47p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

ZAMBORLINI, L.C; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA, C.S. *et al.* Estudo genético quantitativo das medidas lineares da raça Mangalarga Marchador –I. Estimativas dos fatores de ambiente e parâmetros genéticos. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.3, n.2, p.33-37, 1996.

CAPÍTULO 1 - SELEÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOFUNCIONAIS DE CAVALOS DA RAÇA MANGALARGA MARCHADOR POR MEIO DA ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS

Resumo: Dados de 14288 animais da raça Mangalarga Marchador, nascidos de 1990 a 2005, foram utilizados para avaliar a redução da dimensionalidade do espaço multivariado para características morfofuncionais, por meio da análise de componentes principais. Foram consideradas as seguintes características: altura na cernelha, altura na garupa, comprimento da cabeça, comprimento do pescoço, comprimento do dorso, comprimento da garupa, comprimento da espádua, comprimento do corpo, largura da cabeça, largura das ancas, perímetro do tórax, perímetro da canela e a pontuação da marcha. Para tais características, obtiveram-se sete componentes principais, a partir da matriz de correlação, que apresentaram variância inferior a 0,7 (autovalor inferior a 0,7). Isso sugere sete variáveis para descarte, por apresentarem maiores coeficientes de ponderação, em valor absoluto, a partir do último componente principal. A razão para isso é que variáveis altamente correlacionadas com os componentes de menor variância representam variação praticamente insignificante. Com base nesses resultados, recomendam-se as seguintes características para serem mantidas em trabalhos futuros com esta base de dados: pontuação da marcha, altura na garupa, comprimento do dorso, comprimento da garupa, largura da cabeça e perímetro da canela.

Palavras-chave: análise multivariada, andamento, descarte de variáveis, equino, medidas lineares

IDENTIFICATION OF MORPHOFUNCTIONAL TRAITS IN MANGALARGA MARCHADOR HORSE USING PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

Abstract: Records of 14,288 animals of Mangalarga Marchador breed, born from 1990 to 2005, were used to discard morphofunctional traits in a principal component analysis. The following traits were used: height at withers, height at croup, lengths of head, neck, back, croup, hip length and body, widths of head, hip width, thorax perimeter, cannon bone circumference and marcha score. For the traits considered it was observed that 7 principal components showed variation lower than 0.7; suggesting that seven variables could be discarded. The reason is that when variable are highly correlated with the principal components of smaller variance, their variation is practically insignificant. Based in those results it is recommended the following traits to be kept in future jobs with this database: marcha score, height at croup, length of back, length of croup, width of head and cannon bone circumference.

Keywords: discard of variables, equine, gait, multivariate analysis, linear measures

Introdução

Em equinos, a caracterização morfológica está intrinsecamente relacionada ao seu valor econômico, pois as medidas morfométricas influem no desempenho do andamento dos animais. Para o registro do animal Mangalarga Marchador na Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM) são avaliadas as medidas morfométricas mais a pontuação da marcha, os quais devem obter as pontuações mínimas de expressão/caracterização e andamento para serem registrados em definitivo. Porém, para fins de seleção, pode ser possível identificar aquelas variáveis que realmente contribuem para a discriminação dos indivíduos.

Para tanto, a análise de componentes principais (ACP) tem sido útil na elucidação das relações estruturais entre as medidas corporais dos animais e no descarte de variáveis, possibilitando eliminar informações redundantes, em decorrência da correlação com outras variáveis presentes na análise. Outra característica da técnica é que pode ser utilizada nas situações em que não há repetição de dados, isto é, pode ser aplicada mesmo quando os dados não são provenientes de delineamentos experimentais (REGAZZI, 2002).

A ACP consiste em transformar um conjunto original de variáveis (por exemplo: altura, largura, produção, etc) em outro conjunto de dimensão equivalente, mas com propriedades importantes e de grande interesse em certos estudos de melhoramento genético. Cada componente principal é uma combinação linear das variáveis originais, mas, diferentemente destas, os componentes são independentes entre si, ou seja, não correlacionados e estimados com o propósito de reter, em ordem de estimação, o máximo de informação, em termos de variação total da amostra. Esta técnica tem a vantagem de possibilitar a avaliação da importância de cada caráter estudado sobre a variação total disponível entre os indivíduos avaliados. O interesse nesta avaliação reside na possibilidade de se descartarem caracteres que contribuem pouco para a discriminação do material avaliado, reduzindo, dessa forma, mão-de-obra, tempo e custos (CRUZ et al., 2004).

Ao se fazer uma análise de componentes principais, de acordo com Manly (2008), espera-se que as variâncias da maioria dos componentes sejam tão baixas a ponto de serem desprezíveis. Neste caso, a maior parte da variação no conjunto de dados completos pode ser descrita adequadamente pelos poucos componentes com variâncias que não são desprezíveis.

Segundo Morrison (2005) cada variável original está associada ao componente principal por meio de um vetor característico (autovetor), cujo valor absoluto determina a importância da característica naquele componente principal. Dessa forma, é possível

identificar quais variáveis originais são passíveis de descarte, o que se faz eliminando as características associadas aos maiores coeficientes de ponderação nos últimos componentes, ou seja, naqueles que explicam percentuais muito reduzidos da variância total.

Assim, de acordo com Jolliffe (1972, 1973), o número de variáveis descartadas deve ser igual ao número de componentes cuja variância (autovalor) é inferior a 0,7. Com isso, é possível eliminar variáveis redundantes que, além de serem pouco informativas, promove acréscimo no trabalho de avaliação e não apresentam informação adicional, o que não implica em uma perda significativa de informação.

Métodos de análise multivariada para o acompanhamento de resultados com experimentos genéticos em morfologia, segundo Barbosa (1993), permitem definir variáveis adequadas para o estudo de variação genética, facilitando a compreensão dos resultados dos diversos sistemas de acasalamentos e a proposição de índices de seleção.

Objetivou-se com este estudo reduzir a dimensionalidade de um conjunto de características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga Marchador, por meio da análise de componentes principais, eliminando as informações de variáveis redundantes.

Material e Métodos

Um banco de dados composto por medidas de 12 características lineares mais a pontuação da marcha foi cedido pelo Serviço de Registro Genealógico ABCCMM. Após consistência dos dados, eliminando-se mensurações incorretas e/ou informações incompletas avaliou-se um total de 14288 animais nascidos entre os anos de 1990 a 2005.

As características morfofuncionais presentes no banco de dados foram: altura na cernelha (distância vertical entre o processo espinhoso da quarta vértebra torácica e o solo), altura na garupa (distância vertical entre a tuberosidade sacral do íleo e o solo), comprimento da cabeça (distância entre o vértice da cabeça e a ponta do focinho), comprimento do pescoço (distância entre a nuca, osso atlas, e o terço médio do osso da escápula), comprimento do dorso (distância entre a base da cernelha e a tuberosidade sacral do íleo), comprimento da garupa (distância entre a ponta do íleo e do ísquio), comprimento da espádua (distância entre a articulação escápulo-umeral e a cartilagem escapular), comprimento do corpo (distância entre a articulação escápulo-umeral e a tuberosidade isquiática), largura da cabeça (distância entre as faces externas das arcadas orbitárias), largura das ancas (distância entre a tuberosidade coxal dos ossos ilíacos), perímetro do tórax (medida do diâmetro obtido sobre os

processos espinhosos da oitava e nona vértebras torácicas), perímetro da canela (medida do diâmetro no meio do osso metacarpiano) e a pontuação da marcha.

Os animais foram submetidos a exame zootécnico a partir dos 36 meses de idade, do qual constou a mensuração e avaliação quanto à morfologia e andamento, de acordo com a determinação do Padrão Racial. Segundo este padrão aprovado pelo conselho deliberativo técnico da ABCCMM e pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, para fins de registro definitivo na associação, o animal deverá obter, no mínimo, 50% dos pontos de expressão/caracterização e de andamento.

A marcha foi analisada visualmente e montado quanto aos quesitos: gesto, rendimento, diagrama, estilo e comodidade, sendo a pontuação dada como um todo e não especificamente para cada quesito. Porém, como houve mudanças nas proporções da pontuação da marcha e morfologia ao longo dos anos, foi feito um ajuste nas pontuações de marcha para colocá-las todas em uma única escala (0 a 100 pontos). Já as medidas morfométricas foram obtidas por meio de mensurações.

Para obtenção dos componentes principais utilizou-se o procedimento PRINCOMP do programa SAS (2002), em que o ponto de partida foi a matriz de correlação, em que as variáveis são padronizadas para média zero e variância igual a um. Optou-se pela utilização de uma matriz de correlação ao invés de uma matriz de covariância para amenizar possíveis discrepâncias acentuadas entre as variâncias e permitir as comparações entre os autovetores em um componente. A solução, utilizando-se a matriz de correlação, é recomendada quando as variáveis são medidas em escalas muito diferentes entre si, pois essa matriz é equivalente à matriz das variáveis padronizadas (JOHNSON & WICHERN, 1992), visto que as características lineares analisadas constam de avaliações métricas e a marcha por tabela de pontuação subjetiva. Foi adotado o critério da variância mínima explicada igual ou superior a 70% para reter os componentes principais.

A técnica de componentes principais, a partir da matriz de correlação, consiste em transformar um conjunto de p variáveis $X_1, X_2, \dots, X_p$ em um novo conjunto $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$, em que os Y 's apresentam as seguintes propriedades:

- I. Cada componente principal (Y_i) é uma combinação linear das variáveis padronizadas (X_j), ou seja:

$$Y_i = a_{i1}X_1 + a_{i2}X_2 + \dots + a_{ip}X_p = \sum_{j=1}^p a_{ij}X_j$$

onde a_{ij} são os autovetores, com $i = 1, 2, \dots, p$ e $\sum_{j=1}^p a_{ij}^2 = 1$.

- II. O primeiro componente principal, Y_1 , é tal que sua variância é máxima entre todas as combinações lineares de X . O segundo componente principal é não correlacionado com o primeiro e possui a segunda maior variância. Da mesma forma, definam-se os outros p componentes principais não correlacionados entre si, ou seja:

$$\text{Var}(Y_1) \geq \text{Var}(Y_2) \geq \dots \geq \text{Var}(Y_p)$$

- III. A cada componente principal Y_i existem p autovalores (λ) ordenados de forma que $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$.

- IV. As combinações lineares formadas são não-correlacionadas:

$$\text{Cov}(Y_1, Y_2) = \text{Cov}(Y_1, Y_3) = \dots = \text{Cov}(Y_{p-1}, Y_p) = 0$$

A importância relativa de um componente principal foi avaliada pela percentagem de variância total que ele explica, ou seja, a percentagem de seu autovalor em relação ao total dos autovalores de todos os componentes, que é dado por:

$$Y_i = \frac{\text{Var}(Y_i)}{\sum_{i=1}^p \text{Var}(Y_i)} \cdot 100 = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \cdot 100$$

O critério para descarte de variáveis utilizado foi baseado nas recomendações de Jolliffe (1972, 1973), que sugere que o número de variáveis descartadas deve ser igual ao número de componentes principais cuja variância (autovalor) é inferior a 0,7; e na sugestão de Regazzi (2002) o qual considera que a variável que apresentar o maior coeficiente em valor absoluto no componente principal de menor autovalor (menor variância), deverá ser menos importante para explicar a variância total e, portanto, passível de descarte. Assim, o processo de descarte consistiu em considerar o componente correspondente ao menor autovalor e rejeitar a variável associada ao maior coeficiente de ponderação (em valor absoluto). Então, o próximo menor componente foi avaliado. Esse processo continuou até que o componente associado ao autovalor inferior a 0,7 fosse considerado. A razão para isso é que variáveis altamente correlacionadas aos componentes principais de menor variância representam variação praticamente insignificante.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para os componentes principais, a partir da matriz de correlação, seus respectivos autovalores e as percentagens da variância total explicada por cada componente são apresentados na Tabela 1. Os seis primeiros componentes principais explicaram 78,57% da variação total dos dados, sendo os primeiros componentes associados aos maiores autovalores e restando assim, maior variância dos dados.

Tabela 1. Componentes principais (CP), autovalores (λ_i), percentagem da variância explicada pelos componentes (% VCP) e percentagem acumulada das características morfofuncionais

Componentes principais	λ_i	% VCP	% VCP (acumulada)
CP ₁	5,1454	39,58	39,58
CP ₂	1,4218	10,94	50,52
CP ₃	1,1318	8,71	59,23
CP ₄	0,9040	6,95	66,18
CP ₅	0,8753	6,73	72,91
CP ₆	0,7358	5,66	78,57
CP ₇	0,6500	5,00	83,57
CP ₈	0,5375	4,13	87,70
CP ₉	0,4726	3,64	91,34
CP ₁₀	0,4211	3,24	94,58
CP ₁₁	0,3630	2,79	97,37
CP ₁₂	0,2713	2,09	99,46
CP ₁₃	0,0700	0,54	100,00

Conforme pode ser observado na Tabela 1, sete componentes apresentaram autovalores menores que 0,7. De acordo com o critério de Jolliffe (1972, 1973), sete variáveis podem ser descartadas, pois além de o número de componentes que apresentaram autovalores menores que 0,7 ser sete, estas variáveis estão associadas a componentes de menor importância relativa e que explicam pouco da variabilidade dos dados. A baixa variabilidade de algumas características indica que elas contribuem pouco para a discriminação entre os indivíduos.

Assim, as sete variáveis que apresentaram maiores coeficientes de ponderação, em valor absoluto, a partir do último componente principal em direção ao primeiro, foram descartadas, conforme apresentado na Tabela 2. Como o perímetro do tórax já havia sido descartado no componente principal 11 (CP₁₁), optou-se por descartar, no componente principal 10 (CP₁₀), a segunda característica associada ao maior coeficiente de ponderação.

Estudos com espécies diferentes da considerada no presente trabalho têm sido conduzidos baseados no critério de Jolliffe (1972,1973) para descarte de variáveis. Muitos deles têm sido usados para características de produção e desempenho de aves e suínos (BARBOSA et al., 2005a; BARBOSA et al., 2005b; LEITE et al., 2009; YAMAKI et al., 2009).

Tabela 2. Coeficientes de ponderação das características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga Marchador com os componentes principais descartados em ordem de menor importância

Variáveis	Coeficientes						
	CP ₇	CP ₈	CP ₉	CP ₁₀	CP ₁₁	CP ₁₂	CP ₁₃
PM	-0,008441	-0,160406	0,049761	-0,006363	-0,005156	0,040904	0,025495
AC	-0,179291	0,039700	-0,241013	-0,038134	0,035852	0,226048	-0,742946
AG	-0,229578	0,021207	-0,285887	-0,176611	0,079722	0,302833	0,654815
CCa	-0,255405	-0,637959	0,181100	-0,102863	0,024918	-0,085216	-0,003611
CPe	0,280074	0,214078	0,626573	0,219704	0,012385	0,102363	0,071005
CD	-0,287399	0,318634	0,395462	0,073810	0,004559	0,110775	-0,046275
CG	-0,076314	0,422086	-0,001957	-0,418598	0,422286	0,093006	-0,025729
CE	-0,048383	0,263842	-0,332232	0,464722	-0,556973	-0,009461	0,073865
CC	0,002513	0,080660	-0,006578	-0,224559	-0,074982	-0,844358	0,016544
LC	0,491651	0,164384	-0,056075	-0,017110	0,105860	-0,101434	0,032224
LA	0,558600	-0,255412	0,045544	-0,357537	-0,334944	0,301489	-0,046025
PT	0,171550	-0,250558	-0,099013	0,575664	0,565953	-0,033006	0,028181
PC	-0,312172	-0,092650	0,387913	0,043400	-0,231678	0,039458	0,032562

PM – pontuação da marcha; AC – altura na cernelha; AG – altura na garupa; CCa – comprimento da cabeça; CPe – comprimento do pescoço; CD – comprimento do dorso; CG – comprimento da garupa; CE – comprimento da espádua; CC – comprimento do corpo; LC – largura da cabeça; LA – largura das ancas; PT – perímetro do tórax; PC – perímetro da canela.

Os resultados de Yamaki et al. (2009) para características de produção de aves de três linhagens fêmeas de corte, mesmo sendo com espécie diferente do presente estudo, se assemelham. Dos doze componentes principais, sete apresentaram variância (autovalor) menor que 0,7 descartando, assim, sete variáveis que apresentaram redundância com as demais.

Pela Tabela 2, as variáveis sugeridas para descarte foram, respectivamente, em ordem de menor importância para explicar a variação total: altura na cernelha (AC), comprimento do corpo (CC), perímetro do tórax (PT), comprimento da espádua (CE), comprimento do pescoço (CPe), comprimento da cabeça (CCa) e largura das ancas (LA), pois além de estarem associadas a componentes que explicam muito pouco da variabilidade dos dados, apresentaram correlação linear simples significativas com as demais, fornecendo pouca ou nenhuma informação adicional e se caracterizando, assim, pela redundância (Tabela 3).

Verifica-se, por exemplo, que a altura na cernelha (variável sugerida para descarte) é altamente correlacionada com a altura na garupa (0,9178); assim como o comprimento do corpo apresenta correlação alta com altura na garupa (0,7062). Este comportamento pode ser observado para as demais características passíveis de descarte.

Já as características recomendadas para trabalhos futuros foram: pontuação da marcha (PM), altura na garupa (AG), comprimento do dorso (CD), comprimento da garupa (CG), largura da cabeça (LC) e perímetro da canela (PC). Pode-se observar, pela Tabela 3, que estas variáveis apresentaram menor correlação entre si.

Tabela 3. Coeficientes de correlação de Pearson entre as características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga Marchador

	PM	AC	AG	CCa	CPe	CD	CG	CE	CC	LC	LA	PT	PC
PM	1,0000												
AC	0,0821	1,0000											
AG	0,0457	0,9178	1,0000										
CCa	-0,0053	0,4344	0,4248	1,0000									
CPe	0,0066	0,5155	0,4346	0,2685	1,0000								
CD	0,0662	0,1302	0,1963	0,2107	-0,1522	1,0000							
CG	0,1467	0,3590	0,3249	0,3156	0,3046	0,0050	1,0000						
CE	0,1328	0,5370	0,4692	0,4448	0,3497	0,1426	0,5606	1,0000					
CC	0,1333	0,7264	0,7062	0,3601	0,4653	0,1799	0,4420	0,5251	1,0000				
LC	0,0119	0,2395	0,2297	0,2387	-0,0058	0,3188	0,0040	0,1549	0,1377	1,0000			
LA	0,1052	0,4465	0,4503	0,3062	0,2897	0,1689	0,4014	0,4512	0,5831	0,1748	1,0000		
PT	0,1251	0,5486	0,5146	0,3291	0,3018	0,1626	0,4283	0,5154	0,5883	0,1391	0,5868	1,0000	
PC	0,0795	0,4215	0,3798	0,1602	0,1688	0,0198	0,3525	0,3089	0,4140	0,1158	0,3241	0,4364	1,0000

PM – pontuação da marcha; AC – altura na cernelha; AG – altura na garupa; CCa – comprimento da cabeça; CPe – comprimento do pescoço; CD – comprimento do dorso; CG – comprimento da garupa; CE – comprimento da espádua; CC – comprimento do corpo; LC – largura da cabeça; LA – largura das ancas; PT – perímetro do tórax; PC – perímetro da canela.

Para que um animal possa ser registrado na ABCCMM ele deverá obedecer a um padrão racial do qual consta de avaliações do seu exterior a partir de mensurações de características morfométricas além da avaliação do seu andamento segundo tabela de pontuação. Levando-se em conta que algumas características apresentam mútuas correlações, a análise de componentes principais tem se mostrado uma ferramenta útil para concentrar informações disponíveis em um número reduzido de conjunto. Assim, esta análise pode ser usada para verificar se a omissão de algumas características no sistema de registro de tais animais nas associações de raças pode ser justificada. Porém, o descarte da variável altura na cernelha só será recomendado para trabalhos de pesquisas, pois esta característica, para a ABCCMM é de importância para fins de registro, pois a altura fora dos padrões ideais

(medidas já pré-estabelecidas) é ponto de desclassificação para o registro genealógico definitivo dos animais.

Barbosa (1993) utilizou três métodos de análise multivariada, dentre eles a análise de componentes principais, para avaliar a importância das medidas lineares entre animais campeões e não-campeões da raça Mangalarga Marchador. As variáveis puderam ser reduzidas de doze para sete, sendo semelhante ao resultado encontrado no presente estudo. No caso de machos não campeões eliminou-se as seguintes variáveis: altura na cernelha, comprimento do corpo, comprimento da garupa, perímetro do tórax e comprimento da espádua. Para machos campeões as variáveis descartadas foram: altura na cernelha, comprimento da garupa, comprimento da espádua, largura das ancas e perímetro da canela.

A aplicação desta análise na espécie equina tem se mostrado eficiente em avaliar características que possam realmente discriminar os animais e usá-las em programas de seleção (BARBOSA, 1993; KASHIWAMURA et al., 2001; MISERANI et al., 2002; PINTO et al., 2005; SANTOS, 2006).

Conclusão

Tendo em vista os resultados obtidos, a análise de componentes principais se mostrou efetiva e permitiu o descarte de sete variáveis que apresentaram baixa variabilidade ou foram redundantes por estarem correlacionadas com as de maior importância. Assim, o menor número de variáveis necessárias para explicar a variação total resulta em economia de tempo e recursos em futuros trabalhos que utilizarão esta mesma base de dados, sem perda significativa de informação.

Referências Bibliográficas

- BARBOSA, C.G. **Estudo morfométrico na raça Mangalarga Marchador. Uma abordagem multivariada.** Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1993. 76p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 1993.
- BARBOSA, L.; LOPES, P.S.; REGAZZI, A.J. *et al.* Avaliação de características de carcaça de suínos utilizando-se a análise dos componentes principais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2209-2217, 2005a.
- BARBOSA, L.; LOPES, P.S.; REGAZZI, A.J. *et al.* Seleção de variáveis de desempenho de suínos por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.6, p.805-810, 2005b.

CRUZ, C.D; REGAZZI, A.J; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. 480p.

JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis**. 4. ed. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1998. 816p.

JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. I: Artificial data. **Applied Statistics**, v.21, n.2, p.160-173, 1972.

JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. II: Real data. **Applied Statistics**, v.22, n.1, p.21-31, 1973.

KASHIWAMURA, F.; AVGAANDORJ, A.; FURUMURA, K.; Relationships among body size, conformation, and racing performance in Banei Draft racehorses. **Journal of Equine Science**, v.12, n.1, p.1-7, 2001.

LEITE, C.D.S.; CÔRREA, G.S.S.; BARBOSA, L. *et al.* Análise de características de desempenho e de carcaça de codornas de corte por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.2, p.498-503, 2009.

MANLY, B.F.J. **Métodos estatísticos multivariados**: uma introdução. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 229p.

MISERANI, M.G.; McMANUS, C.; SANTOS, S.A. *et al.* Avaliação de fatores que influem nas medidas lineares do cavalo Pantaneiro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.335-341, 2002.

MORRISON, D.F. **Multivariate Statistical Methods**. 4. ed. Australia: Brooks/Cole Thomson Learning, 2005. 469p.

PINTO, L.F.B.; ALMEIDA, F.Q.; AZEVEDO, P.C.N. *et al.* Análise multivariada das medidas morfométricas de potros da raça Mangalarga Marchador: Análise Fatorial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.613-626, 2005.

REGAZZI, A. J. **Análise multivariada**: notas de aula. Viçosa: UFV, 2002.

SAS, 2002. **SAS Software: versão 9.0**. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.

SANTOS, L.M. **Morfologia e genética do cavalo Campolina**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2006. Dissertação (Mestrado em Genética) Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

YAMAKI, M.; MENEZES, G.R.O.; PAIVA, A.L.C. *et al.* Estudo de características de produção de matrizes de corte por meio da análise de componentes principais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.1, p.227-231, 2009.

CAPÍTULO 2 – AVALIAÇÃO GENÉTICA DAS CARACTERÍSTICAS MORFOFUNCIONAIS DE CAVALOS DA RAÇA MANGALARGA MARCHADOR

RESUMO – Dados de 14288 animais da raça Mangalarga Marchador, nascidos de 1990 a 2005, foram utilizados para estimar parâmetros genéticos das seguintes características morfofuncionais: pontuação da marcha, altura na garupa, comprimento do dorso, comprimento da garupa, largura da cabeça e perímetro da canela. O grupo de contemporâneos para as características foi definido como sexo, mês e ano de nascimento e restringiu-se que cada grupo deveria conter, no mínimo, quatro informações. Os modelos incluíram efeito genético aditivo direto, efeitos fixos de grupo de contemporâneos e idade do animal ao registro (efeito linear). Os componentes de variância foram estimados pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML), em análises multicaracterísticas incluindo todas as características simultaneamente. Foram encontradas altas estimativas de herdabilidade (h^2) para as características morfofuncionais que variaram de 0,66 (0,03) a 0,94 (0,02) indicando que estas características podem responder de forma satisfatória ao processo de seleção promovendo ganhos genéticos rápidos. Foram encontradas correlações genéticas e fenotípicas de moderadas a ausentes e discretas tendências genéticas ao longo dos anos para maior parte das características avaliadas. Porém, apesar das baixas correlações entre pontuação da marcha e as características morfométricas, a morfologia do animal é importante para a harmonia do andamento e para a manutenção do padrão da raça.

Palavras-chave: andamento, correlação, herdabilidade, equino

GENETIC QUANTITATIVE STUDY OF MORPHOFUNCTIONAL TRAITS IN MANGALARGA MARCHADOR HORSE.

ABSTRACT- Data from 14,288 animals Mangalarga Marchador born from 1990 to 2005 were used to estimate genetic parameters of the following morphofunctional traits: marcha score, height at croup, length of back, length of croup, width of head and cannon bone circumference. The contemporary group for the morphofunctional traits was defined as sex, month and year of birth and restricted that each group should contain at least four information. The model included direct genetic effect, fixed effects of contemporary group and age of the animal to record (linear effect). Variance components were estimated by Restricted Maximum Likelihood (REML) in trait analysis. High heritability estimates (h^2) for the morphofunctional characteristics were found, ranging from 0.66 (0.03) 0.94 (0.02), indicating that these characteristics may respond satisfactorily to the selection process by promoting rapid genetic gains. Genetic and phenotypic correlations of moderate to absent and discrete genetic trends over the years for most traits were found. But despite the low correlations between the marcha score and the morphometric traits, the morphology of the animal is important for the harmony of gait and to maintain the breed standard.

Keywords: correlation, equine, gait, heritability

Introdução

A morfologia tem grande importância em programas de melhoramento genético em eqüinos, não apenas por seu interesse econômico, mas também pela relação funcional com o desempenho dos animais em suas diferentes atividades. A perfeição das características morfológicas está intrinsecamente relacionada às suas funções, exigindo avaliações morfométricas, através de avaliações de medidas lineares e angulares além das pontuações por escores, indicando a qualidade de movimentos e desempenho.

A partir da formação de banco de dados pelo serviço de registro genealógico das associações de criadores, contendo avaliações das características morfométricas e funcionais dos reprodutores, matrizes e progênes, por técnicos credenciados, é possível determinar parâmetros genéticos que possibilitem estabelecer programas de seleção e melhoramento genético (MARKS, 2001 citado por LAGE, 2001).

Sendo assim, é importante determinar se as mudanças ocorridas na população têm realmente um componente genético ou se aparecem como consequência de outros fatores, como nutrição, sanidade, clima, etc, podendo ser feita esta distinção através da estimação dos parâmetros genéticos e da resposta à seleção para as características de interesse.

As estimativas de herdabilidade das medidas corporais de equinos encontradas na literatura são, em grande parte, da mesma magnitude, variando de estimativas médias a altas. (ÁRNASON, 1984; MOTA & GIANNONI, 1994; ZAMBORLINI et al., 1996; COSTA, et al., 1998; MOLINA et al., 1999; MISERANI et al., 2002; PRADO & MOTA, 2008b).

Já para o andamento, a maioria dos estudos são referentes às raças estrangeiras, sendo uma área com grande potencial para pesquisas, uma vez que a determinação das relações entre conformação e desempenho estão diretamente relacionados ao valor econômico dos animais e à sua função. Para as raças nacionais podem-se citar os trabalhos de Mota & Giannoni (1994), Mota et al. (2006) e Prado & Mota (2008a) ambos para a raça Mangalarga.

Segundo Lage (2001) a morfozootecnia do cavalo marchador deve proporcionar durante sua locomoção comodidade, estilo, rendimento, gesto de marcha e regularidade, itens que caracterizam e qualificam seu desempenho. Assim, torna-se importante o conhecimento dos parâmetros genéticos como herdabilidades e correlações entre as características morfométricas e pontuação de marcha para se obterem valores genéticos mais precisos e acurados, para que estes possam ser utilizados como ferramentas na orientação dos acasalamentos vislumbrando animais mais equilibrados e harmoniosos em sua morfologia,

convergingo em um melhor andamento, ou seja, um verdadeiro cavalo Mangalarga Marchador.

Objetivou-se com este trabalho estimar os parâmetros genéticos, herdabilidade e correlações genéticas e fenotípicas e tendências genéticas das características morfofuncionais: pontuação da marcha (PM), altura na garupa (AG), comprimento do dorso (CD), comprimento da garupa (CG), largura da cabeça (LC) e perímetro da canela (PC), de cavalos da raça Mangalarga Marchador.

Material e Métodos

Foram utilizados dados do arquivo zootécnico da Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Mangalarga Marchador (ABCCMM) com as seguintes informações: registro e data de nascimento do animal; registro do pai; registro da mãe; data do registro do animal e as medidas morfométricas: altura na cernelha, altura na garupa, comprimento da cabeça, comprimento do pescoço, comprimento do dorso, comprimento da garupa, comprimento da espádua, comprimento do corpo, largura da cabeça, largura das ancas, perímetro do tórax, perímetro da canela; e a pontuação da marcha.

Com o estudo de Meira (2010) foi possível descartar variáveis que se caracterizaram pela redundância, através da análise de componentes principais. Assim, as características de pontuação da marcha (PM), altura na garupa (AG), comprimento do dorso (CD), comprimento da garupa (CG), largura da cabeça (LC) e perímetro da canela (PC) foram submetidas à análise genética quantitativa multicaracterística para estimação dos seus parâmetros genéticos.

Para registro definitivo na associação, os animais foram submetidos a exame zootécnico a partir dos 36 meses de idade, do qual consta a mensuração e avaliação quanto à morfologia e andamento, de acordo com a determinação do padrão racial. Segundo este padrão aprovado pelo conselho deliberativo técnico da ABCCMM e pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, para fins de registro definitivo na associação, o animal deverá obter, no mínimo, 50% dos pontos de expressão/caracterização e de andamento.

A pontuação do andamento característico desta raça, marcha batida ou picada, foi obtida por avaliação visual e montado quanto aos quesitos: gesto, rendimento, diagrama, estilo e comodidade, sendo dada como um todo e não especificamente para cada quesito. Porém, como houve mudanças nas proporções da pontuação da marcha e morfologia ao longo

dos anos, foi feito um ajuste nas pontuações de marcha para colocá-las todas em uma única escala (0 a 100 pontos). Já as medidas morfométricas foram obtidas por meio de mensurações.

Os dados foram previamente analisados para se estudar os fatores não genéticos que influenciam as características em questão, e identificar aqueles com efeitos significativos. As análises foram conduzidas pelo método dos quadrados mínimos, usando-se o procedimento GLM (General Linear Models) do programa estatístico SAS (2002), determinando assim os efeitos fixos, sexo, mês e ano de nascimento que constituíram o grupo de contemporâneo, e a covariável idade do animal ao registro (efeito linear) a serem incluídos nos modelos para as análises genéticas.

Foram eliminados os animais que não continham informações completas para as características e/ou grupos de contemporâneos com menos de quatro informações, gerando o arquivo final que constituiu de 14288 animais, filhos de 10951 éguas e 2667 garanhões, distribuídos em 129 grupos contemporâneos, nascidos entre anos de 1990 a 2005.

Os componentes de (co)variância necessários à estimação dos parâmetros genéticos das características estudadas foram, estimados pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML) utilizando-se o *software* WOMBAT (Meyer, 2006). O modelo animal multicaracterística analisando todas as seis características simultaneamente incluiu efeito genético aditivo direto, como aleatório, e os efeitos fixos de grupos contemporâneos e covariável. Para todas as análises foi utilizado um arquivo de pedigree, obtido através do programa RelaX2 (Strandén & Vuori, 2006), contendo informação do animal, pai e mãe, totalizando 19.429 animais na matriz de parentesco.

Em termos matriciais, o modelo geral utilizado pode ser descrito como:

$$\underset{\sim}{y} = \underset{\sim}{X} \underset{\sim}{b} + \underset{\sim}{Z} \underset{\sim}{a} + \underset{\sim}{e}$$

em que:

$\underset{\sim}{y}$ = vetor de observações das características morfofuncionais dos indivíduos;

$\underset{\sim}{X}$ = matriz de incidência dos efeitos fixos;

$\underset{\sim}{b}$ = vetor de efeitos fixos contendo grupo de contemporâneos e a covariável idade ao registro;

$\underset{\sim}{Z}$ = matriz diagonal de incidência dos valores genéticos;

$\underset{\sim}{a}$ = vetor dos efeitos aleatórios genéticos aditivos;

$\underset{\sim}{e}$ = vetor de efeito residual.

Admitindo-se que $\tilde{y}$ tem distribuição normal multivariada, com vetor de médias $\mu = E(y) = Xb$ e que a esperança dos efeitos aleatórios são iguais a zero:

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} \sim \left\{ \begin{bmatrix} Xb \\ \phi \\ \phi \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} ZGZ' + R & ZG & R \\ GZ' & G & \phi \\ R & \phi & R \end{bmatrix} \right\},$$

A matriz de variâncias e covariâncias, para os efeitos aleatórios, é dada por:

$$\text{Var}(\tilde{y}) = ZGZ' + R;$$

As matrizes G e R são dadas por:

$$G = A \otimes G_0 = A \otimes \begin{bmatrix} \sigma_{g1}^2 & \cdots & \sigma_{g1n} \\ \vdots & \ddots & \sigma_{g2n} \\ \sigma_{gn1} & \sigma_{gn2} & \sigma_{gn}^2 \end{bmatrix};$$

$$R = I \otimes R_0 = I \otimes \begin{bmatrix} \sigma_{R1}^2 & \cdots & \sigma_{R1n} \\ \vdots & \ddots & \sigma_{R2n} \\ \sigma_{Rn1} & \sigma_{Rn2} & \sigma_{Rn}^2 \end{bmatrix},$$

em que:

subscritos de 1 a n se referem às características avaliadas;

G_0 = matriz de (co)variância genética aditiva;

R_0 = matriz de (co)variância residual;

A = matriz dos coeficientes de parentesco de Wright entre os indivíduos;

I = matriz identidade;

$\otimes$ = operador de produto direto.

Resultados e Discussão

Um resumo da estatística descritiva das características morfofuncionais medidas em cavalos Mangalarga Marchador é mostrado na Tabela 1. Os valores médios das características de conformação assemelham-se aos encontrados por Zamborlini et al. (1996), e se encontram dentro dos padrões da raça. Já a pontuação da marcha não foi passível de comparação devido à escassez de trabalhos referentes ao andamento desta raça.

Tabela 1. Resumo da estrutura de dados, número de animais (N), médias, desvios padrão (DP) e coeficientes de variação (CV%) das características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga Marchador

Característica	N	Médias	DP	CV%
Pontuação da marcha (%)	14288	70,2694	8,8900	11,0797
Altura da garupa (cm)	14288	146,1725	3,2039	1,8989
Comprimento do dorso (cm)	14288	50,3219	3,6594	5,2550
Comprimento da garupa (cm)	14288	51,5430	2,8560	4,6513
Largura da cabeça (cm)	14288	19,8725	0,9571	3,7503
Perímetro da canela (cm)	14288	17,8507	0,7929	3,6309

Quanto ao coeficiente de variação (CV%) foi possível observar que nenhuma das medidas morfométricas teve uma grande dispersão. Somente a pontuação da marcha foi a de maior variabilidade, por ser uma medida tomada subjetivamente por vários técnicos; o que também foi observado por PRADO & MOTA (2008a) para o deslocamento de cavalos Mangalarga, os quais relataram coeficiente de variação de 8,71%. A medida de AG foi a que apresentou maior homogeneidade, o que pode ser explicado pelo fato de as variáveis de altura terem um padrão estipulado como ideal, não devendo variar muito em função deste e também por apresentar facilidade em sua mensuração. Já o comprimento do dorso apresentou maior variabilidade em comparação com as outras medidas de conformação; o que pode ser explicado por gerar imprecisão por parte dos técnicos pelos seus limites serem de difícil definição.

As estimativas de herdabilidade para as características analisadas, obtidas por meio de análises multicaracterísticas são apresentadas na Tabela 2. Estas apresentaram, em geral, valores altos, indicando alta variabilidade genética aditiva e a existência de um potencial de melhoramento da morfologia e do andamento da raça. Contudo, esta estimativa elevada da pontuação da marcha, deve ser vista com cautela, pois trata-se de dados subjetivos de pontuação. Mas, por outro lado, ao acasalar animais marchadores, o produto resultante expressa fenótipo favorável, evidenciando que os efeitos de ambientes, incluindo doma, treinamento, equitação, ferrageamento, que sabidamente exercem influência, não são determinantes para que um animal possa ser um exímio marchador.

Tabela 2. Estimativas de herdabilidade (h^2) e seus respectivos erros-padrões das características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga Marchador

Característica	Herdabilidade	Erro padrão
Pontuação da marcha	0,66	0,03
Altura da garupa	0,70	0,03
Comprimento do dorso	0,94	0,02
Comprimento da garupa	0,72	0,03
Largura da cabeça	0,81	0,02
Perímetro da canela	0,68	0,03

A literatura disponível sobre estimativas de parâmetros genéticos de andamento das raças eqüinas nacionais é bastante escassa. Podem-se citar os trabalhos de Mota & Giannoni (1994) que estimaram herdabilidade, através de correlação intra-classe de meio irmãos paternos, de 0,50 para andamento (obtido por meio de tabelas de pontuações) da raça Mangalarga; e, os trabalhos de Mota et al. (2006) e Prado & Mota (2008a) também para a mesma raça, relataram herdabilidade de 0,27 e 0,26, respectivamente, por inferência bayesiana. Com relação às raças estrangeiras, Molina et al. (1999) estimaram herdabilidade de 0,15 para andamento de cavalos da raça Andaluz, por meio da metodologia da máxima verossimilhança restrita (REML). Já Olsson et al. (2000) encontraram valores moderados de herdabilidade para os andamentos passo, trote e galope, respectivamente, 0,46, 0,37 e 0,39 para garanhões da raça Swedish Warmblood.

Para características de conformação, os resultados encontrados no presente estudo se assemelham aos de outros autores. Mota & Giannoni (1994) estudando a raça Mangalarga, encontraram herdabilidades, estimadas através de correlação intra-classe de meio irmãos paternos variando de moderadas (0,44 para a garupa) a altas (0,75 para o pescoço). Zamborlini et al. (1996) estimaram herdabilidades de 0,40 (perímetro do tórax) a 0,80 (comprimento do dorso) para a raça Mangalarga Marchador através do método III de Henderson. Costa et al. (1998) estudando pôneis da raça Brasileira encontraram valores de herdabilidades, variando de médios (0,25 para comprimento do pescoço) a altos (0,53 para altura na cernelha e na garupa). Outros autores também encontraram amplitudes de estimativas variando de moderadas a altas (MOLINA et al., 1999; MISERANI et al., 2002; SANTOS, 2006; PRADO & MOTA, 2008b) respectivamente em cavalos Andaluz, Pantaneiro, Campolina e Mangalarga.

Características relacionadas ao crescimento, ou seja, características anatômicas são de altas herdabilidades, pois são menos importantes como determinantes do valor seletivo natural, diferentemente de características reprodutivas, que apresentam baixas herdabilidades,

pois estão intimamente ligadas com a adaptação reprodutiva e seleção natural (FALCONER, 1987).

Com isso, a seleção com base nos valores genéticos preditos, que apresentam acurácia considerável devido às características aqui analisadas terem apresentado herdabilidades elevadas, podem propiciar ganhos genéticos relevantes para a raça. Observa-se também que estas características apresentam baixa dependência do ambiente. Contudo, a seleção na raça até o momento não usufrui das diferenças esperadas na progênie (DEP's), ferramenta da qual a seleção de outras espécies de interesse econômico tem sido amplamente utilizada. Todavia, a raça tem evoluído em qualidade de andamento, baseado numa seleção fenotípica associada com uma seleção por pedigree, o que pode ser verificado pela Figura 1.

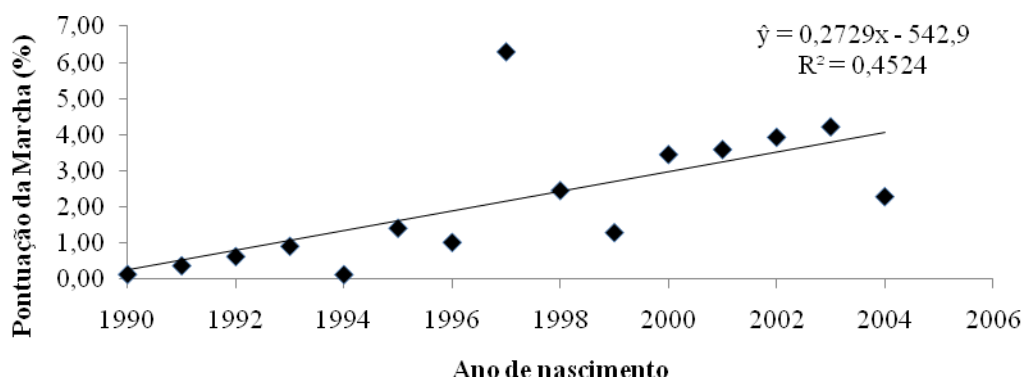


Figura 1- Tendência genética do efeito genético direto para pontuação da marcha de cavalos da raça Mangalarga Marchador, no período de 1990 a 2006.

No geral, observa-se ocorrência de tendência genética favorável para quase todas as características morfométricas avaliadas (Figuras 2, 3, 4), promovendo ganhos genéticos durante os anos, exceto para comprimento da garupa e perímetro da canela (Figuras 5 e 6), em que não houve progresso genético ao longo dos anos.

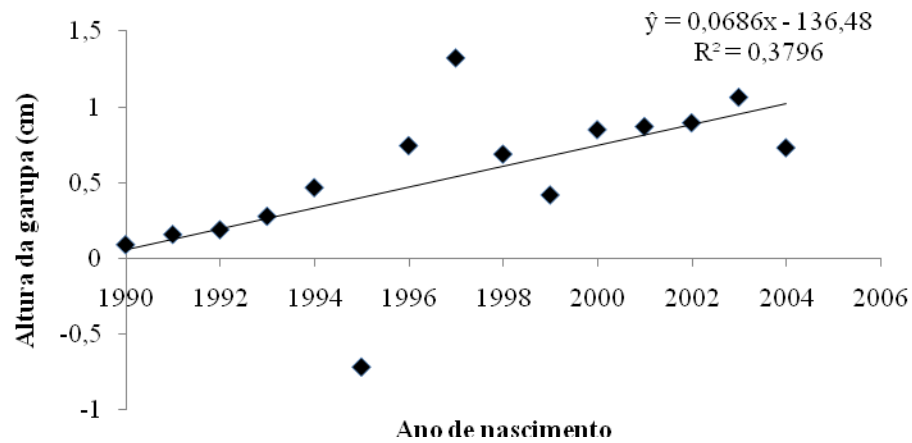


Figura 2- Tendência genética do efeito genético direto para altura da garupa de cavalos da raça Mangalarga Marchador, no período de 1990 a 2006.

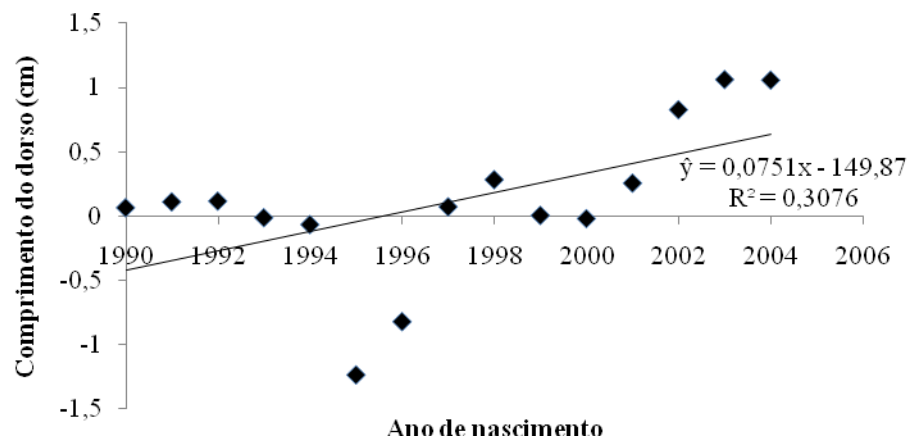


Figura 3- Tendência genética do efeito genético direto para comprimento do dorso de cavalos da raça Mangalarga Marchador, no período de 1990 a 2006.

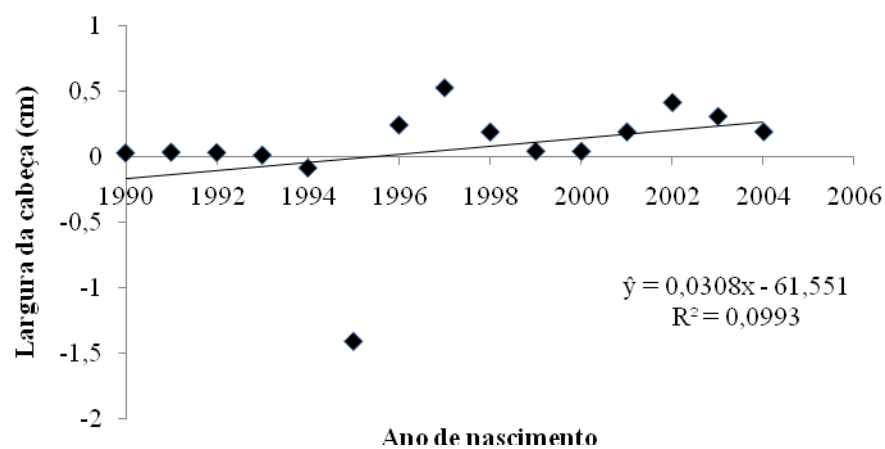


Figura 4- Tendência genética do efeito genético direto para largura da cabeça de cavalos da raça Mangalarga Marchador, no período de 1990 a 2006.

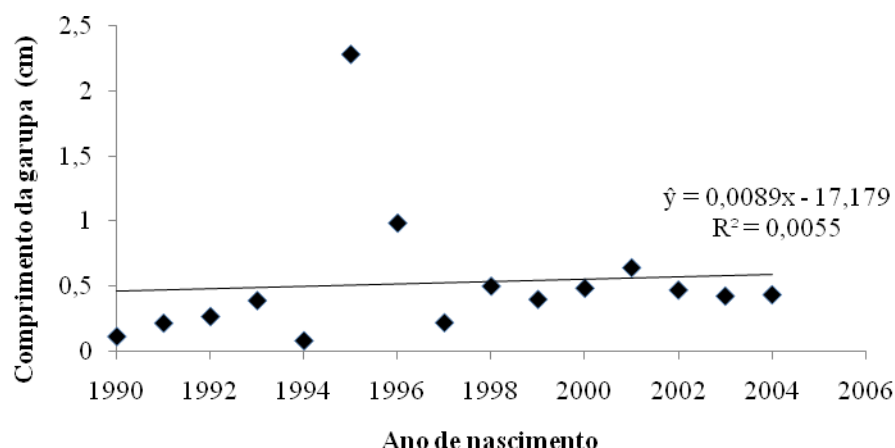


Figura 5- Tendência genética do efeito genético direto para comprimento da garupa de cavalos da raça Mangalarga Marchador, no período de 1990 a 2006.

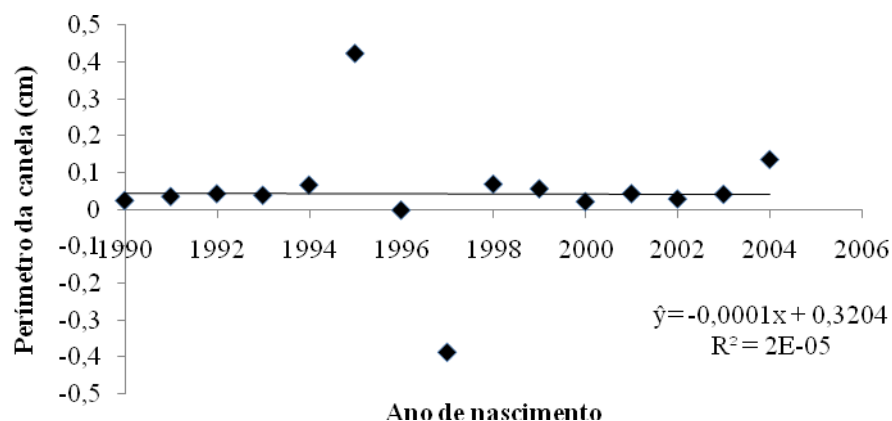


Figura 6- Tendência genética do efeito genético direto para perímetro da canela de cavalos da raça Mangalarga Marchador, no período de 1990 a 2006.

As correlações genéticas entre as características morfométricas se caracterizaram desde ausência de correlação a moderadas correlações (Tabela 3), sendo que no geral, estas respondem à seleção, conforme evidenciado pelos valores de herdabilidade (Tabela 2). A maior correlação (0,40) foi entre perímetro da canela (PC) e comprimento da garupa (CG) indicando moderada tendência de animais geneticamente superiores para perímetro apresentarem valores genéticos superiores para comprimento. Associação genética inferior foi encontrada por Zamborlini et al. (1996) em cavalos da mesma raça (0,17). Já Costa et al. (1998) obtiveram estimativas de correlações genéticas de medidas lineares de pôneis da raça Brasileira, por meio da metodologia da máxima verossimilhança restrita, de moderadas a altas.

Correlação negativa entre largura da cabeça e comprimento da garupa e próxima de zero entre comprimento do dorso e comprimento da garupa também foi encontrado por Zamborlini et al. (1996), que estimaram valores de -0,05 a -0,03, respectivamente.

Tabela 3. Correlações genéticas entre as características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga Marchador

Características	AG	CD	CG	LC	PC
PM	0,02	0,10	0,17	0,00	0,12
AG		0,24	0,34	0,21	0,36
CD			0,00	0,36	0,11
CG				-0,11	0,40
LC					0,00

PM- pontuação da marcha; AG- altura da garupa; CD- comprimento do dorso; CG- comprimento da garupa; LC- largura da cabeça; PC- perímetro da canela.

Já as correlações entre a pontuação da marcha e as medidas lineares foram de baixas intensidades. Resultados diferentes foram encontrados por Molina et al. (1999), que relataram correlação de 0,55 entre características de conformação e deslocamento em cavalos Andaluz; e por Prado & Mota (2008a) que também estimaram média de correlação de 0,55 em animais Mangalarga. Porém estes autores avaliaram a conformação do animal como um todo, de forma subjetiva, através de tabelas de pontuações. Altas correlações genéticas foram encontradas por Olsson et al. (2000) entre todos os andamentos de cavalos da raça Swedish Warmblood , sendo a mais elevada entre trote e galope (0,71).

A correlação genética, originada pela pleiotropia, expressa a forma como duas características são influenciadas pelos mesmos genes, mas a correlação resultante desse fenômeno expressa o efeito final de todos os genes que estão segregando e que interferem em ambas as características (FALCONER, 1987). Para algumas características estudadas, como por exemplo, comprimento da garupa e perímetro da canela, o efeito final da ação dos genes será de aumentar o desempenho em cada uma delas, indicando que a seleção para o aumento de uma acarretará melhoria na outra, promovendo o melhoramento em ambas, simultaneamente. Mas, no geral, as correlações estimadas no presente estudo mostram que, selecionando o cavalo Mangalarga Marchador para uma característica, não necessariamente terá uma resposta desejada nas outras características de interesse. Porém, apesar das baixas correlações entre pontuação da marcha e as características morfométricas, a morfologia do animal é importante para a harmonia do andamento e para a manutenção do padrão da raça.

Na Tabela 4 são apresentadas as correlações fenotípicas entre as características morfofuncionais. Estas foram relativamente baixas, encontrando também ausência de correlação.

Tabela 4. Correlações fenotípicas entre as características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga Marchador

Características	PM	AG	CD	CG	LC
AG	0,03				
CD	0,03	0,23			
CG	0,15	0,31	0,09		
LC	0,00	0,19	0,30	0,03	
PC	0,08	0,31	0,09	0,31	0,08

PM- pontuação da marcha; AG- altura da garupa; CD- comprimento do dorso; CG- comprimento da garupa; LC- largura da cabeça; PC- perímetro da canela.

A maior correlação entre a pontuação da marcha e as medidas morfométricas foi com o comprimento da garupa (0,15). Prado & Mota (2008a) encontraram maior estimativa de correlação entre deslocamento de cavalos Mangalarga, avaliado por tabela de pontuação, com a garupa (0,31). Para as outras regiões corporais estudadas (cabeça, pescoço, tronco e paleta, também avaliadas por pontuações) estes autores encontraram estimativas variando de 0,24 a 0,32, indicando que os animais com maiores pontuações para deslocamento têm ligeira tendência de apresentar maiores pontuações nas características de conformação.

As baixas correlações fenotípicas entre as características indicam independência entre elas, de modo que os fatores genéticos e ambientais que influem em uma delas têm baixa relação com os que interferem na outra.

Conclusão

As altas estimativas de herdabilidade para as características morfofuncionais indicam a existência de variabilidade genética aditiva entre os animais e que, a seleção pode alcançar resultados consideráveis para o melhoramento da morfologia e do andamento da raça.

Mesmo as correlações genéticas entre as características avaliadas tendo-se apresentado de baixas a moderadas estimativas, deve-se considerar que a harmonia entre as medidas morfométricas e estas com o andamento é de extrema importância para a raça, assim, os critérios de seleção visando melhor qualidade de marcha e padrão racial, deve envolver, além da pontuação da marcha também as demais medidas morfométricas.

As tendências genéticas ao longo dos anos foram discretas para maior parte das características avaliadas.

Referências Bibliográficas

ÁRNASON, T. Genetic studies on conformation and performance of Icelandic Toelter Horse. **Acta Agriculturae Scandinavica**, v.34, p.409-427, 1984.

COSTA, M.D.; BERGAMANN, J.A.G.; PEREIRA, C.S. *et al.* Avaliação dos fatores genéticos e de ambiente que interferem nas medidas lineares dos pôneis da raça brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.3, p.491-497, 1998.

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

LAGE, M.C.G.R. **Caracterização morfométrica, dos aprumos e do padrão de deslocamento de eqüinos da raça Mangalarga Marchador e suas associações com a qualidade da marcha**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. 114p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2001.

MISERANI, M.G.; McMANUS, C.; SANTOS, S.A. *et al.* Heritability estimates for biometric measures of the pantaneiro horse. **Archivos de Zootecnia**, v.51, n.193-194, p.107-112, 2002.

MEYER, K. **WOMBAT**: a program for mixed model analyses by restricted maximum likelihood. Users note: Animal Genetics and Breeding Unit. Armidale, 2006.

MEIRA, C.T. **Seleção de características morfofuncionais de cavalos da raça Mangalarga Marchador por meio da análise de componentes principais**. 2010. 48p. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2010.

MOLINA, A.; VALERA, M.; SANTOS, R. *et al.* Genetic parameters of morphofunctional traits in Andalusian horse. **Livestock Production Science**, v.60, p.295-303, 1999.

MOTA, M.D.S.; GIANNONI, M.A. Efeitos genéticos e de ambiente sobre alguns caracteres de conformação e locomoção em eqüinos da raça Mangalarga. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.89, n.512, p.192-196, 1994.

MOTA, M.D.S.; PRADO, R.S.A.; FERREIRA, D.F.M.G. Estimativa de parâmetros genéticos para o deslocamento em cavalos da raça Mangalarga. **Archivos de Zootecnia**, v.55, n.210, p.207-210, 2006.

OLSSON, E.G.; ÁRNASON, T.; NÄSHOLM, A. *et al.* Genetic parameters for traits at performance test of stallions and correlations with traits at progeny tests in Swedish warmblood horses. **Livestock Production Science**, v.65, p.81-89, 2000.

PRADO, R.S.A.; MOTA, M.D.S. Correlações genéticas entre deslocamento e conformação em equinos Mangalarga. **Archivos de Zootecnia**, v.57, p.165-169, 2008a.

PRADO, R.S.A.; MOTA, M.D.S. Genetic parameters for biometric traits in Mangalarga horses. **Revista Electrónica de Veterinaria**, v.9, p.1-15, 2008b.

SANTOS, L.M. **Morfologia e genética do cavalo Campolina**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2006. 48p. Dissertação (Mestrado em Genética) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

SAS STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **User's guide: Statistics**. Version 9.0, NC; SAS Institute, 2002.

STRANDÉN, I.; VUORI, K. 2006. RelaX2: Pedigree Analysis Program. **In: Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, August 13-18, 2006, Belo Horizonte, MG, Brasil.

ZAMBORLINI, L.C; BERGMANN, J.A.G.; PEREIRA, C.S. *et al.* Estudo genético quantitativo das medidas lineares da raça Mangalarga Marchador –I. Estimativas dos fatores de ambiente e parâmetros genéticos. **Revista Brasileira de Ciência veterinária**, v.3, n.2, p.33-37, 1996.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A raça Mangalarga Marchador é altamente valorizada por apresentar um andamento marchado que promove comodidade ao usuário. Este andamento em harmonia com a conformação do animal promove altos ganhos econômico na criação, pois atualmente é uma raça de grande aceitação nacional para esporte e lazer.

Assim, é necessário realizar mais pesquisas, com análises multivariadas e genéticas, para as características morfofuncionais como, as medidas corporais, tanto lineares quanto angulares do animal, associadas com andamento, devido à relação existente entre morfologia e função a que se destina. Contudo, neste estudo as evidências de relação genéticas entre tais medidas com marcha não tenha ficado tão caracterizado, a harmonia entre tais características é importante para o padrão racial e valorização destes aspectos por parte dos criadores.

Definindo-se a importância de cada característica, considerando a magnitude das estimativas dos parâmetros genéticos para as mesmas, seria conveniente a utilização de índices de seleção para um programa de melhoramento genético da raça Mangalarga Marchador.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)