

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

**ESTRUTURA POPULACIONAL E DIVERSIDADE GENÉTICA**  
**DA RAÇA ÁRABE NO BRASIL**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**LUCIANO DA ROSA LEAL**

**Uruguaiana, RS, Brasil**

**2015**

**LUCIANO DA ROSA LEAL**

**ESTRUTURA POPULACIONAL E DIVERSIDADE GENÉTICA  
DA RAÇA ÁRABE NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação *Stricto sensu em Ciência Animal*, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Luiz Ernani Henkes

**Uruguaiana, RS, Brasil**

**2015**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por sua presença e palavra, que na escritura dos Provérbios ensinou: “Prepara-se o cavalo para o dia da batalha, mas é do Senhor que depende a vitória” (Pr 21, 31).

A minha família, especialmente à esposa Márcia e aos filhos, Manuela, Artur e Lucas, pelo apoio e cumplicidade, que se tornaram combustíveis fundamentais para esta caminhada, dando um sentido além do pessoal a todo esforço realizado, muitas vezes, às custas de privações de momentos essenciais.

Ao meu orientador, Prof. Luiz Henkes, pela oportunidade, pela afinidade e pela disponibilidade que, mesmo em todas as contingências foi um grande idealizador de possibilidades e um grande entusiasta, colaborando sobremaneira e decisivamente para que os objetivos pudessem ser alcançados.

A minha chefia profissional, CAP Aline Soster, e companheiros de trabalho, pelo permanente apoio, ao cobrirem, por vezes, minhas funções laborativas para que fosse possível chegar até aqui.

Ao Sr. César Piffero Monteiro e Mário Piffero Monteiro Filho, pela gentileza e confiança ao se colocarem como mediadores com a Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Árabe, viabilizando o projeto.

À Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Árabe, especialmente nas pessoas da Sra. Cristina P. Treu e do Sr. Fábio A. Amorosino, pela disponibilização da base de dados do arquivo genealógico da raça Árabe, possibilitando a realização deste trabalho.

Ao Prof. Mário Brum, então coordenador do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, por sua disponibilidade e corresponsabilidade muito bem assumida, contribuindo no monitoramento de cada passo desta jornada.

Aos Profs. e colaboradores do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Matheus Sudano, Fernando Mesquita, Francielli Cibir, Eduardo Bohrer, Ricardo Oaigen, pelo nível de suas docências, educação e urbanidade, possibilitando um ambiente de trabalho integrado e agradável, que muito anima o progresso humano e científico.

À colega Thais Lopa, pelo apoio e camaradagem ao longo deste percurso.

À Profa. Lisete Menna Barreto, por suas fundamentais aulas de inglês.

Aos Profs. Ricardo Gunski e Analía Garnero, do Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da UNIPAMPA, pela oportunidade de realização dos créditos e pela orientação.

À Srta. Yza Cruz, pela prestimosa colaboração na área de informática.

“O sangue do cavalo árabe deve entrar na composição das raças equinas, como o manganês na composição do aço: sem o sangue árabe não há cavalo e sem o manganês não há o aço.”

José de Assis Brasil

# ESTRUTURA POPULACIONAL E DIVERSIDADE GENÉTICA DA RAÇA ÁRABE NO BRASIL

## RESUMO

Reconhecida como uma das raças equinas mais antigas e influentes, o cavalo Árabe tem sua origem indefinida e supostamente heterogênea, a partir dos resultados de estudos de DNA-mitocondrial, que apontaram importante diversidade genética. Considerando o contexto dos desafios ecológicos a que as espécies são submetidas, tais como competição, predação, patologias e outros, a diversidade genética é fundamental na sua adaptação e evolução. Sua avaliação dentro da população é necessária durante a implementação do programa de seleção para estabelecer uma gestão apropriada do estoque genético, sendo determinada pelo tamanho da população base, mas também pelas estratégias de acasalamento. A análise genética de uma população pode ser levada a termo utilizando-se informação genealógica ou molecular. No caso do presente estudo, seu objetivo foi avaliar a diversidade genética do cavalo Árabe no Brasil, através das informações genealógicas contidas do Stud Book Brasileiro do Cavalo Árabe. Foram utilizados os dados de 54506 animais, cuja consistência de seus pedigrees foi avaliada pelo programa Breed Mate Pedigree Software<sup>®</sup> e os parâmetros populacionais determinados pela análise com o programa Poprep. A idade média dos machos e fêmeas em reprodução foi, respectivamente, 9,8 e 9,0 anos. A rotatividade de éguas em reprodução pode ser considerada alta (59,02%) e o intervalo médio de gerações ao longo do tempo considerado foi de 9,1 anos. Para a análise da endogamia foram definidas 11 classes com intervalos de 5%, onde 4,32% da população correspondeu a níveis acima dos 10%. A média F de endogamia encontrada para a população foi de 1,98%, considerando-se os dados de ancestrais desde 1808, e 2,90%, considerando-se os dados a partir de 1964, quando da criação do Stud Book Brasileiro do cavalo Árabe. Estes resultados são inferiores a alguns encontrados para populações de cavalos Árabes na Europa, observando-se ampla diversidade genética populacional, podendo estar relacionados ao considerável tamanho da população, ao fluxo gênico de um grande número de importações de animais e à ausência de gargalos genéticos importantes. Todavia, a elevada proporção de animais endogâmicos na população e o aumento das médias de endogamia nas últimas duas décadas, sugerem ajustes de seleção, no sentido de prevenir perdas de diversidade genética no futuro.

**Palavras-chave:** Raça Árabe, genealogia, estrutura populacional

# POPULATION STRUCTURE AND GENETIC DIVERSITY ON ARABIAN HORSE IN BRAZIL

## ABSTRACT

Recognized as one of the oldest and most influential horse breeds, the Arabian horse has an undefined and, supposedly heterogeneous origin, from the study results of mitochondrial-DNA, which indicate that significant genetic diversity. Considering the context of the ecological challenges that species are submitted, such as competition, predation, disease and others, genetic diversity is crucial in adaptation and evolution. Evaluation within the population is necessary for the implementation of the screening program to establish a proper management of the genetic stock, being determined by the size of the base population, but also for mating strategies. Genetic analysis of a population may be brought to completion by using family or molecular information. In the present study, its purpose was to evaluate the Arabian horse genetic diversity in Brazil, through the genealogical information in the Stud Book Brazilian Arabian Horse. The data of 54,506 animals were used, whose consistency was assessed by their pedigrees Breed Mate Pedigree Software® program and population parameters determined by analysis with Poprep program. The average age of males and females in reproduction was respectively 9.8 and 9.0 years. The turnover of mares in breeding can be considered high (59.02%) and the average generation interval over time considered was 9.1 years. For the analysis of inbreeding 11 classes were defined with 5% intervals where 4.32% of the population corresponded to levels above 10%. The average F of inbreeding found for the population was 1.98%, considering the data ancestors since 1808, and 2.90%, considering the data from 1964, when the creation of the Brazilian Stud Book of Arabian horse. These results are lower than those found in populations of Arabian horses in Europe, observing large population genetic diversity and may be related to the large size of the population, the gene flow of a large number of animal imports and the absence of important genetic bottlenecks. However, the high proportion of inbred animals in the population and the increase in mean inbreeding in the past two decades, suggest selection of adjustments, in order to prevent loss of genetic diversity in the future.

**Keywords:** Arabian horse, genealogy, population structure

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Cavalo Árabe .....17
- Figura 2** - Comparação entre o coeficiente de endogamia ( $F$ ) e o número de animais endogâmicos por ano da raça Árabe no Brasil ..... 41



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Número de reprodutores e matrizes Árabes e suas idades quando em reprodução ..... 28
- Tabela 2** - Número de reprodutores e matrizes Árabes na reprodução, por ano de nascimento da progênie ..... 30
- Tabela 3** - Distribuição de matrizes Árabes quanto a ordem de partos por década ..... 32
- Tabela 4** - Intervalo médio de geração e número de animais por ano de nascimento de animais da raça Árabe no Brasil..... 33
- Tabela 5** - Média da integralidade da genealogia (%) até a sexta geração por ano da raça Árabe no Brasil ..... 33
- Tabela 6** – Definições de classes e níveis de endogamia da raça Árabe no Brasil ..... 34
- Tabela 7** – Distribuição dos animais por ano e coeficiente de endogamia da raça Árabe no Brasil ..... 35
- Tabela 8** – Estatística descritiva para o coeficiente de endogamia ( $F$ ) considerando todos os animais da raça Árabe registrados no Brasil ..... 35
- Tabela 9** – Tamanho efetivo populacional baseado no número de pais da raça Árabe no Brasil nascidos em um determinado ano ..... 36
- Tabela 10** – Animais com endogamia acima de 10 % na população da raça Árabe no Brasil ..... 36
- Tabela 11** – Estatística descritiva para o coeficiente de endogamia ( $F$ ) considerando todos os animais da raça Árabe registrados no Brasil ..... 38
- Tabela 12** – Comparação entre as taxas médias de endogamia da população da raça Árabe do Brasil com outras populações de equinos .....40
- Tabela 13** - Tamanho efetivo populacional baseado no número de pais da raça Árabe no Brasil nascidos em um determinado ano ..... 42

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**ABCCA** – Associação Brasileira dos Criadores de Cavalo Árabe

**mtDNA** – DNA Mitocondrial

**PSI** – Puro Sangue Inglês

**PSA** – Puro Sangue Árabe

**WAHO** – World Arabian Horse Organization

**DNA** – Ácido desoxirribonucleico

**mtDNA** – DNA-mitocondrial

**SCID** – Severe combined immunodeficiency

**BLUP** – Melhor preditor linear viesado

**AHA** – Arabian Horse Association

## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO .....	11
1.1.A evolução dos equinos .....	11
1.2.A Raça Árabe.....	12
1.3.Pesquisas em genética de equinos.....	17
1.4.Genética de populações.....	18
1.5.Diversidade genética, estrutura populacional e seleção de equinos .....	18
1.6. Endogamia.....	21
2.OBJETIVOS .....	25
3.MATERIAIS E MÉTODOS .....	26
3.1.Dados enalógicos.....	26
3.2.Estrutura opulacional.....	26
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1.Estrutura populacional do cavalo Árabe no Brasil .....	28
4.2.Análise de pedigree e endogamia.....	34
4.3.Tamanho Efetivo da População (Ne) .....	41
5.CONCLUSÕES .....	44
6. PERSPECTIVAS .....	45
7.REFERÊNCIAS.....	46

## **ESTRUTURA POPULACIONAL E DIVERSIDADE GENÉTICA DA RAÇA ÁRABE NO BRASIL**

### **1. INTRODUÇÃO**

#### **1.1. A evolução dos equinos**

Em 1876, o paleontologista americano Othniel Charles Marsh encontrou um esqueleto em uma rocha da época eocena do sul dos Estados Unidos. Era o *Hyracotherium*, também conhecido como *Eohippus*, posteriormente reconhecido como o mais antigo membro da família dos cavalos. O *Hyracotherium* tinha o tamanho aproximado de um cão, com uma altura que variava de 42 a 50 cm. Possuía quatro dedos nos membros dianteiros e três nos posteriores (Marsh, 1879). Sua dentição era diferente da dos equinos modernos, uma vez que era adaptada ao consumo de uma maior diversidade de vegetais, incluindo brotos e ramos. A espécie permaneceu isolada no continente americano quando as pontes naturais que ligavam a América do Norte a outros continentes submergiram após o degelo da era glacial, dando origem a centenas de espécies, dentre as quais o cavalo moderno. Cerca de 4 milhões de anos atrás as pontes entre a América do Norte e a Ásia novamente se abriram permitindo a migração dos ancestrais dos equinos que se espalharam pela Ásia, África e Europa (Balley e Brooks, 2013).

O processo chegou ao fim há cerca de 10 mil anos, quando as pontes novamente submergiram e o cavalo extinguiu-se do continente americano. Entretanto, nesta época, os equinos continuavam evoluindo na Ásia, África e Europa originando o cavalo tal como hoje o conhecemos. Quatro cavalos primitivos se desenvolveram na Europa e na Ásia, influenciados pelo meio em que viviam: o Cavalo de Przewalski (*Equus przewalski poliakov*), da Ásia, mais a oeste o Tarpan (*Equus przewalski gmelini antonius*), o Cavalo da Floresta (*Equus przewalski silvaticus*), no norte da Europa e o Cavalo da Tundra, no noroeste da Sibéria (Edwards, 1993).

Por volta de 12 mil anos atrás iniciou-se a domesticação animal, desenvolvendo-se subpopulações a partir de adaptações ambientais que se seguiram às migrações humanas (Mariante Ada e Egito, 2002). Há cerca de 6 mil anos os europeus teriam domesticado o cavalo, apesar de não se saber ao certo onde teria se iniciado (Morey, 1994). Antes da influência do homem, raça era um grupo ou grupos de equinos habitantes de determinada área. Influenciados pelo meio ambiente e pelo relacionamento entre membros do grupo, eles apresentavam similaridades de conformação, cor da pelagem, altura, andadura e caráter geral. No contexto moderno, uma raça depende da existência de um stud book, livro que registra pedigrees. Cavalos que dele constam foram objeto de criação seletiva por um período de tempo considerado suficiente para garantir a produção consistente de animais com as mesmas e bem definidas características (Edwards, 1993).

## **1.2 A Raça Árabe**

O cavalo Árabe é uma das mais antigas e influentes raças equinas do mundo. Sua origem, ainda que não seja clara, é provável do antigo Oriente Médio. Entretanto, as populações modernas da raça, com pedigrees registrados, não passam de 200 anos. Seus fundadores são procedentes de populações de distintos países que foram formadas, supostamente, a partir das diferentes estirpes maternas criadas pelos beduínos, entre as quais, as mais mencionadas são: Kehilan, Seglawi, Abeyan, Hamdani e Hadban (Glazewska, 2010). A partir de desenhos de cavalos orientais, como os baixos-relevos assírios, abrigados no British Museum, em Londres, pode-se estimar sua existência há mais de 1500 anos (Braga, 2014).

A origem árabe pode ser reforçada pela presença de haplótipos idênticos em linhagens maternas de reconhecida origem do deserto da Arábia e em outras linhagens de origem desconhecida, estudadas nas linhas maternas de éguas árabes polonesas (Glazewska *et al.*, 2007). As informações de pedigree não são precisas, dificultando a determinação das origens e os resultados de estudos de DNA-mitocondrial (mtDNA) apontam uma grande

diversidade genética, sugerindo uma origem heterogênea da raça (Glazewska, 2010). Foram observadas correspondências de haplótipos de mtDNA nas mesmas estirpes de éguas e nas estirpes distintas, mas também foram observados haplótipos diferentes entre animais de uma mesma estirpe, implicando em incerteza à tradicional hipótese de que as linhagens fundadoras da raça Árabe compartilham um mesmo ancestral materno (Bowling *et al.*, 2000).

O mérito da seleção e preservação das características do cavalo Árabe é das tribos nômades de beduínos da Península Arábica, que as faziam segundo as necessidades da guerra e dos rigores climáticos das longas distâncias percorridas no deserto, privados de água e alimento (Braga, 2014). Com a expansão islâmica do século VII o cavalo árabe foi levado à Península Ibérica e ao resto do continente no ensejo em que o império muçulmano se estendia da China à Europa, influenciando todos os cavalos da estepe, a partir da Ásia Menor, como os antigos Akhal-tekés e Turcomanos (Edwards, 1993).

Identifica-se a influência da raça Árabe na formação de uma infinidade de outras descritas, dentre as quais a Morgan, Percheron, Shagya, Sardo e Orlov Trotter (Edwards, 1993), sendo decisiva no aparecimento de diversas raças na Europa, no intuito de melhorar as cavalarias: os Andaluzes na Espanha, os Orlov na Rússia e os Lipizzaners na Áustria. No entanto, esta influência fica mais evidente na origem dos Puros-sangues ingleses (PSI), os cavalos de corrida por excelência, a partir de quatro cavalos Puro-sangue árabes (PSA): Darley Arabian, Byerley Turk, Godolphin Arabian e Alcock Arabian (Tbheritage, 2013).

A referência inicial da criação do cavalo Árabe remonta ao renascimento da criação no Egito, com o vice-rei Mohammed Ali, em 1805 e, posteriormente, com seu neto, Abbas Pasha I, muitíssimo preocupado em manter os registros da pureza de todos os seus animais. Com a morte deste, em 1854, alguns destes animais foram adquiridos por Ali Pasha Sherif, de aristocrática família egípcia, a cuja criação somaram-se importações posteriores do deserto, sendo considerada a mais pura do mundo fora da Arábia (Braga, 2014).

Inúmeras expedições ao Oriente foram feitas com a finalidade de constituírem-se plantéis de Árabes a partir das linhagens do deserto, considerando o seu alto nível. Países como Inglaterra, Polônia, Rússia, Alemanha, Hungria, Espanha, EUA e Argentina investiram determinadamente nestas aquisições, o que resultou na relevância de suas criações, tais como,

respectivamente, Crabbet Park Stud, Slawuta stud, Tersk stud, Weil-Marbach, Babolna, Yeguada Militar, Maynesboro Stud e Haras El Aduar (Braga, 2014).

A raça Árabe está presente regularmente em mais de 60 países, sendo uma das mais criadas no mundo, contando com um órgão associativo internacional, a World Arabian Horse Organization (WAHO), com sede na Inglaterra (Abcca, 2015). No Brasil, oficialmente, sua criação começou em 1929, no Rio Grande do Sul, com a importação de um garanhão da Argentina, apesar de haver indicações de importações feitas no século anterior. Foi inicialmente utilizado nos regimentos de cavalaria do Exército e para melhorar os plantéis de fazendeiros locais. No entanto, a criação brasileira passou a se organizar melhor em 1964, com a fundação do Stud Book Brasileiro do Cavalo Árabe, que reuniu os registros dos animais das criações existentes (Abcca, 2015). Com a criação organizada vieram os encontros, exposições e leilões, dando-se uma grande difusão da raça pelo território nacional antes da década de 90. Tal projeção a qualificou como uma das mais importantes criações do mundo, tendo cerca de 3241 haras inscritos no Stud Book, figurando entre as mais destacadas raças do país e, atualmente, contando com cerca de 49 mil animais puros de origem em seu plantel (Abcca, 2015). Atualmente, pode-se destacar na criação brasileira a influência das principais representações mundiais do cavalo Árabe, através das destacadas linhagens criadas nos respectivos países de origem (Braga, 2014).

A raça é conhecida por sua nobreza, inteligência, espírito e vigor, competindo em muitas modalidades equestres, incluindo western, adestramento, rédeas, hipismo, além de dominar as corridas de longa distância (Sobczynska, 2010).

Segundo a Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Árabe (2015), muitas das atuais características do cavalo Árabe resultam de sua adaptação ao deserto. O padrão da raça é o seguinte:

**Olhos-** Os olhos do cavalo árabe são típicos de muitas espécies de animais do deserto. Grandes e salientes, eles são responsáveis por prover o animal de uma excelente visão, a qual alertava os primitivos cavalos Árabes dos ataques de seus predadores.

**Narinas-** As narinas do cavalo Árabe que se dilatam quando ele corre ou está excitado, proporcionam uma grande captação de ar. Normalmente as narinas se encontram semi-cerradas reduzindo a poeira proveniente da respiração nos climas mais secos como no deserto.

**Maxilares-** O tamanho e a grande separação entre os maxilares ou ganachas no cavalo Árabe proporcionam um bom espaço para a passagem de sua desenvolvida traqueia - provavelmente esse é um outro fator de adaptação para aumentar a captação de ar.

**Carregamento de cabeça-** O carregamento natural de cabeça do cavalo Árabe é muito mais alto do que qualquer outra raça, especialmente ao galope. O alto carregamento da cabeça facilita a passagem do ar, abrindo as flexíveis narinas e alongando a traqueia. É comprovado que os cavalos Árabes possuem maior número de células vermelhas que as outras raças, o que pode indicar que o cavalo Árabe usa o oxigênio mais eficientemente.

**Pele-** A pele negra por debaixo dos pêlos do cavalo Árabe é visível devido à delicadeza ou ausência de pêlos em torno dos olhos e focinho. Essa pele escura em torno dos olhos reduz o reflexo da luz do sol e também protege contra queimaduras. A fina pele do cavalo Árabe proporciona a rápida evaporação do suor resfriando o cavalo mais rapidamente.

**Irrigação Sanguínea-** As veias que se tornam visíveis por saltarem à flor da pele quando o cavalo Árabe enfrenta um grande esforço físico, em contato com o ar, resfriam rapidamente a circulação sanguínea, proporcionando maior conforto em longas jornadas.

**Crina-** Os pêlos da crina são normalmente finos e longos, protegendo a cabeça e o pescoço da ação direta do sol. O longo topete na testa também protege os olhos do reflexo e da poeira.

**Focinho-** O pequeno e cônico focinho também deve ser creditado de sua herança do deserto. A escassez de alimentos deve ter reduzido o focinho para o admirado tamanho e formato de hoje. Os finos e ágeis lábios provavelmente são resultados dos ralos pastos do deserto. Os



cavalos dos beduínos pastoreavam apenas esporadicamente comendo poucos chumaços de grama aqui e ali, enquanto seguiam em suas longas jornadas. Lábios ágeis podem rapidamente se prover de pequenas porções de ralas gramas e ervas.

**Estrutura Óssea-** É fato que muitos cavalo Árabes possuem apenas cinco vértebras lombares, diferentes das seis comuns em outras raças. Essa vértebra a menos explica o pequeno lombo e a resultante habilidade em carregar grandes pesos proporcionalmente ao seu tamanho. No entanto, modernas autoridades do cavalo Árabe, como Gladys Brown Edwards, afirmam que não são todos que possuem cinco vértebras, muitos possuem o padrão de seis vértebras. Até hoje não é sabido qual número mais comum de vértebras no cavalo Árabe e não há evidência de que o Árabe que possui cinco seja mais puro ou mais desejável do que o que possui seis.

**Carregamento da Cauda** - O alto e natural carregamento da cauda é resultado da singular estrutura óssea do cavalo Árabe. A primeira vértebra da cauda, que se liga à parte interna da garupa é levemente inclinada para cima, ao contrário de outras raças que se inclina para baixo.

**A cabeça** - A distinta beleza do cavalo Árabe é uma das principais marcas do tipo da raça. O clássico perfil é marcado por duas características: jibbah e afnas, muito admiradas pelos beduínos.

**Jibbah** - é a protuberância acima dos olhos. Nem todos os cavalo Árabes maduros possuem, mas ele é óbvio nos potros. O Jibbah aumenta o tamanho da cavidade nasal proporcionando maior capacidade respiratória.

**Afnas** - O afnas é a chamada "cabeça chanfrada". O chanfro é a depressão no osso frontal da cabeça entre os olhos e o focinho, ele apresenta uma curva côncava no perfil da cabeça. Embora o Afnas fosse admirado pelos beduínos como um aspecto de beleza, nem todos os seus cavalos possuíam o chanfro pronunciado, da mesma forma que hoje nem todos os modernos cavalos Árabes possuem esse perfil. Mas uma cabeça é considerada boa e típica quando possui:

olhos grandes, salientes, bem separados e situados logo abaixo da testa; testa larga, narinas grandes e flexíveis, cabeça descarnada e seca; A expressão geral é alerta, inteligente e vivaz.

**Figura 1 - Cavalo Árabe**



Fonte: <http://www.pinterest.com/pin/572660908840061673>

### **1.3 Pesquisas em Genética de Equinos**

O agronegócio equino no Brasil movimenta R\$7,5 bilhões e gera cerca de 3,2 milhões de empregos diretos e indiretos. Na indústria equina mundial as pesquisas têm sido significativas nas áreas de produção e manejo, genética, nutrição e alimentação, reprodução, medicina e cirurgia, doenças, sanidade e defesa sanitária, além de outras envolvendo fisiologia esportiva. A inserção dos pesquisadores europeus nos programas de melhoramento de equinos de esporte e em programas de conservação de raças equinas está refletido no número de publicações na área de genética e melhoramento animal que perfizeram 56% das

92 publicações nas áreas de produção de equinos na década de 2000, através do periódico *Livestock Production Science/Livestock Science*, vinculado à Sociedade Europeia de Produção Animal (Almeida e Silva, 2010).

#### **1.4 Genética de populações**

A genética de populações ocupa-se da variação alélica de indivíduos dentro de uma população, da transmissão desta variação de genitores para a prole ao longo das gerações e das mudanças temporais que ocorrem na composição genética de uma população devido a forças evolutivas sistemáticas e aleatórias (Snusta & Simmons, 2010). A composição genética de uma população é dada pela frequência de seus diferentes genótipos, a fim de aumentar ou diminuir o número de organismos de cada genótipo (Griffiths, Wessler et al, 2009). Alguns fenômenos influentes devem ser levados em conta quanto à composição genética da população, dentre os quais: o efeito dos padrões de reprodução em genótipos diferentes na população, as mudanças na composição devidas à migração de indivíduos entre populações e as consequências das flutuações aleatórias nas taxas reprodutivas (Fisher, 1918; Haldane, 1927; Wright, 1937).

#### **1.5 Diversidade Genética, estrutura populacional e seleção de equinos**

O DNA equino está organizado em 31 pares de cromossomos autossômicos e os sexuais, X e Y, e dados de sequenciamento estimam a existência de cerca de 20.322 genes codificadores de proteínas (Wade *et al.*, 2009). A matéria-prima da evolução é a diversidade genética, fundamental nos processos de adaptação e especiação dos recursos genéticos submetidos aos diversos desafios ecológicos, tais como: competição, predação, patologias, fatores abióticos e outros (Amos e Harwood, 1998). Tal diversidade será determinada pelo

tamanho da população base, mas também pela estratégia de acasalamento e estrutura da população, que permitirão diferentes graus de contribuição genética dos fundadores (Cervantes *et al.*, 2008).

O conhecimento da estrutura populacional é o primeiro passo para o desenvolvimento de estratégias de seleção. No entanto, é necessária uma melhor monitorização, que leve a um aumento do tamanho efetivo da população, sem reduzir o progresso genético, enquanto se procede um trabalho de melhoramento sustentável (Teegen *et al.*, 2009).

Procedendo a análise da genealogia da raça Árabe na Espanha, fornecida pelo Stud Book do Cavalo Árabe Espanhol, as informações obtidas contribuíram para a implementação de programas de seleção (Cervantes *et al.*, 2008). No entanto, a associação deste método ao uso de marcadores genéticos pode dar mais consistência às informações, tornando-se uma ferramenta mais efetiva para os criadores, apesar do necessário cuidado com a fidelidade dos dados e da consideração da pressão de seleção, a partir do direcionamento dos acasalamentos, uma vez que, dependendo destas variáveis, a taxa de endogamia obtida nas bases do pedigree poderão não corresponder à real medida de homoziguidade da população (Glazewska *et al.*, 2004).

Na Polônia, onde os cavalos Árabes são criados há séculos, a criação sofreu gargalos genéticos em consequência da 1ª e 2ª Guerra Mundial, ocasião de muitas perdas. A soma das contribuições de 4 fundadores é quase 25% do pool gênico, enquanto a de 150 outros fundadores é inferior a 18%. Devido ao fato de ser uma população de tamanho restrito e de os centros de criação trocarem constantemente os principais garanhões (de 154 padreadores, 43,51% foram utilizados em mais de um haras), há uma tendência de aumento dos níveis de endogamia (Glazewska *et al.*, 2004). Entretanto, os critérios de seleção utilizados constantemente ao longo do tempo privilegiaram éguas heterozigotas na reprodução, confirmando-se um aumento de heterozigosidade através do estudo de dez marcadores de proteínas, o que demonstrou a influência direta da decisão dos criadores no conjunto dos genes do futuro plantel. Levando-se em conta outros autores, a heterozigosidade da raça Árabe na Polônia foi maior do que em outros países. Enquanto na Polônia obteve-se

0,350, na França foi 0,296, em Marrocos 0,330 e na Turquia 0,254 (Glazewska e Gralak, 2006).

Através de estudo de mtDNA foi avaliada a diversidade genética de diferentes populações do cavalo Árabe, em que evidenciou-se ser mais ampla a das populações do Oriente Médio, sobretudo a da Síria, em relação às do Ocidente. Populações nativas do Oriente Médio, como a da Síria, poderiam ser apontadas como um “hot spot” de diversidade genética, ajudando na compreensão da história evolutiva do cavalo Árabe (Khanshour *et al.*, 2013; Khanshour e Cothran, 2013).

Em pesquisa em que foi avaliada a diversidade genética da raça Holsteiner, com base em dados de pedigrees, os resultados apontaram uma baixa diversidade na população, relacionada ao uso intensivo de algumas linhagens de padreadores. Ainda assim, foi verificado um ligeiro aumento no tamanho efetivo da população e uma estagnação na endogamia na última geração, como possível consequência do impacto do uso de garanhões estrangeiros em um passado recente. A média de endogamia da população foi 2.27% (Roos *et al.*).

A diversidade genética da raça Mangalarga no Brasil foi considerada baixa, com sugestão de implementação de monitorização da diversidade junto aos programas de criação, além da indicação deste instrumento para a otimização dos acasalamentos, visando manter a variação e obter progresso genético. Decorreu desta análise uma diferença considerável entre o total de fundadores da raça (438) e o seu número efetivo de fundadores (16,1), refletindo uma contribuição genética desproporcional, o que ajuda a justificar a redução da diversidade (Da Mota *et al.*, 2006).

Quando os animais são selecionados para diferentes objetivos de criação na mesma população, isto pode levar a uma subdivisão e, conseqüentemente, à perda de diversidade genética dentro da subpopulação (Delgado *et al.*, 2014).

Apesar de ampla, a diversidade genética da raça Quarto de Milha, desenvolvida nos EUA, está intimamente ligada a subpopulações distintas, selecionadas para performances igualmente distintas e especializadas. Contudo, há evidências do aumento das taxas de endogamia nestas subpopulações, o que tende a resultar em maiores divergências genéticas

futuras. O impacto da seleção para os melhores desempenhos, sem dúvidas, poderá influenciar a estrutura geral da raça (Petersen *et al.*, 2014).

A maneira mais eficiente para manter-se a diversidade é utilizar-se de múltiplos reprodutores em vários pequenos conjuntos de éguas em sistema rotativo. Ainda que se mantenham subgrupos, com eventual aumento da endogamia, a partir do acasalamento entre animais destes subgrupos haverá um aumento de heterozigose, vigor e fertilidade (Bowling, 1995).

Ainda que da descrição de diversas pesquisas sobre melhoramento genético de equinos em vários países, poucos são os que apresentam programas de seleção consistentes, utilizando-se de ferramentas científicas de análise populacional, o que traduz, em boa parte, um desinteresse dos criadores em utilizarem os resultados das mesmas, deixando de contribuir para o desenvolvimento da espécie (Da Mota e Regitano, 2012). No Brasil isto não é diferente, havendo um grande distanciamento entre os centros de pesquisa e as associações de criadores. Apesar do desenvolvimento de pesquisas, nenhuma raça possui programa consistente e contínuo de seleção (Curi *et al.*, 2013.).

## **1.6. Endogamia**

Uma população é endogâmica quando descende de um pequeno grupo de ancestrais comuns, sobretudo quando se tratam de populações finitas e pequenas. O efeito da endogamia pode ser quantificado para qualquer população diplóide calculando a probabilidade de que um indivíduo herde dois alelos que são cópias de um determinado alelo ancestral, ou seja, a probabilidade de que estes alelos sejam idênticos por descendência (Snustad e Simmons, 2008). A homozigidade dos loci leva ao aumento dos níveis dos coeficientes de endogamia e dos efeitos de alelos desfavoráveis, decorrendo do uso repetitivo de garanhões (Gharahveysi e Irani, 2011).

A seleção artificial para características de interesse implica progresso genético, mas também pode contribuir para o aumento da consanguinidade na população. Em níveis

elevados, a endogamia pode levar a um processo conhecido por depressão endogâmica, responsável por perdas importantes na adaptabilidade e eficiência reprodutiva, bem como a uma limitação significativa na resposta à seleção, a médio e longo prazo (Cunha *et al.*, 2004).

Considerando que a endogamia tende à fixação de alguns genes e à perda de outros, a preservação das características benéficas para o futuro está relacionada à minimização do grau médio da mesma (Bowling, 1995).

Segundo Carol Schulz, apud Bowling (1995), pelo menos 90% dos potros Árabes registrados nos vários stud books são linhagens de cavalos de “show”, deixando claro que outros aspectos inerentes à raça ficam divididos entre menos de 10% das atuais criações nos EUA, levando-se a crer que os genes que influenciam as principais características, incluindo disposição, solidez e resistência, não estão sendo preservados, pois estas características não são abordadas nas arenas de “show”.

Alguns criadores enaltecem determinada matriz ou garanhão, sem observar que seus descendentes apresentam pouca semelhança. O aspecto da preservação assume a possibilidade de que tal semelhança pode ser mais previsível se os criadores não dependerem de uma única linhagem para atingirem seu objetivo (Bowling, 1995).

Na população do cavalo Árabe na Espanha, indivíduos com nível muito elevado de endogamia ( $F \geq 12,5\%$ ) foram 17,7% no conjunto da população e 1/4 dos indivíduos registrados nascidos na última década. Apesar do grande número de fundadores registrados no Stud Book, houve um uso desequilibrado de alguns indivíduos na reprodução em provável decorrência do gargalo genético sofrido pela população devido à Guerra Civil Espanhola. Considerando o período mais recente das bases de dados, a média F calculada para o Árabe na Espanha, de 9,8%, é maior do que aquelas relatadas para os Árabes na França, de 3,1%, e para os Árabes na Polônia, de 5,3% (Cervantes *et al.*, 2008).

As taxas de endogamia sobre diferentes características em cavalos Árabes mostraram diferenças entre pelagens, estirpes, sexo, região de criação e linhagens no Irã. Assim, as taxas mais elevadas encontradas foram 5,1% na estirpe Djelfan, 38,3% nas fêmeas, 5,1% nos animais de pelagem negra, 38,3% nos animais criados na Província Khuzestan e 38,3% nos animais de corrida. Já as taxas mínimas encontradas foram 0% na estirpe Hadban,

0,4% nos animais de pelagem branca e 0,1% nos animais criados na Província de Tehran (Gharahveysi e Irani, 2011).

Devido à criação do cavalo Árabe não ser baseada em cruzamentos com outras raças, esta fica mais exposta aos efeitos da endogamia. No entanto, para baixos níveis de endogamia encontrados em uma pequena população de éguas Árabes na Polônia, confirmou-se a ausência de efeitos negativos sobre três características morfométricas estudadas, quais sejam: altura da cernelha, circunferência do peito e circunferência da canela (Sierszchulski *et al.*, 2005).

A partir do estudo de dados do registro genealógico da raça Campolina, considerando sua estrutura populacional, observou-se uma redução na porcentagem dos animais não endogâmicos na medida em que se avançava nas gerações, com um importante aumento do coeficiente médio de endogamia da raça. Poucos animais imprimiram praticamente a totalidade da variação genética da raça (De Laat, 2001).

Levando-se em conta uma população da raça Trakehner, o considerável aumento das taxas de endogamia encontrado pode ser relacionado ao aumento de linhagens de padreadores inseridos através de inseminação artificial desde o início de 1990 (Teegen *et al.*, 2009).

Estudando-se os efeitos da endogamia sobre características morfométricas em Mangalarga Marchador, não foram encontrados efeitos negativos, exceto na largura da garupa. Entretanto, nos animais com endogamia acima de 5,3% este efeito foi significativo, de forma que, a cada 1% de acréscimo no coeficiente de endogamia (F), houve aumento de 0,038 cm, 0,169 cm, 0,156 cm e 0,012 cm, respectivamente, nos comprimentos de cabeça, corpo, espádua e garupa (Gonçalves *et al.*, 2012).

Dependendo dos níveis de endogamia, seus efeitos podem incidir negativamente sobre características reprodutivas. Evitando-se acasalamentos com coeficientes de endogamia muito elevados as taxas de parto devem melhorar, conforme foi verificada a influência dos altos níveis de endogamia sobre este aspecto em estudos realizados com cavalos das raças Standartbred trotters e Finnhorses (Sairanen *et al.*, 2009). Também sobre características produtivas foram encontrados efeitos negativos da endogamia quando esta se situava acima da



média da população, como no caso da redução da produção de leite durante a primeira lactação verificada em vacas holandesas criadas no Brasil (Paiva, 2006). Da mesma forma, em estudo realizado em bovinos do ecótipo Mantiqueira, os efeitos da endogamia foram negativos, reduzindo a produção total de leite e a duração da lactação, ao mesmo tempo em que aumentou o intervalo de partos e a idade ao primeiro parto (Da Silva *et al.*, 2001).

A endogamia pode ter consequências deletérias, supondo um raro alelo deletério que, quando homozigoto, cause um distúrbio metabólico. Considerando que os genitores sejam irmãos, se um deles é um heterozigoto para a doença, ambos podem ter recebido o alelo deletério e passá-lo para sua prole. Isto reflete uma chance de 1/4 de que a prole de uma reprodução irmão-irmã seja homozigota para um dos alelos levados por seus avós (Griffiths *et al.*, 2009).

A imunodeficiência combinada severa (severe combined immunodeficiency, SCID) é uma condição hereditária autossômica recessiva que afeta o desenvolvimento de células B e T em potros da raça Árabe ou de sua linhagem. Tal acometimento leva à susceptibilidade a infecções por microrganismos (Felippe, 2013). Esse gene está presente no plantel brasileiro do cavalo Árabe. Em genotipagens de indivíduos das criações de Minas Gerais e São Paulo foram observadas as frequências de 98.5% para o genótipo SS (normal) e de 1.5% para o genótipo Ss (portador). Aparentemente, sua introdução se deu pelo mesmo ancestral já identificado em pesquisa feita nos EUA. Com base no conhecimento dos testes de DNA, o planejamento adequado da reprodução evita o resultado de potros afetados e diminui a incidência do gene mutante na população (Felippe, 2013). Assim, em vista das perdas econômicas provenientes do uso inconsciente de garanhões portadores do gene, é recomendável a implantação de um programa de acompanhamento e controle da anomalia por parte da ABCCA, por meio de genotipagem dos descendentes do cavalo ancestral já identificado (Teixeira *et al.*, 2001).

## **2. OBJETIVOS**

Avaliar a estrutura populacional da raça Árabe no Brasil por meio da análise de sua genealogia, estimando o intervalo médio de gerações, número de reprodutores e número médio de filhos por período, endogamia e tamanho efetivo em diversos períodos.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Dados genealógicos

Foram utilizados os dados de 54506 animais Puro Sangue Árabe incluídos no registro genealógico da Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Árabe. A consistência dos pedigrees foi avaliada pelo programa Breed Mate Pedigree Software® (<http://www.breedmate.com>) e as genealogias foram completadas com informações obtidas pela consulta no banco de dados genealógicos da The Arabian Horse AssociationSM (AHA-<https://www.arabdatasource.co>) resultando num banco de dados com 59101 animais.

#### 3.2 Estrutura Populacional

Os parâmetros populacionais foram determinados pela análise com o programa PopReport (Groeneveld, Westhuizen *et al.*, 2009). A estrutura populacional incluiu o número de machos e fêmeas reprodutores, as classes de idade dos pais, distribuição da paridade, intervalo de gerações, variância dos tamanhos das famílias (Falconer, D.S. e Mackay, T.F.C., 1996; Falconer, D. S. e Mackay, T. F. C., 1996). Adicionalmente, foi avaliada a integridade do pedigree baseada no número de ancestrais conhecidos e o índice de conteúdo de informação do pedigree de acordo com a fórmula proposta por MacCluer *et al.* (1983):

$$I_d = \frac{4I_d^{pat}I_d^{mat}}{I_d^{pat} + I_d^{mat}} \quad \text{e} \quad I_{d_k} = 1/d \sum_{i=1}^d a_i$$

onde  $k$  represente a linha materna (*mat*) ou paterna (*pat*) de um indivíduo,  $a_i$  é a proporção de ancestrais conhecidos na geração  $i$  e o  $d$  é o número de gerações consideradas no cálculo.

O coeficiente de endogamia individual (F) foi calculado de acordo com Falconer e Mackay (1996):

$$\Delta F = \frac{F_t - F_{t-1}}{1 - F_{t-1}}$$

Onde  $t$  é  $t$ -ésima geração. Para calcular o  $\Delta F$ , dois grupos de animais precisam ser definidos:  $Coorte_t$  na geração  $t$  e  $Coorte_{t-1}$  na geração  $t-1$ .

O tamanho efetivo da população foi calculado de utilizando-se a taxa de endogamia por geração em que

$$Ne = \frac{1}{2\Delta F} \text{ e } \Delta F = \frac{F_t - F_{t-1}}{1 - F_{t-1}}$$

Onde  $F_t$  e  $F_{t-1}$  representam a endogamia média da progênie e de seus pais respectivamente. Adicionalmente, calculou-se o  $Ne$  baseado no número de pais por geração em que

$$Ne = \frac{4N_m N_f}{N_m + N_f}$$

Onde  $N_m$  e  $N_f$  representam o número de garanhões e éguas, respectivamente.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Estrutura populacional da raça Árabe no Brasil

Dentre os fatores que influenciam a estrutura populacional podemos citar a idade dos animais em reprodução e o tempo em que estes permanecem na atividade reprodutiva. Teoricamente, quanto mais cedo o animal entra em reprodução, menor será o intervalo de gerações e a possibilidade de mais descendência é dedutível. Levando-se em conta a atividade reprodutiva da raça Árabe no Brasil ao longo dos anos, a **Tabela 1** descreve o número de reprodutores e matrizes dentro e suas respectivas idades de reprodução.

**Tabela 1 - Número de reprodutores e matrizes Árabes e suas idades quando em reprodução**

Idade dos animais (anos)	Nº total de reprodutores em reprodução	Nº total de matrizes em reprodução
3	1195	3908
4	1419	5745
5	1383	5537
6	1242	5049
7	1089	4422
8	914	3931
9	796	3376
10	655	2912
11	562	2513
12	470	2096
13	408	1743
14	337	1483
15	307	1235
≥16	1321	3860
<b>SOMA</b>	<b>12098</b>	<b>47810</b>

A idade média encontrada para reprodutores foi 9,8 anos e para matrizes 9,0 anos. Nota-se que, do total de reprodutores (12098 animais), 9,88%, 11,73% e 11,43% encontram-se, respectivamente, nas faixas de 3, 4 e 5 anos, ao passo que 6,58%, 5,40% e 3,88%

encontram-se, respectivamente, nas faixas de 9, 10 e 12 anos. Do total de matrizes em reprodução (47810 animais), 8,17%, 12,02% e 11,58% encontram-se, respectivamente, nas faixas de 3, 4 e 5 anos, enquanto que 6,09%, 5,26% e 3,10% encontram-se, respectivamente, nas faixas de 10, 11 e 14 anos. Nesta perspectiva, de um modo geral, a proporção de animais jovens em reprodução é maior em relação a de animais mais velhos, o que é causa de redução no intervalo de gerações na população. Entretanto, animais com idade acima de 16 anos que permanecem em reprodução, representam parcela significativa da população: 10,92% e 8,07%, respectivamente, para reprodutores e matrizes, provavelmente, porque correspondam a animais de relevância na criação, que permaneceram devido ao interesse do mercado. Estes tendem a uma maior contribuição genética, com um número maior de progênies.

A razão entre o número de reprodutores e matrizes é 0,25, ou seja, uma proporção de 1:4, o que possibilita ampla variação, em razão da diversidade de animais capazes de explicar o fundo genético da população.

Quanto mais reprodutores e matrizes influenciarem a composição genética de uma população, mais ampla será a diversidade genética desta população. Isto pode estar refletido no número de animais selecionados a cada geração para permanecerem como reprodutores. A Tabela 2 desceve o número de reprodutores e matrizes Árabes na reprodução, por ano de nascimento da progênie. A progênie selecionada representa o número de animais que foram destacados para se tornarem reprodutores e matrizes nas gerações subsequentes, deixando contribuição genética para a população e delineando as características do tamanho efetivo da mesma.

A proporção de progênies selecionadas para futuros reprodutores e matrizes na população em relação aos animais em reprodução a cada ano significa a reposição de animais de reprodução e tem implicação na diversidade genética da população, de forma que, quanto maior for a reposição, mais ampla será a diversidade. Esta relação pode ser observada nas Tabelas 3 e 4, onde é possível constatar um nítido decréscimo nesta reposição, analisando cada década do período considerado, a partir de 1964, com um decréscimo médio por década

**Tabela 2 - Número de reprodutores e matrizes Árabes na reprodução, por ano de nascimento da progênie**

Ano	Machos		Fêmeas		Nº de animais nascidos
	Machos com Progênie	Progênie selecionada	Fêmeas com progênie	Progênie selecionada	
<b>1964</b>	22	19	28	23	28
<b>1965</b>	22	20	29	25	29
<b>1966</b>	35	29	49	36	51
<b>1967</b>	34	33	52	45	52
<b>1968</b>	30	29	45	43	45
<b>1969</b>	48	44	73	59	73
<b>1970</b>	52	47	85	72	85
<b>1971</b>	53	49	94	79	95
<b>1972</b>	53	50	96	75	98
<b>1973</b>	78	69	137	110	140
<b>1974</b>	84	72	150	105	152
<b>1975</b>	104	99	162	138	165
<b>1976</b>	136	115	227	173	232
<b>1977</b>	139	115	260	190	267
<b>1978</b>	153	137	305	232	316
<b>1979</b>	189	159	409	286	415
<b>1980</b>	197	167	447	325	457
<b>1981</b>	229	198	584	414	598
<b>1982</b>	246	204	648	432	670
<b>1983</b>	255	215	752	496	768
<b>1984</b>	318	258	940	624	975
<b>1985</b>	343	272	1116	674	1158
<b>1986</b>	340	257	1328	750	1362
<b>1987</b>	385	279	1538	794	1580
<b>1988</b>	426	279	1975	893	2036
<b>1989</b>	481	273	2290	818	2357
<b>1990</b>	533	267	2476	711	2531
<b>1991</b>	596	229	2812	626	2901
<b>1992</b>	622	201	3062	517	3159
<b>1993</b>	647	178	2859	411	2924
<b>1994</b>	561	155	2320	368	2355

continua

Ano	Machos		Fêmeas		Nº animais nascidos
	Machos com Progênie	Progênie selecionada	Fêmeas com progênie	Progênie selecionada	
<b>1995</b>	488	141	1903	345	1951
<b>1996</b>	425	133	1724	345	1751
<b>1997</b>	361	118	1336	283	1349
<b>1998</b>	302	119	1214	289	1221
<b>1999</b>	292	128	1086	284	1096
<b>2000</b>	289	118	1150	297	1165
<b>2001</b>	310	142	1223	301	1262
<b>2002</b>	287	128	1202	295	1212
<b>2003</b>	277	114	1096	287	1112
<b>2004</b>	267	128	1056	290	1070
<b>2005</b>	257	117	1031	283	1051
<b>2006</b>	259	108	956	244	1005
<b>2007</b>	263	90	993	211	1068
<b>2008</b>	260	90	1051	179	1168
<b>2009</b>	242	58	1043	92	1160
<b>2010</b>	246	19	1047	21	1161
<b>2011</b>	231	1	1038	1	1225
<b>2012</b>	231	3	939	3	1107
<b>2013</b>	192	-	653	-	739
<b>2014</b>	12	-	15	-	15

de 16,84% de machos selecionados e 35,90% de fêmeas selecionadas, respectivamente. Estabelecendo-se comparação entre períodos, observa-se que, na década de 1964-1973, o número de progênies selecionadas para reprodutores chegaram a 91,11% quando comparado com o número de machos com progênie, na mesma década, enquanto na década de 2004-2013 esta taxa foi de 23,74%. Para estes mesmos períodos, o número de progênies selecionadas para matrizes correspondeu a 83,19% e 13%, respectivamente, quando comparado ao número de matrizes com progênie nesta mesma década. Estas características, ainda que sirvam de balizamento ao cuidado em relação à manutenção da diversidade genética, é própria dos



programas de seleção, uma vez que estes vizam os reprodutores e matrizes que melhor atendam seus objetivos. No entanto, ainda outros componentes que afetam a estrutura populacional precisam ser considerados, a fim de se caracterizar os aspectos favoráveis e desfavoráveis à diversidade genética.

**Tabela 3 - Proporção de progênes selecionadas para reprodutores em relação aos machos com progênie e decréscimo na reposição por década, a partir de 1964**

<b>Período (década)</b>	<b>Relação entre progênes selecionadas e machos com progênie (%)</b>	<b>Decréscimo da reposição (%)</b>
<b>1964-1973</b>	91,11	-
<b>1974-1983</b>	86,03	5,08
<b>1984-1993</b>	57,91	28,12
<b>1994-2003</b>	37,61	20,30
<b>2004-2013</b>	23,74	13,87
		<b>Média: 16,84</b>

A taxa de progresso genético depende, entre outras coisas, da rotatividade do estoque de reprodutores e matrizes. Em geral, animais que ficam em reprodução na população por longo tempo, tendem a ter mais descendentes. Assim, a distribuição de partos ao longo do tempo pode ser informativo sobre a taxa de rotatividade de matrizes na população, conforme demonstrado na Tabela 5. De um total de 52644 partos computados, 14681 (27,89%) corresponderam a éguas de 1 parto, 9351 (17,76%) a éguas de 2 partos e 7039 (13,37%) a éguas de 3 partos. Isto somado perfaz 59,02%, índice que aponta mais da metade dos partos às éguas que reproduziram menos, o que implica em alta rotatividade, potencializando a diversidade de genes na população. Por outro lado, 984 partos (1,87%) corresponderam a éguas de 10 partos, 667 partos (1,27%) a éguas de 11 partos e 455 partos (0,86%) a éguas de 12 partos. Este somatório perfaz 4% dos partos e representa poucas éguas parindo muitas vezes, indicando baixa rotatividade, maior contribuição genética destes animais para a população ao longo do tempo e menor diversidade. Assim, a distribuição dos partos da

população da raça Árabe no Brasil pode ser considerado um fator favorável à diversidade genética, considerando-se que mais da metade dos partos foram de éguas de até 3 partos.

**Tabela 4 - Proporção de progênes selecionadas para matrizes em relação às fêmeas com progênie e decréscimo na reposição por década, a partir de 1964.**

Período (década)	Relação entre progênes selecionadas e fêmeas com progênie (%)	Decréscimo da reposição (%)
1964-1973	83,19	-
1974-1983	72,67	10,52
1984-1993	39,80	32,87
1994-2003	22,63	17,17
2004-2013	13,00	9,63
<b>Média: 17,55</b>		

**Tabela 5 - Distribuição de matrizes Árabes quanto à ordem de partos por década**

Década	Ordem do parto															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	>16
1964-73	404	135	68	35	16	11	9	6	3	2	2	1	1	0	0	0
1974-83	1779	759	504	335	228	158	85	71	45	27	13	8	3	3	0	0
1984-93	5509	3948	3017	2358	1812	1343	965	684	468	325	36	136	79	47	35	33
1994-03	3377	2374	1908	1529	1255	1034	863	662	499	349	41	151	95	54	28	40
2004-13	2610	1813	1390	1074	844	707	543	449	360	273	40	146	111	80	53	68

O intervalo de gerações é um dos fatores fundamentais que afetam as taxas de progresso genético e, portanto, a estrutura genética da população. Como regra geral, a abreviação do intervalo de gerações leva à rápida mudança genética. Para a população estudada, o intervalo médio de gerações, de 1964 a 2014, foi de 9,41 anos, conforme ilustrado na Tabela 6. Este resultado é superior aos 9,24 anos relatados por Mota et.al (2006) no estudo populacional da raça Mangalarga no Brasil e inferior aos 9,7 anos e 11,8 anos, relatados por Moureaux et.al (1996), citado por Teegen et.al (2008), respectivamente para as raças Árabe e Trotador Francês na França.

**Tabela 6 – Intervalo médio de gerações e número de animais por período de nascimento da raça Árabe no Brasil.**

Período (anos)	Intervalo de gerações e número de animais									
	Ss	Nss	Sd	Nsd	Ds	Nds	Dd	Ndd	pop	Npop
<b>1964-73</b>	11,23	130	9,66	213	9,29	84	9,98	260	10,15	372
<b>1974-83</b>	8,38	548	8,63	1583	8,16	482	8,15	1834	8,54	2270
<b>1984-93</b>	8,97	1232	8,94	5199	7,66	1195	7,65	6310	8,38	6698
<b>1994-03</b>	9,66	516	9,56	2397	9,21	529	9,32	2945	9,51	3030
<b>2004-10</b>	9,57	219	10,37	1010	10,70	215	10,74	1270	10,47	1322
<b>Média</b>	9,56		9,43		9,00		9,17		9,41	

ss= pai para filho, Nss= número de machos para ss, sd = pai para filha, Nsd= número de fêmeas para sd, ds=mãe para filho, Nds= número de machos para ds, dd= mãe para filha e Ndd= número de fêmeas para dd, pop= intervalo médio de geração para toda a população e Npop=número de progênies selecionadas

#### 4.2 Análise de pedigree e endogamia

Tradicionalmente, a gestão da variabilidade genética é fundamentada em informações genealógicas. No entanto, uma bom nível de integralidade destas informações é fundamental para caracterizar a população (Delgado *et al.*, 2014). A descrição da integralidade da genealogia para o presente estudo está na Tabela 7 e apresenta a média da integralidade da genealogia (%) até a sexta geração por década do cavalo Árabe no Brasil. Considerando os animais nascidos nos últimos 20 anos, as estimativas desta integralidade ficam em torno de 86,03% e a média geral da população, de 1964 a 2013, fica em torno de 75,95%, indicando um nível médio superior de qualidade de informações. A estimativa do coeficiente de endogamia de um indivíduo depende da extensão a que sua ascendência é conhecida, de modo que, quanto maior for a integralidade da genealogia, mais confiável é a estimativa dos níveis de endogamia relativos a uma população definida. Esta integralidade resume a proporção de ancestrais conhecidos em cada geração ascendente, podendo variar de 0 a 1. Se todos os ancestrais são conhecidos, então o índice é igual a 1. Se um dos pais é desconhecido, o índice é igual a 0.

**Tabela 7 – Média da integralidade da genealogia (%) até a sexta geração por década da raça Árabe no Brasil**

Década	Nº de Animais	1 ger	2 ger	3 ger	4 ger	5 ger	6 ger
<b>1964-73</b>	696	99,49	77,17	63,28	52,89	44,55	37,68
<b>1973-83</b>	4040	99,93	85,27	69,57	57,40	48,26	41,16
<b>1984-93</b>	20983	100,00	97,22	86,24	72,77	61,16	52,05
<b>1994-03</b>	15544	99,85	98,43	92,95	83,23	71,99	61,87
<b>2004-13</b>	17406	99,99	97,54	93,35	86,64	77,87	68,61
<b>Média</b>	-	99,85	91,13	81,08	70,59	60,77	52,27

No presente estudo foram definidas 11 classes de endogamia com intervalos de 5%, conforme Tabela 8. Coeficientes de endogamia acima de 10% podem provocar depressão endogâmica, isto é, redução das características reprodutivas e, principalmente, das características adaptativas (Falconer, 1987 apud Cunha, Euclides et al., 2004).

**Tabela 8 - Definições de classes e níveis de endogamia da raça Árabe no Brasil**

Classes de endogamia	Níveis percentuais de endogamia
<b>1</b>	0-5%
<b>2</b>	6-10%
<b>3</b>	11-15%
<b>4</b>	16-20%
<b>5</b>	21-25%
<b>6</b>	26-30%
<b>7</b>	31-35%
<b>8</b>	36-40%

A Tabela 9 apresenta a distribuição dos animais por ano e por grau de endogamia enquanto a Tabela 10 descreve o número de animais da raça Árabe no Brasil com coeficientes de endogamia acima de 10%. Estes representam 4,32% da população, resultado que é bem inferior ao encontrado por Cervantes et. Al (2008) na população da raça Árabe na Espanha, para coeficientes de endogamia acima de 12,5%, em que foi observado 17,7% de sua população. Observa-se que, apesar destes números não serem expressivos quando comparados

ao tamanho da população, é preciso levar-se em conta que o eventual uso desequilibrado destes animais na reprodução pode levar a um aumento significativo dos níveis de endogamia em pouco tempo.

**Tabela 9 – Distribuição dos animais por década e coeficiente de endogamia da raça Árabe no Brasil**

Década	Número de animais por grau de endogamia							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1964-73	575	57	39	14	5	4	2	-
1974-83	3494	261	149	43	15	54	1	1
1984-93	19163	1095	437	131	24	116	14	3
1994-03	13168	778	381	13	-	12	2	-
2004-13	9203	1048	341	92	12	47	10	1

**Tabela 10 - Animais com endogamia acima de 10% na população da raça Árabe no Brasil**

Graus endogamia (%)	Número animais
11-15	117
16-20	41
21-25	9
26-30	17
31-35	1

A Tabela 11 mostra a estatística dos níveis de endogamia para todos os animais da raça Árabe no Brasil, de 1964 a 2014. Levando-se em conta as médias de endogamia por década, a partir de 1964, foram obtidos os seguintes índices:

Década de 1964 a 1973 - F= 3,00%;

Década de 1974 a 1983 – F = 2,60%;

Década de 1984 a 1993 – F= 1,82%;

Década de 1994 a 2003 –  $F = 2,06\%$ ;

Década de 2004 a 2013 –  $F = 2,63\%$ .

Pode-se observar que, a contar da década de 1964 a 1973, houve sucessivos decréscimos nos níveis de endogamia da população nas duas décadas seguintes, passando de 3,00% a 1,82%. Isto pode estar relacionado ao fomento da raça, com grande número de importações no período, conforme descrito por Braga (2014), ampliando a diversidade genética. Entretanto, nas décadas seguintes, houve um aumento destes níveis, até 2,63%.

Considerando-se os animais do stud book, a partir de 1964, a média (F) de endogamia encontrada foi 2.9%. Para toda a população, incluindo a influência das linhagens ancestrais desde 1808, a média de endogamia (F) encontrada foi 1,98%, evidenciando o impacto positivo da integralidade da genealogia nestes resultados, uma vez que a tendência seria aumentar estes níveis na profundidade da ascendência. Este resultado é inferior às médias encontradas nos cavalos Árabes na Espanha, França e Polônia, conforme Cervantes et.al (2008), cujas taxas foram, respectivamente, 9,80%, 3,10% e 5,30%, e ainda inferior aos 2,7% de endogamia descritos por Roos et.al (2015) em um estudo com cavalos da raça Holsteiner. A observação das características populacionais da raça Árabe no Brasil a partir do presente estudo, apontam ampla diversidade genética e média de endogamia baixa quando comparadas às de outras populações conhecidas da raça Árabe, sobretudo as da Espanha e Polônia. Isto pode ser explicado pelo maior tamanho da população da raça Árabe no Brasil em relação às outras populações citadas, haja vista o incremento do número de criadores ao longo do tempo e do número de importações das diferentes populações mundiais, principalmente no final da década de 1980 e começo da década de 1990, aumentando o fluxo gênico a partir da

**Tabela 11 – Estatística descritiva para o coeficiente de endogamia (F) considerando todos os animais da raça Árabe registrados no Brasil.**

Ano	Nº de animais	F			
		Min	Max	Média	Desvio Padrão
1964	18	0.0010	0.2500	0.0547	0.0625
1965	16	0.0005	0.1875	0.0527	0.0602
1966	29	0.0000	0.1786	0.0413	0.0487
1967	33	0.0001	0.3497	0.0435	0.0722
1968	25	0.0001	0.2750	0.0410	0.0737
1969	45	0.0001	0.1563	0.0421	0.0457
1970	46	0.0002	0.3125	0.0485	0.0723
1971	57	0.0001	0.1563	0.0278	0.0329
1972	69	0.0001	0.1578	0.0422	0.0434
1973	87	0.0001	0.2813	0.0556	0.0661
1974	106	0.0002	0.2813	0.0508	0.0596
1975	109	0.0001	0.3594	0.0373	0.0638
1976	175	0.0001	0.2940	0.0333	0.0536
1977	200	0.0000	0.3125	0.0417	0.0698
1978	231	0.0000	0.2813	0.0406	0.0678
1979	301	0.0000	0.2881	0.0284	0.0506
1980	327	0.0000	0.2816	0.0282	0.0513
1981	422	0.0000	0.2850	0.0267	0.0474
1982	495	0.0000	0.2504	0.0228	0.0415
1983	601	0.0000	0.2796	0.0197	0.0400
1984	791	0.0000	0.3530	0.0229	0.0495
1985	984	0.0000	0.3374	0.0224	0.0452
1986	1167	0.0000	0.2993	0.0200	0.0414
1987	1349	0.0000	0.3258	0.0182	0.0370
1988	1748	0.0000	0.3906	0.0173	0.0357
1989	2094	0.0000	0.3146	0.0171	0.0317
1990	2312	0.0000	0.3165	0.0167	0.0324
1991	2673	0.0000	0.3165	0.0193	0.0349
1992	2936	0.0000	0.2858	0.0178	0.0315
1993	2736	0.0000	0.3165	0.0181	0.0341
1994	2181	0.0000	0.3165	0.0188	0.0322
1995	1810	0.0000	0.2924	0.0190	0.0307
1996	1646	0.0000	0.2553	0.0208	0.0325

Continua

Ano	N° de animais	<i>F</i>			
		Min	Max	Média	Desvio Padrão
1997	1270	0.0000	0.3148	0.0195	0.0327
1998	1156	0.0000	0.2556	0.0188	0.0309
1999	1023	0.0000	0.2687	0.0204	0.0330
2000	1098	0.0000	0.2562	0.0225	0.0338
2001	1149	0.0000	0.2545	0.0207	0.0303
2002	1152	0.0000	0.3007	0.0232	0.0349
2003	1032	0.0000	0.3163	0.0241	0.0346
2004	1011	0.0000	0.3163	0.0257	0.0358
2005	990	0.0000	0.3785	0.0282	0.0399
2006	943	0.0000	0.3007	0.0274	0.0378
2007	991	0.0000	0.3458	0.0302	0.0406
2008	1125	0.0000	0.3163	0.0294	0.0385
2009	1109	0.0000	0.3223	0.0285	0.0383
2010	1082	0.0000	0.2652	0.0274	0.0358
2011	1132	0.0000	0.2680	0.0254	0.0333
2012	1013	0.0000	0.2672	0.0241	0.0355
2013	665	0.0000	0.3158	0.0275	0.0411
2014	15	0.0031	0.0898	0.0272	0.0290
Média F pop				0.0290	

introdução de mais linhagens novas. Além disso, as populações da raça Árabe na Espanha e Polônia sofreram gargalos genéticos por conta de conflitos internos e guerras, nos quais muitos animais foram eliminados ou dispersos, de modo que estas criações foram retomadas a partir dos poucos animais remanescentes, delineando um tamanho efetivo mais reduzido.

A Tabela 12 relaciona as taxas de endogamia da raça Árabe no Brasil com outras populações da raça Árabe e Holsteiner.



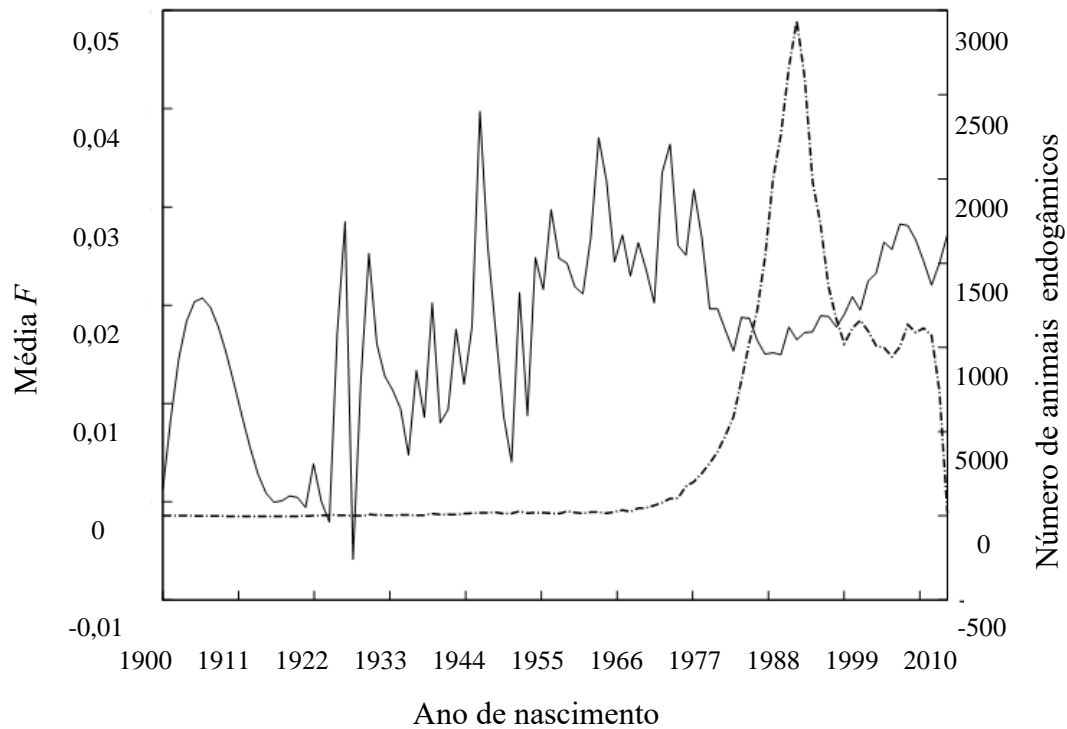
**Tabela 12. Comparação entre as taxas médias de endogamia da população da raça Árabe no Brasil com outras populações de equinos**

Endogamia	Árabe Brasil (%)	Árabe Espanha (%)	Árabe Polônia (%)	Árabe França (%)	Holsteiner (%)	
$F > 10\%$	4.32	-	-	-	-	
$F > 12.5\%$	-	17.7	-	-	-	
<b><math>F</math> toda população</b>	<b>1,98 (1808)</b>	<b>2,90 (1964- 2014)</b>	<b>9.8</b>	<b>5.3</b>	<b>3.1</b>	<b>2.7</b>

Os animais são endogâmicos quando compartilham pelo menos um ancestral comum, característica normalmente bem acentuada nas raças que não são formadas a partir de cruzamentos com outras, como o caso da Árabe, em que, neste estudo, correspondeu a 91,73% da população, com coeficiente médio de endogamia  $F = 2,9\%$  para a população considerada a partir de 1964. Esta proporção de endogâmicos é ligeiramente superior aos 91,04% de animais endogâmicos dentro da população de cavalos Lusitanos no Brasil, cujo estudo foi baseado em genealogia, conforme Faria, Silva *et al.*, 2013.

A Figura 2 apresenta graficamente uma comparação entre o coeficiente de endogamia ( $F$ ) e o número de animais endogâmicos por ano (1900-2010) da raça Árabe no Brasil, onde observa-se considerável aumento dos coeficientes em torno da década de 1990. Isto pode ter sido impactado pelas importações desta época que, se por um lado, ampliou o fluxo gênico, por outro, trouxe uma grande representação de animais que compartilhariam ancestrais comuns.

**Figura 2 - Comparação entre o coeficiente de endogamia ( $F$ ) e o número de animais endogâmicos por ano da raça Árabe no Brasil**



#### 4.3. Tamanho efetivo da população ( $N_e$ )

A Tabela 13 apresenta o tamanho efetivo populacional ( $N_e$ ) baseado no número de pais da raça Árabe no Brasil, por ano. Observava-se que na década de 1990 há uma maior expressão no tamanho efetivo da população ( $N_e$ ), coincidindo com a implementação das importações de animais que efetivamente possam ter contribuído para a estrutura populacional. Há também uma redução gradual no tamanho efetivo da população ( $N_e$ ) nos últimos 15 anos, provavelmente em função de uma seleção mais restrita de reprodutores e matrizes. Entretanto, considerando-se os dados de endogamia no mesmo período, esta redução no tamanho efetivo parece não estar impactando de modo importante a diversidade genética da raça.

**Tabela 13 - Tamanho efetivo populacional baseado no número de pais da raça Árabe no Brasil nascidos em um determinado ano**

Ano	Número de				
	Animais	Machos	Fêmeas	Pais	<i>N<sub>e</sub></i>
1964	322	102	202	304	190
1965	317	103	208	311	193
1966	340	114	223	337	211
1967	372	123	242	365	228
1968	381	125	251	376	234
1969	412	138	277	415	258
1970	469	158	318	476	296
1971	535	166	356	522	317
1972	596	190	391	581	358
1973	696	225	445	670	418
1974	820	262	517	779	487
1975	956	309	591	900	568
1976	1137	365	690	1055	668
1977	1352	424	801	1225	776
1978	1623	485	931	1416	893
1979	1965	563	1103	1666	1044
1980	2337	637	1266	1903	1187
1981	2840	714	1488	2202	1351
1982	3412	791	1704	2495	1513
1983	4040	858	1917	2775	1660
1984	4863	948	2202	3150	1856
1985	5856	1026	2563	3589	2052
1986	6986	1094	2915	4009	2227
1987	8299	1176	3280	4456	2424
1988	10019	1254	3792	5046	2639
1989	11961	1357	4268	5625	2883
1990	14035	1454	4730	6184	3114
1991	16338	1565	5269	6834	3379
1992	18827	1686	5855	7541	3665

Continua

Ano	Número de				
	Animais	Machos	Fêmeas	Pais	<i>Ne</i>
1993	20983	1808	6317	8125	3936
1994	22363	1861	6603	8464	4065
1995	23156	1875	6904	8779	4129
1996	23545	1893	7165	9058	4193
1997	23314	1892	7304	9196	4208
1998	22499	1846	7395	9241	4136
1999	21238	1831	7431	9262	4113
2000	19872	1762	7420	9182	3987
2001	18233	1707	7273	8980	3871
2002	16286	1603	6859	8462	3638
2003	14474	1436	6151	7587	3260
2004	13189	1305	5553	6858	2959
2005	12289	1198	5125	6323	2719
2006	11543	1108	4734	5842	2514
2007	11262	1029	4553	5582	2350
2008	11209	1002	4457	5459	2291
2009	11273	970	4488	5458	2233
2010	11269	937	4487	5424	2170
2011	11232	874	4439	5313	2045
2012	11127	857	4387	5244	2007
2013	10754	809	4255	5064	1903
2014	9699	45	3948	4693	1755

## 5.CONCLUSÕES

Com base nos resultados do presente estudo, é possível inferir-se que a estrutura populacional da raça Árabe no Brasil é caracterizada por um amplo tamanho efetivo, com alta rotatividade de reprodutores e matrizes, maior proporção de animais jovens em reprodução, implicando em redução do intervalo de gerações e reduzida média de endogamia. Apesar de ter sido constatada uma redução nas taxas de reposição de animais selecionados para reprodução, o conjunto das citadas características estruturais da população podem ser considerados argumentos decisivos para a explicação da ampla diversidade genética da população da raça no Brasil.

## 6. PERSPECTIVAS

Ainda que a média de endogamia da população da raça Árabe no Brasil possa ter sido considerada baixa, sobretudo quando comparada a outras populações, e apesar da constatação de um decréscimo nas taxas de endogamia de 1973 a 1993, é adequado que os animais selecionados para reprodução sejam ajustados em vista de evitar-se perdas futuras de diversidade genética, uma vez que as taxas de endogamia voltaram a aumentar nas duas últimas décadas, houve uma progressiva redução do tamanho efetivo nos últimos anos e a proporção de indivíduos endogâmicos é muito elevada. Em vista disto, é recomendável uma periódica monitorização das características populacionais ao longo do tempo, como subsídio para os programas de seleção, além de um incremento de fluxo gênico, a partir de importações de animais que venham a favorecer à diversidade genética, como os do Oriente, apontados como referência de diversidade na raça.

## 7. REFERÊNCIAS

ABCCA, Associação Brasileira dos Criadores do Cavalo Árabe. 2015. Disponível em: <<http://www.abcca.com.br/textos.asp?>>>. Acesso em: 01/03/2015.

ALMEIDA, F. Q.; SILVA, V. P. **Progresso científico em equideocultura na 1ª década do século XXI**: R. Bras. Zootec. 39: 119-129 p. 2010.

AMOS, W.; HARWOOD, J. Factors affecting levels of genetic diversity in natural populations. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences**, v. 353, n. 1366, p. 177-186, Feb 28 1998. ISSN 0962-8436. Disponível em: <<http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/royptb/353/1366/177.full.pdf>>.

BALLEY, E.; BROOKS, S. A. **Horse Genetics**. 2nd. Boston: CABI, 2013. ISBN 978 1 84593 675 4.

BOWLING, A. T.; DEL VALLE, A.; BOWLING, M. A pedigree-based study of mitochondrial D-loop DNA sequence variation among Arabian horses. **Animal Genetics**, v. 31, n. 1, p. 1-7, Feb 2000. ISSN 0268-9146. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/store/10.1046/j.1365-2052.2000.00558.x/asset/j.1365-2052.2000.00558.x.pdf?v=1&t=ibl6899o&s=58e48302916b7f38d097141d84215b8f243b6a04>>.

BOWLING, M. **Preservation Breeding and Population Genetics**. . 1995. Disponível em: <<http://cmkarabians.com/articles/>>. Acesso em: 18/04/2015.

BRAGA, M. **O Cavalo Árabe no Brasil**. 1ª. Andrea Jakobsson Estúdio Editorial Ltda., 2014. ISBN ISBN13:9788588742635.

CERVANTES, I. et al. Population history and genetic variability in the Spanish Arab Horse assessed via pedigree analysis. **Livestock Science**, v. 113, n. 1, p. 24-33, 1// 2008. ISSN 1871-1413. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187114130700203X>>

[http://ac.els-cdn.com/S187114130700203X/1-s2.0-S187114130700203X-main.pdf?\\_tid=ed1905ae-3d35-11e5-bdae-00000aab0f26&acdnat=1438973932\\_239e910e52cff8e42803e2758f7d9e53](http://ac.els-cdn.com/S187114130700203X/1-s2.0-S187114130700203X-main.pdf?_tid=ed1905ae-3d35-11e5-bdae-00000aab0f26&acdnat=1438973932_239e910e52cff8e42803e2758f7d9e53) >.

CUNHA, E. E. et al. **Variabilidade genética e limite da seleção em populações de diferentes tipos de acasalamento**: Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 56: 242-250 p. 2004.

CURI, R. A. et al. **Seleção assistida por marcadores para o melhoramento do desempenho de equinos em corridas.**: Boletim de Indústria Animal. 70: 88-102 p. 2013.

DA MOTA, M. D. S.; PRADO, R. S.; SOBREIRO, J. **Caracterização da População de Cavalos Mangalarga no Brasil**: Arch. Zootec. 55: 31-37 p. 2006.

DA MOTA, M. D. S.; REGITANO, L. C. A. Some Peculiarities of Horse Breeding. In: JAVED, D. K. (Ed.). **Livestock Production**: INTECH, 2012. p.33-46. ISBN 978-953-51-0814-6

DA SILVA, M. V. G. B. et al. **Efeito da Endogamia sobre Características Produtivas e Reprodutivas de Bovinos do Ecótipo Mantiqueira.**: Rev Bras Zootec. 30,: 1236-1242. p. 2001.

DE LAAT, D. M. **Contribuição Genética de Fundadores e Ancestrais na Raça Campolina**. 2001. (MSc). Universidade Federal de Minas Gerais., Belo Horizonte.

DELGADO, J. F. et al. Assessment of population structure depending on breeding objectives in Spanish Arabian horse by genealogical and molecular information. **Livestock Science**, v. 168, p. 8, 2014. ISSN 1871-1413. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141314003606> >.

EDWARDS, E. H. **Cavalos**: Editora Ediouro S.A.: 256 p. 1993.

FELIPPE, M. J. B. **Imunodeficiências Primárias em Equinos**: Vet. e Zootec. 2013.

FISHER, R. A. The Correlation Between Relatives on the Supposition of Mendelian Inheritance. **Transactions of the Royal Society of Edinburgh**, v. 52, p. 5, 1918.



GHARAHVEYSI, S.; IRANI, M. **Inbreeding Study on the Iranian Arab Horse Population**: World Journal of Zoology 6: 1-6 p. 2011.

GLAZEWSKA, I. Speculations on the origin of the Arabian horse breed. **Livestock Science**, v. 129, n. 1-3, p. 49-55, 4// 2010. ISSN 1871-1413. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871141309003849>

[http://ac.els-cdn.com/S1871141309003849/1-s2.0-S1871141309003849-main.pdf?\\_tid=08a122a8-3d35-11e5-bcc8-00000aab0f6b&acdnat=1438973549\\_2f1b98c811bdf1e7a4e5d5e26dcf768f](http://ac.els-cdn.com/S1871141309003849/1-s2.0-S1871141309003849-main.pdf?_tid=08a122a8-3d35-11e5-bcc8-00000aab0f6b&acdnat=1438973549_2f1b98c811bdf1e7a4e5d5e26dcf768f) >.

GLAZEWSKA, I.; GRALAK, B. Balancing selection in Polish Arabian horses. **Livestock Science**, v. 105, n. 1-3, p. 272-276, Dec 2006. ISSN 1871-1413. Disponível em: < <Go to ISI>://WOS:000242564700033

[http://ac.els-cdn.com/S1871141306002319/1-s2.0-S1871141306002319-main.pdf?\\_tid=b9eb5772-202a-11e5-8ffc-00000aacb360&acdnat=1435780538\\_83be61f1123be2b1abf4f98c221238b5](http://ac.els-cdn.com/S1871141306002319/1-s2.0-S1871141306002319-main.pdf?_tid=b9eb5772-202a-11e5-8ffc-00000aacb360&acdnat=1435780538_83be61f1123be2b1abf4f98c221238b5) >.

GLAZEWSKA, I.; GRALAK, B.; NIEMCZEWSKI, C. **Is inbreeding coefficient a credible measure of autozygosity in Polish Arab horses?**: Animal Science Papers and Reports. 22: 621-629 p. 2004.

GLAZEWSKA, I. et al. A new view on dam lines in Polish Arabian horses based on mtDNA analysis. **Genet Sel Evol**, v. 39, n. 5, p. 609-19, Sep-Oct 2007. ISSN 0999-193X (Print)

0999-193X (Linking). Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17897600>  
<http://www.gsejournal.org/content/pdf/1297-9686-39-5-609.pdf> >.

GONÇALVES, R. W. et al. **Efeito da endogamia sobre características morfométricas em cavalos da raça Mangalarga Marchador**: Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 64: 419-426 p. 2012.

GRIFFITHS, A. J. F. et al. **Introdução à Genética**. nona edição. Editora Guanabara Koogan SA, 2009.

HALDANE, J. B. S. A Mathematical Theory of Natural and Artificial Selection, Part V: Selection and Mutation. **Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society**, v. 23, n. 07, p. 838-844, 1927. ISSN 1469-8064. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1017/S0305004100015644> >. Acesso em: 1927.

KHANSHOUR, A. et al. Microsatellite Analysis of Genetic Diversity and Population Structure of Arabian Horse Populations. **Journal of Heredity**, v. 104, n. 3, p. 386-398, May-Jun 2013. ISSN 0022-1503. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000317887500008

<http://jhered.oxfordjournals.org/content/104/3/386.full.pdf> >.

KHANSHOUR, A. M.; COTHRAN, E. G. Maternal phylogenetic relationships and genetic variation among Arabian horse populations using whole mitochondrial DNA D-loop sequencing. **Bmc Genetics**, v. 14, Sep 13 2013. ISSN 1471-2156. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000324519500002

<http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1471-2156-14-83.pdf> >.

MARIANTE ADA, S.; EGITO, A. A. Animal genetic resources in Brazil: result of five centuries of natural selection. **Theriogenology**, v. 57, n. 1, p. 223-35, Jan 1 2002. ISSN 0093-691X (Print)

0093-691X (Linking).

MARSH, O. C. Polydactyl horses, recent and extinct. **American Journal of Science**, v. Series 3 Vol. 17, n. 102, p. 499-505, June 1, 1879 1879. Disponível em: <<http://www.ajsonline.org/content/s3-17/102/499.short> >.

MOREY, D. **The Early Evolution of the Domestic Dog**. **Am. Sci.**, v. 82, p. 336-347, 1994.

PAIVA, A. L. D. C. **Endogamia na raça Holandesa no Brasil**. 2006. (DSc.). Universidade Federal de Viçosa., Viçosa, MG.

PETERSEN, J. L. et al. The American Quarter Horse: population structure and relationship to the thoroughbred. **J Hered**, v. 105, n. 2, p. 148-62, 2014 Mar-Apr 2014. ISSN 1465-7333. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24293614> >.

ROOS, L. et al. Investigations into genetic variability in Holstein horse breed using pedigree data. **Livestock Science**, v. 177, p. 25-32, Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2015.04.013> >. Acesso em: 2015/08/14.

SAIRANEN, J. et al. Effects of inbreeding and other genetic components on equine fertility. **Animal**, v. 3, n. 12, p. 1662-72, Dec 2009. ISSN 1751-7311 (Print)

1751-7311 (Linking). Disponível em: <  
[http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FANM%2FANM3\\_12%2FS1751731109990553a.pdf&code=dadff21800b1c16ba239898b8d35813a](http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FANM%2FANM3_12%2FS1751731109990553a.pdf&code=dadff21800b1c16ba239898b8d35813a)>.

SIERSZCHULSKI, J. et al. Inbreeding rate and its effect on three body conformation traits in Arab mares. **Animal Science Papers and Reports**, v. 23, n. 1, p. 51-59, 2005.

SNUSTAD, D. P.; SIMMONS, M. J. **Fundamentos de Genética**. 4ª Ed. Guanabara Koogan S A, 2008. 922.

SOBCZYNSKA, M. Genetic parameters of racing performance indices in Polish Arabian horses. **Livestock Science**, v. 131, n. 2-3, p. 245-249, Jul 2010. ISSN 1871-1413. Disponível em: <<Go to ISI>://WOS:000279757900014

[http://ac.els-cdn.com/S1871141310001447/1-s2.0-S1871141310001447-main.pdf?\\_tid=c030e7a0-202a-11e5-98d2-00000aab0f6b&acdnat=1435780549\\_1726bda38da7bc5a219d9f38f54dadf7](http://ac.els-cdn.com/S1871141310001447/1-s2.0-S1871141310001447-main.pdf?_tid=c030e7a0-202a-11e5-98d2-00000aab0f6b&acdnat=1435780549_1726bda38da7bc5a219d9f38f54dadf7) >.

TBHERITAGE. Foundation Sires. 2013. Disponível em: <  
<http://www.tbheritage.com/HistoricSires/FoundationSires.html> >. Acesso em: 19/08/2015.

TEEGEN, R.; EDEL, C.; THALLER, G. Population structure of the Trakehner Horse breed. **Animal**, v. 3, n. 1, p. 6-15, Jan 2009. ISSN 1751-7311 (Print)

1751-7311 (Linking). Disponível em: <  
[http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FANM%2FANM3\\_01%2FS1751731108003273a.pdf&code=22bd89a70f9684260e528452fc6608c7](http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FANM%2FANM3_01%2FS1751731108003273a.pdf&code=22bd89a70f9684260e528452fc6608c7)

[http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FANM%2FANM3\\_01%2FS1751731108003273a.pdf&code=22bd89a70f9684264579326df0a7aa58](http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FANM%2FANM3_01%2FS1751731108003273a.pdf&code=22bd89a70f9684264579326df0a7aa58) >.

TEIXEIRA, C. S.; OLIVEIRA, D. A. A.; KUABARA, M. Y. **Prevalência da Imunodeficiência Severa Combinada em cavalos da raça Árabe em plantéis de Minas Gerais e São Paulo**: Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 53 2001.

WADE, C. M. et al. Genome Sequence, Comparative Analysis, and Population Genetics of the Domestic Horse. **Science**, v. 326, n. 5954, p. 865-867, November 6, 2009 2009. Disponível em: < <http://www.sciencemag.org/content/326/5954/865.abstract> >.

WRIGHT, S. The Distribution of Gene Frequencies in Populations. **Proc Natl Acad Sci U S A**, v. 23, n. 6, p. 307-20, Jun 1937. ISSN 0027-8424 (Print)