

LA RAÇA EQUINA AUTÓCTONE PURO SANGUE LUSITANO: ESTUDO GENÉTICO DOS PARÂMETROS REPRODUTIVOS DE IMPORTÂNCIA NOS ESQUEMAS DE CONSERVAÇÃO E MELHORAMENTO

THE LUSITANO NATIVE THOROUGHBRED: A GENETIC STUDY OF THE IMPORTANT
REPRODUCTIVE PARAMETERS IN PLANS FOR CONSERVATION AND IMPROVEMENT

Valera, M.¹, L. Esteves², M.M. Oom³ y A. Molina¹

¹Departamento de Genética. Facultad Veterinaria. Avda. Medina Azahara s/n. 14005-Córdoba. España. E-mail: ge2vacom@uco.es

²Departamento de Zootecnia. Universidade de Évora. Núcleo da Mitra Évora. Portugal. E-mail: lesteves@uevora.pt.

³Departamento de Zoologia e Antropologia. Faculdade de Ciências. Lisboa. Portugal. E-mail: moom@fc.ul.pt.

PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Consanguinidade. Número de filhos. Primeiro filho. Último filho. Vida média reprodutiva.

ADDITIONAL KEYWORDS

Inbreeding. Number of foals. First foal. Last foal. Average reproductive life.

RESUMEN

A idade do primeiro filho, nos garanhões, marca o início da sua vida reprodutiva, assim como a idade ao último filho marca o final da mesma. A vida média reprodutiva é calculada fazendo a diferença entre estas duas idades, correspondendo o seu valor ao período de actividade reprodutiva da vida do animal. O número de descendentes por garanhão ao longo da sua vida reprodutiva é variável em função da duração da sua vida média reprodutiva e da sua taxa média de fertilidade.

Em geral o comportamento reprodutivo do cavalo não corresponde ao verdadeiro potencial das raças equinas, sendo isto em grande medida devido aos costumes e às actividades desportivas a que são submetidos os seus reprodutores. Em geral, os garanhões só são postos a cobrir depois de demonstrarem o seu valor como

desportistas, por essa razão iniciam em geral a sua actividade reprodutiva mais tarde do que as fêmeas.

Através da informação fornecida pelo Livro Genealógico do Puro Sangue Lusitano, formou-se uma base de dados com informação sobre 704 machos reprodutores.

Foram calculados os parâmetros reprodutivos médios da idade ao primeiro filho, idade ao último filho, vida média reprodutiva e número de filhos, cujos valores foram respectivamente, 82,74 meses, 125,68 meses, 50,60 meses e 12,28 descendentes.

Foi encontrada como significativa apenas uma correlação com a consanguinidade, que foi para o parâmetro número de descendentes ($r=0,112$). A consanguinidade média da amostra foi de 2,67 p.100.

Arch. Zootec. 49: 147-156. 2000.

SUMMARY

The age of the first suckling bounds the beginning of its reproductive life, as well as the age at the last suckling bounds its end. The reproductive average life is stricken by establishing the difference between these two ages, corresponding its value to the lifetime of reproductive activity of the animal. The number of descendants per stallion during its reproductive life is variable according to the lastingness of its reproductive average life and to its average rate of fertility.

For the most part of the reproductive behaviour of the horse doesn't correspond to the true potential of the equine race. One can say this is largely due to the customs and sports to which the stallions are subjected. Usually, stallions are only given the opportunity to copulate after showing their value as athletes and, for that reason, they usually begin their reproductive activity later than the females.

With the information given by the Stud-Book of the Lusitanian Thoroughbred, it was installed a data basis with information about 704 stallions.

The rated values of the average reproductive parameters of the age of the first suckling, the age at the last suckling, the reproductive average life and number of descendents were, respectively, 82.7 months, 125.7 months, 50.6 months and 12.3 descendents.

The average inbreed of the sample was 2,67 p.100. The only significant correlation with inbreed that was found, was to the parameter number of descendents ($r= 0.112$).

INTRODUÇÃO

Ao contrário de outras espécies domésticas, os equinos foram selecionados durante épocas remotas pelo seu rendimento nos desportos equestres; e devido a esse facto o produtor não presta muita atenção as caracte-

rísticas como a fertilidade (Phillips, 1977), sendo a taxa de concepção nos cavalos, a mais baixa de todas as espécies pecuárias (Merkt *et al.*, 1979). Uma eficiência reprodutiva relativamente baixa (Pozo, 1957; Nishikawa and Hafez, 1962; Mahon and Cunningham, 1982; Cothran *et al.*, 1984 e Cunningham, 1991) encarada como condicionante, tem dificultado a viabilidade económica de muitas coudelarias.

Martin *et al.* (1992) referiram a idade à puberdade como um carácter interessante para realizar selecção, uma vez que é relativamente imune às interacções com outros caracteres (provavelmente porque a idade à puberdade se expressa antes do animal entrar em produção), que tendo uma heretabilidade mais elevada que outros caracteres reprodutivos. Considera-se que geralmente o jovem cavalo não está apto a fecundar antes do 2 anos de idade (Nishikawa and Hafez, 1962).

Ensminger (1978) indica que não existem dados exactos na literatura que permitam quantificar a vida total e em especial a vida média reprodutiva. Um macho, com um maneio reprodutivo adequado, pode cobrir, normalmente, até aos 20 anos de idade sem que se altere a sua fertilidade, a partir desta altura começa a decrescer significativamente, pelo que se deve reduzir o número de montas. Para Ulmer and Juergenson (1977), um garanhão adulto pode beneficiar de 80 a 100 éguas por temporada, mantendo-se como um garanhão vigoroso e confiável até à idade de 20-25 anos.

O número de descendentes por garanhão ao longo da sua vida

reprodutiva é variável em função do número de fêmeas que salta por ano, da duração da sua vida média reprodutiva e da sua taxa média de fertilidade. Assim a vida sexual activa dos garanhões da raça Árabe é de 104,4 meses, durante a qual cada reprodutor deixa uma média de 21,7 descendentes. Destaca-se um número elevado de anos de vida (5,5 anos) não produtivos, isto será devido não tanto a uma baixa fertilidade dos animais, como a outros aspectos relativos a cria de cavalos, entre os quais se pode citar a maior procura de determinados garanhões cujas características raciais são mais relevantes para o produtor (Palmer, 1984).

Langlois (1976) estudando o número médio de produtos, obteve como resultado uma média de 7,03 produtos por garanhão e por ano, tendo sido o número máximo de produtos obtidos de 30. Observou ainda que, o número anual de descendentes de um garanhão diminuiu com a idade, sendo a sua produção mais activa entre os 5-15 anos de idade. Neste estudo, em 30 p.100 dos garanhões o número médio de produtos não ultrapassou 2,5 p.100 do total dos produtos. Ao inverso, somente 20 p.100 destes forneceram 60 p.100 do efectivo da geração seguinte.

Os esforços dedicados a encontrar as bases fisiológicas na eficiência reprodutiva, indicam que, pelo menos em algumas linhas, a consanguinidade torna mais lento o desenvolvimento dos testículos e retarda a puberdade (Wright, 1977). De qualquer modo, os estudos realizados no cavalo são escassos, comparando com outras

espécies tais como os ovinos e os bovinos.

Os efeitos da consanguinidade sobre a capacidade reprodutiva, tem sido discutidos por muitos autores em estudos realizados tanto em populações humanas como em distintas espécies domésticas (Hawk *et al.*, 1955; Mares *et al.*, 1961; Conneally *et al.*, 1963; Krehbiel *et al.*, 1969; Belic, 1971; Dawson, 1977; Trommerhausen, 1980 e Valera, 1997).

Particularmente, a influência da consanguinidade do garanhão sobre as suas qualidades como reprodutor tem sido alvo de vários estudos, como por exemplo o de Hauser *et al.* (1949), sobre o desenvolvimento dos órgãos genitais em garanhões de linhas consanguíneas ou resultante de cruzamentos entre elas, ou o estudo de Trofimenko (1971) sobre a influência da consanguinidade na sobrevivência dos espermatozóides, no qual se demonstra que a consanguinidade pode alterar a qualidade e a quantidade de gâmetas produzidos, assim como o comportamento sexual do macho.

Em termos gerais, parece que as reduções da capacidade reprodutiva junto com o incremento da mortalidade, são talvez os efeitos mais destacados da consanguinidade. Estes efeitos não são universais em todas as linhas consanguíneas, uma vez que, apesar dos efeitos mais drásticos da consanguinidade sobre a capacidade reprodutiva, algumas linhas consanguíneas desenvolveram-se bastante bem, mas são suficientemente marcantes para dificultar a continuação de algumas delas, ou inclusivamente tornar impossível ou pouco prática a sua exploração

do ponto de vista económico.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho utilizou-se a informação fornecida pelo Livro Genealógico da raça Puro Sangue Lusitano (animais nascidos até 1989), com a qual se elaborou uma base de dados com 9486 registros (4245 machos e 5241 fêmeas), dos quais el 7,42 p.100 corresponderam a garanhões (704).

Foram calculados os parâmetros idade ao primeiro e último filho, e número de filhos de cada macho reprodutor. O parâmetro vida média produtiva foi calculado fazendo, para cada animal, a diferença entre a idade ao filho e a idade ao primeiro filho.

O cálculo do coeficiente de consanguinidade, a partir da informação genealógica de cada animal, foi realizado mediante o emprego de diversos programas de computador que exploram a formulação original dada por Wright, (Wright, 1922) modificada pos-

teriormente por Lush (1940), com a introdução do factor de correção $(1+F_a)$.

Para o cálculo das correlações dos parâmetros em estudo e a consanguinidade, foi depurada a base de dados, utilizando-se apenas os garanhões cuja consanguinidade era possível de ser determinada; portanto a amostra utilizada para estes cálculos é constituída por 444 garanhões.

Para o tratamento estatístico dos dados foi utilizado o programa informático SAS v. 6.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise do histograma de frequências para a idade ao primeiro filho (**figura 1**), verificamos que a máxima frequência ocorre entre os 50 e os 100 meses, situando-se a média da amostra em 82,7 meses. Valores mais elevados foram encontrados por Langlois (1976), para o P.S.I., referindo uma idade ao primeiro filho de cerca de 96 meses de idade, justificando-se

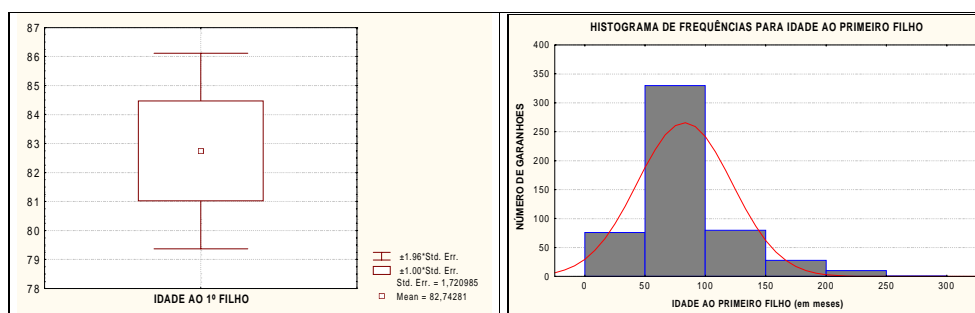


Figura 1. Diagrama de extremos e quartis e histogramas de frequências para a idade ao primeiro filho na raça Lusitana. (Box-whiskers plots and frequency histogram for the age of the first foal in the Lusitanian Thoroughbred).

PARÂMETROS REPRODUTIVOS NOS GARANHÕES DE P.S.L

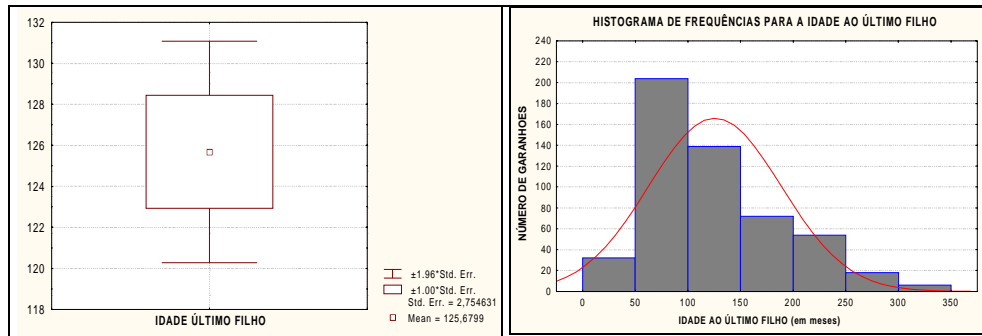


Figura 2. Diagrama de extremos e quartis e histogramas de frequências para a idade ao último filho na raça Lusitana. (Box-whiskers plots and frequency histogram for the age of the last foal in the Lusitanian Thoroughbred).

este valor pelo facto de que os ganhões só entram à cobertura depois de um período de carreira desportiva de 2 a 4 anos. Fuentes *et al.* (1990) determinaram para a raça Árabe, em Espanha, uma idade ao primeiro filho de 76,1 meses. Resultados mais baixos foram encontrados por Parés (1995), para os ganhões da raça Bretón Ceretano (48-60 meses de idade), justificado pelo facto destes animais não

serem normalmente utilizados para o desporto equestre.

Para a idade ao último filho, verificou-se que na raça de Puro Sangue Lusitano, esta idade é um parâmetro muito variável, entre os 50 e os 250 meses (**figura 2**) é mais baixa para os ganhões que para as éguas (Esteves *et al.*, 1998). Assim encontrou-se uma idade média ao último filho de 125,7 meses de idade (**figura**

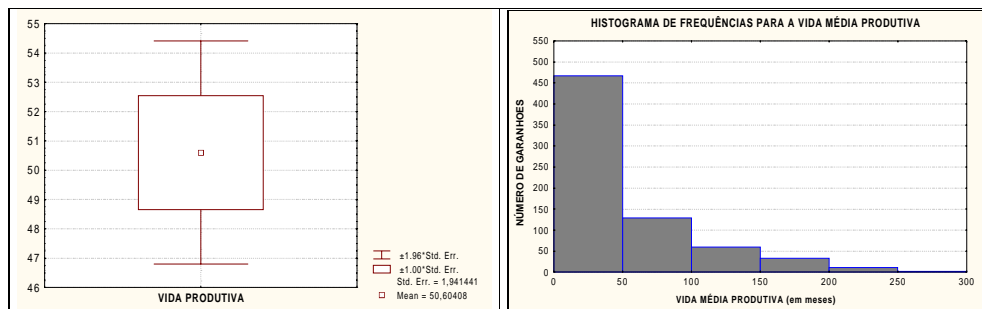


Figura 3. Diagrama de extremos e quartis e histogramas de frequências para a vida média reprodutiva na raça Lusitana. (Box-whiskers plots and frequency histogram for the average reproductive life in the Lusitanian Thoroughbred).

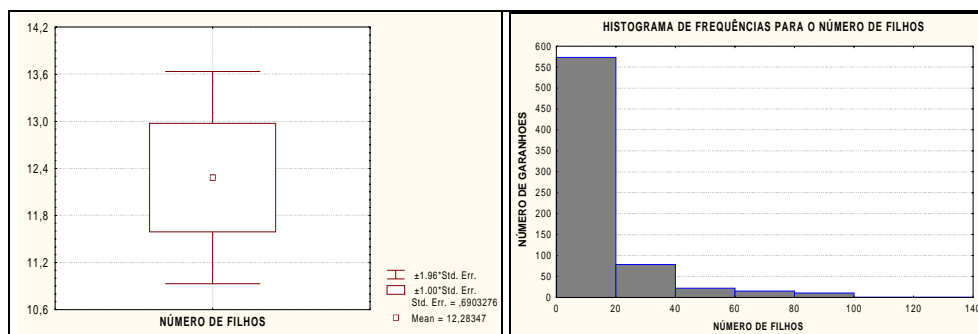


Figura 4. Diagrama de extremos e quartis e histogramas de frequências para o número médio de filhos. (Box-whiskers plots and frequency histogram for the average foal number in the Lusitanian Thoroughbred).

2). Valores mais elevados foram encontrados por Sasimowski (1961), que refere uma idade ao último filho de 157,2 meses de idade, e Langlois (1976), que nos indica uma idade ao último filho de 195,6 meses de idade, para os ganhões de P.S.I. Estes valores médios tão baixos podem ser explicados pelo facto de alguns ganhões serem usados preferencialmente em deterimento de outros que, cedo são rejeitados como reprodutores, encontrando-se assim animais que tem uma vida reprodutiva muito longa e outros que a têm relativamente curta, obtendo-se valores médios baixos.

Foi determinada, para os ganhões de Puro Sangue Lusitano uma vida média produtiva de 50,6 meses e com uma frequência máxima entre 0 e 50 meses (**figura 3**). Os resultados encontrados na bibliografia são todos mais elevados do que os encontrados neste estudo. Manunta (1953), estimou em 141,6 meses a vida reprodutiva dos machos da raça Sardo; Langlois (1976) em 116,4 meses para o P.S.I. e

Draganescu and Kinda (1983) em 91,8 meses, para a raça Romanian Nonius. Segundo os nossos resultados registou-se uma grande diferença entre o número de anos em que estão as fêmeas e os machos em reprodução Esteves *et al.*, 1998); esta será devida à idade mais tardia a que entram os machos em reprodução.

O número de descendentes por ganhão ao longo da sua vida reprodutiva é variável em função do número de fêmeas que salta por ano, da duração da sua vida média reprodutiva e da sua taxa média de fertilidade. Langlois *et al.* (1983), referiram que numa população, a idade dos machos à primeira cobrição e a idade ao último filho determinam, junto com a fertilidade, com intervalo generacional e com o manejo reprodutivo, o número médio de descendentes por animal. Os estudos realizados sobre estes aspectos em populações equinas, mostram que as estruturas demográficas são dominadas por performances reprodutivas muito

PARÂMETROS REPRODUTIVOS NOS GARANHÕES DE P.S.L

baixas. Na verdade, a produtividade numérica (nº de descendentes vivos/ano/fêmea) anda à volta de 0,55. Este valor é compensado pelo longo período de utilização dos animais, e conduz a um intervalo generacional muito longo (Langlois *et al.*, 1983). No entanto isto conduz a um elevado número de descendentes por animal (cerca de 50 por garanhão), aumentando assim as possibilidades de selecção; torna-se assim possível uma taxa de selecção mínima de 5 p.100. No caso da cria de cavalos de corrida, cujos animais praticamente são todos testados para a performance, levam, associado aos aspectos anteriormente referidos, uma boa intensidade de selecção.

Para a raça em estudo, foi encontrado um número médio de descendentes de 12,28, com uma frequência máxima entre 0 e 20 (**figura 4**). O valor mais baixo encontrado na literatura

foi de 2,3 descendentes, para os garanhões da raça Kathiawari (Pundir *et al.*, 1997). Ainda com um número de descendentes inferior, foi o encontrado por Langlois (1976), para a raça P.S.I. (7,0), por Valera (1997), para a Pura Raça Espanhola (P.R.E.) (8,9) e por Bergmann *et al.* (1997), para o Pônei Brasileiro (10,1). Superior ao referido para o Puro Sangue Lusitano, foi o encontrado para a raça Criolla Chilena, por Porte *et al.* (1991) e por Porte e Garibaldi (1987), que determinaram para a referida raça um número médio de descendentes de 13,5 e 14,1, respectivamente.

O nível médio de consanguinidade (**figura 5**) da amostra utilizada foi de 2,67 p.100 (n=444), e a média de consanguinidade para os animais que apresentavam consanguinidade superior a zero foi de 8,23 p.100 (n=144). Calcularam-se as correlações dos di-

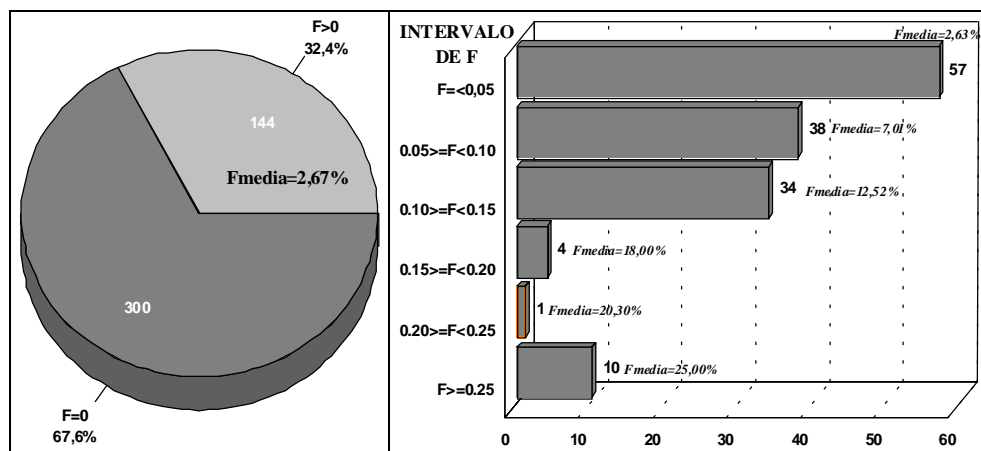


Figura 5. Consanguinidade na população de garanhões de Puro Sangue Lusitano. Distribuição da consanguinidade por intervalos de F. (Average inbreeding of the stud population in the Lusitanian Thoroughbred).

versos parâmetros reprodutivos em estudo, com o nível médio de endogamia, tendo-se encontrado como significativa apenas a correção da consanguinidade com o número médio de filhos ($r=0,112$), como se pode observar na **figura 6**.

Este resultado está de acordo com Valera (1997) na população de P.R.E., na qual não encontra nenhuma correlação entre a consanguinidade e outros parâmetros como a idade ao primeiro parto ou a vida média reprodutiva, Por outro lado encontrou uma relação do nível de consanguinidade do grupo de reprodutores machos e o número de descendentes era positiva (incrementos de 1 p.100 no nível de consanguinidade, dá lugar a um aumento de 6 descendentes), provávelmente devida à elevada correlação entre a consanguinidade e o nível de influência Cartujana, estirpe genética mais pura, de maior prestígio e valor económico do P.R.E.

Outros autores como Tunguskov and Ponomareva (1991) estudaram o nível de consanguinidade e o efeito da mesma sobre os aspectos reprodutivos no cavalo Trotador de Orlov. Como a consanguinidade média foi muito baixa, não se verificou redução na fertilidade.

Para a raça Lusitana, Costa-Ferreira e Oom (1989) calcularam um coeficiente de consanguinidade de 9.03 p.100, numa população de 5732 animais, concluindo não haver casos significativos de efeitos deletérios nos animais em causa, justificando o facto pela utilização de um sistema de reprodução em consanguinidade pelo método de emparelhamento em linha, com o qual se constituem linhas consanguíneas distintas.

Estes resultados contrastam com os de Cunningham que observou que a taxa reprodutiva diminuiu em 7 p.100 quando se elevou o coeficiente de consanguinidade em 10 p.100, se bem que para este autor a consanguinidade do P.S.I. é muito mais elevada do que

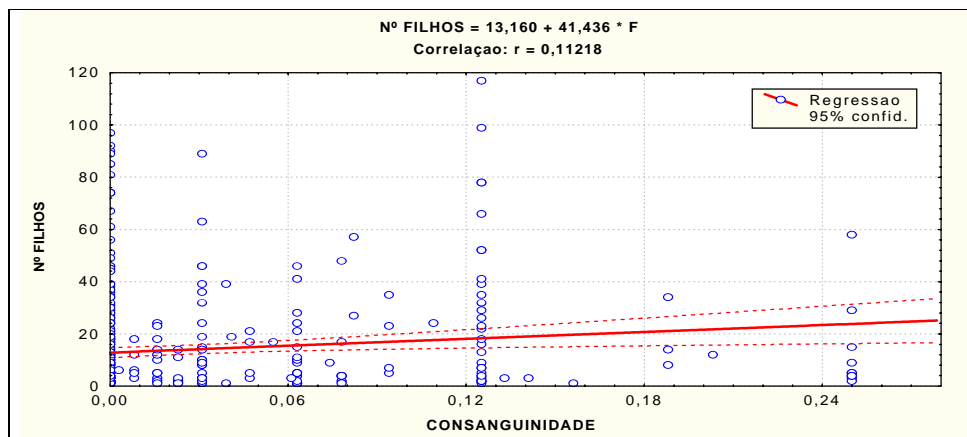


Figura 6. Correlação da consanguinidade com o número de filhos nos garanhões de Puro Sangue Lusitano. (Correlation of inbreeding with foal number among Lusitanian Thoroughbred Studs).

PARÂMETROS REPRODUTIVOS NOS GARANHÕES DE P.S.L

para as restantes raças equinas.

Na raça Sorraia, Oom (1992) estudou os efeitos que a consanguinidade produzia sobre os parâmetros reprodutivos, evidenciando que ocorrem com maior frequência produtos inviáveis e que a maturidade sexual

surge mais tardiamente nos indivíduos de maior consanguinidade.

Mesmo assim, Valera *et al.* (1997) encontraram uma relação negativa entre a consanguinidade e o número de descendentes no cavalo Puro Sangue Árabe em Espanha.

BIBLIOGRAFÍA

- Belic, M. 1971. Effect of inbreeding on mortality and development of calves to 90 days of age. *Anim. Breed. Abst.*, 40: 2939.
- Bergmann, J., M. Costa, G. Mourão and M. Hourineto. 1997. Formação e estrutura genética da raça Pônei Brasileira. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 49: 251-259.
- Conneally, P., W. Stone, W. Tyler, L. Casida and N. Morton. 1963. Genetic load expressed as fetal death in cattle. *J. Dairy Sci.*, 46: 232-236.
- Costa-Ferreira, J. e M.M. Oom. 1989. Consanguinidade na raça Lusitana. *Rev. Port. Ciên. Vet.* 84: 77-89.
- Cothran, E., J. MacCluer, L. Weitkamp, D. Pfenning and A. Boyce. 1984. Inbreeding and reproductive performance in Standardbred horses. *J. of Hered.* 75: 220-224.
- Cunningham, E. 1991. Genética del caballo Puro Sangre. *Investigación y ciencia*, 178: 60-67.
- Dawson, F. 1977. Recent advances in equine reproduction. *Equ. Veter. J.*, 9: 4-11.
- Draganescu, C. and Z. Kinda. 1983. Genetic history of Romanian Nonius horses. *Lucrari Stiintifice, Institutul Agronomic "N. Balcescu"* 26: 97-103.
- Ensminger, M. 1978. Producción equina. Ed. El Ateneo, Buenos Aires, 471 pp.
- Esteves, L., M. Valera, M.M. Oom e A. Molina. 1998. Análise genética de parâmetros reprodutivos nas fêmeas de Puro Sangue Lusitano. VII Congresso de Zootecnia. Angra do Heroísmo. Açores, Portugal.
- Fuentes, F., C. Gonzalo, M. Herrera, A. Quiles e M. Hevia. 1990. Parámetros reproductivos del caballo Arabe. *ITEA*, 86A:172-177.
- Hauser, E.R., C.D. Squiers, G.E. Dickerson and D.T. Mayer. 1949. Inbreeding and strain differences in reproductive performance of boars. 41st Annual Meeting of the American Society of Animal Production, Chicago. Resúmen in *J. Ani. Sci., champaign*, 8: 640.
- Hawk, H., W. Tyler and L. Casida. 1955. Effect of sire and system of mating on estimated embryonic loss. *J. Anim. Sci.*, 38: 420-427.
- Krehbiel, E., R. Carter, K. Bovar, J. Gaines and B. Priode. 1969. Effects of inbreeding and environment on fertility of beef cattle matings. *J. Anim. Sci.*, 29: 528-533.
- Langlois, B. 1976. Estimation de quelques paramètres démographiques du Pur Sang Anglais en France. *Ann. Génét. Sél. Anim.*, 8: 315-329.
- Langlois, B., D. Minkema and E. Bruns. 1983. Genetic problems in horse breeding. *Livest. Prod. Sci.*, 10: 69-81.
- Mahon, G. and E. Cunningham. 1982. Inbreeding and the inheritance of fertility in the Thoroughbred mare. *Livest. Prod. Sci.*, 9: 743-754.
- Manunta, J. 1953. Sulla durata della vita utile del cavallo. *Arc. Vet. Ital.*, 4: 43-50.
- Mares, S., A. Menge, W. Tylor and L. Casida. 1961. Genetic factors affecting conception rate and early pregnancy loss in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.*, 44: 96-103.
- Martin, L., R. Brinks, R. Bourdon and L. Cundiff. 1992. Genetic effects on beef heifer puberty

- and subsequent reproduction. *J. Anim. Sci.* 70: 4006-4017.
- Merkt, H., K. Jacobs, E. Klug and E. Aukes. 1979. An analysis of stallion fertility rates (foals born alive) from the breeding documents of the Landgestiit Celle over a 158-year period. *J. Reprod. Fert., Suppl.* 27: 73-77.
- Nishikawa, Y. and E. Hafez. 1962. The reproduction of horses. In: Hafez, Reproduction in farm animals. Ed. Lea e Fabiger, Philadelphia, Cap. 16: 266-300.
- Oom, M.M. 1992. O cavalo Lusitano. Uma raça em recuperação. Tesis doctoral. Faculdade de Ciências. Universidade de Lisboa. Portugal.
- Palmer, E. 1984. Amélioration de la fécondité dans l'espece aquine. En: Le Cheval. Ed. INRA (Paris): 37-46.
- Parés, P. 1995. Manejo de los sementales Bretones Ceretanos: La necesidad de "consumir en reproducción". *AYMA*, 35: 9-13.
- Phillips, H. 1977. Algunas características del ciclo sexual en la yegua Fina Sangre de Carrera Tesis. Fac. Ciênc. Vet. Santiago, Univ. Chile. 80 p.
- Porte, E.F. e G.D. Garibladí. 1987. Estudio de algunos índices biológicos de cabalares (*Equus caballus*), de la raza Criolla Chilena. I. Reproducción. *Avances en Producción Animal*, 12: 195-202.
- Porte, E., A. Mansilla y H. Cortés. 1991. Análisis de los registros genealógicos de la raza equina Criolla Chilena. I. Aspectos reproductivos. *Avances en Producción Animal*, 16: 117-130.
- Pozo, R. 1957. Study on the fecundity of the Spanish horse and the Arab horse in Spain. *Arch. Zootec.*, 6: 243-247.
- Pundir, R., R. Vijh, R.N. Shukla, A.S. Vyas, B.K. Bhavsar and A.E. Nivsarkar. 1997. Characterisation of Indian Kathiawari horses. *AGRI-FAO*, 21:71-80.
- Sasimowski, E. 1961. Durée d'utilisation à l'élevage des étalons de sang pur dans le district de Lublin (Polonais). *Anim. Breed. Abstr.*, 31: 43. (Abstr.).
- Trofimenko, A. 1971. Age variability, repeatability and heretability of large white boars. *Anim. Breed. Abstr.*, 39: 4938.
- Trommerhausen, A. 1980. Aspects of genetics and disease in the horse. *J. Anim. Sci.*, 51: 1087-1095.
- Tunguskov, V. and N. Ponomareva. 1991. The effects of inbreeding on speed and reproductive traits in Orlov trotters. In: Puti i metody povysh productiv.s.-kh. zhivotnykh. perm., USSR, p. 11-14.
- Ulmer, E. y M. Juergenson. 1977. Cría y manejo del caballo. CECSA, México, 269 pp.
- Valera, M. 1997. Mejora genética del caballo de P.R.E. de estirpe Cartujana. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba.
- Valera, M., A. Molina, K. Satué y M. Vinuesa. 1997. Estudio comparativo de la evolución del nivel de endogamia en las poblaciones de caballos de P.S.á. (Pura Sangre Árabe) y P.R.E. (Pura Raza Española) en la yeguada militar del estado español. In: Actas do VI Congresso de Zootecnia (Évora-Portugal): 205-210.
- Wright, S. 1977. Evolution and the genetic of populations. Vol. 3. Experimental Results and Evolutionary deductions. University of Chicago Press, Chicago.