

# Influência do gênero e da idade no estágio de desenvolvimento ósseo e longevidade atlética de equinos da raça Puro Sangue Inglês de corridas no Brasil – estudo preliminar

Influence of age and sex on bone development and athletic career longevity of Thoroughbred racehorses in Brazil – preliminary study

Marcia Torres Ramos<sup>1\*</sup>, Cleyanne França de Oliveira Silva<sup>2</sup>, Ana Carolina Ferreira da Rocha<sup>3</sup>, Chiara Albano de Araujo Oliveira<sup>4</sup>, Cláudio Vaz Di Mambro Ribeiro<sup>4</sup>, Maria Fernanda De Mello Costa<sup>5</sup>, Marcelo Abidu-Figueiredo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica, Rio de Janeiro, Brasil

<sup>2</sup>Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

<sup>3</sup>Solutio Medicina Equina, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil

<sup>4</sup>Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, Bahia, Brasil

<sup>5</sup>Texas A&M University: College Station, Texas, US

\*Autor correspondente: [marciatramos@gmail.com](mailto:marciatramos@gmail.com)

## Resumo

O impacto do exercício de alta velocidade no sistema musculoesquelético de cavalos de corrida jovens tem sido amplamente discutido devido a preocupações com a saúde e o bem-estar animal. Este estudo investigou a correlação entre idade, grau de ossificação da epífise radial distal, sexo e longevidade da carreira de cavalos Puro Sangue Inglês de corrida no Brasil de 2012 a 2015. Realizamos uma avaliação retrospectiva de 286 radiografias dorsopalmar da região radiocarpica esquerda de cavalos jovens e seu desempenho de corrida. O fechamento epifisário radial distal foi classificado em três graus decrescentes: A, B ou C. Os dados de desempenho incluíram o número de corridas disputadas, duração da carreira atlética e o número de corridas por mês. As variáveis foram submetidas à análise de regressão. No momento do exame radiográfico, os cavalos machos eram significativamente mais velhos que as fêmeas, e os cavalos com diferentes graus de fechamento epifisário diferiram com a idade. A idade na primeira corrida foi de 33,08±3,81 meses, a média de corridas disputadas foi de 18,32±15,14 corridas, a duração da carreira atlética foi de 20,37±13,82 meses e o número de corridas realizadas por mês foi de 0,93±0,46 corridas. A idade influenciou ( $P>0,001$ ) o fechamento da epífise radial distal em cavalos de corrida, mas o sexo não ( $P=0,218$  para machos e  $P=0,275$  para fêmeas). Uma associação inversa foi observada entre a idade na primeira corrida, o número de corridas disputadas por mês e a duração da carreira atlética. A frequência de corrida e a idade na primeira corrida influenciaram a duração da carreira atlética.

**Palavras-chave:** desempenho atlético; fechamento epifisário distal radial; radiografia

## Abstract

The impact of high-speed exercise on the musculoskeletal system of young racehorses has been extensively discussed because of concerns regarding animal health and welfare. This study investigated the correlation between age, degree of ossification of the distal radial epiphysis, sex, and career longevity of Thoroughbred racehorses in Brazil from 2012 to 2015. We performed a retrospective evaluation of 286 dorsopalmar radiographs of the left radiocarpal region of young horses and their racing performance. Distal radial epiphyseal closure was classified into three degrees: A, B, or C. Performance data included the number of races raced, athletic career length, and the number of races per month. The variables were subjected to regression analysis. At the time of radiographic examination, male horses were significantly older than females, and horses with epiphyseal closure degrees differed with age. Age at first race was 33.08±3.81 months, the average of races raced was 18.32±15.14 races, athletic career duration was 20.37±13.82 months, and the number of races raced per month was 0.93±0.46 races. Age influenced ( $P>0.001$ ) the distal radial epiphyseal closure on racehorses, but sex did not ( $P=0.218$  for males and  $P=0.275$  for females). An inverse association was observed between age at the first race, the number of races raced per month, and athletic career duration. The frequency of race and the age at the first race influenced athletic career duration.

**Key words:** Athletic performance; distal radial epiphyseal closure; radiography

## 1. Introdução

Distúrbios do sistema musculoesquelético (SME) são a causa mais comum de perda de dias de treinamento, respondendo por aproximadamente 67,6% de todas as condições diagnosticadas, causando perdas econômicas

significativas para a indústria equina<sup>(1)</sup>. Muito têm-se discutido sobre o impacto do exercício de alta velocidade em cavalos jovens, que costumam participar de corridas a partir dos 2 anos de idade<sup>(2,3,4,5)</sup>. No entanto, os cavalos são animais cursoriais e presas na natureza. Portanto, os

Recebido: 27 de setembro de 2022. Aceito: 26 de dezembro de 2022. Publicado: 18 de dezembro de 2023.



Este é um artigo de Acesso Aberto distribuído sob os termos da Creative Commons Attribution License, que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.

<https://revistas.ufg.br/vet/index>

cavalos já nascem com uma SME desenvolvido e que é receptivo ao comportamento lúdico de brincadeiras (*play behavior*) em uma idade mais jovem e ao exercício em uma idade mais avançada. Evidências científicas indicam uma influência positiva de sessões de exercícios precoces controlados, propiciando a adaptação das estruturas ósseas e cartilaginosas aos exercícios de média e alta intensidade que serão realizados pelo cavalo em sua vida adulta<sup>(5,6,7)</sup>.

O estudo radiográfico da calcificação da placa de crescimento do radio distal ainda é um método prático e barato para avaliar a maturidade óssea em equinos, auxiliando no ajuste das intensidades individuais de treinamento e prevenindo lesões que poderiam comprometer o futuro atlético dos cavalos<sup>(3,8)</sup>. Até onde sabemos, estudos detalhados de perdas e avaliações de carreira de cavalos Puro Sangue Inglês (PSI) ainda são escassos no Brasil, mesmo sendo essenciais para auxiliar na promoção do bem-estar dos cavalos por meio da prevenção de lesões, além de desenvolver conhecimento para a indústria de corridas de cavalos. Portanto, este estudo teve como objetivo investigar a correlação entre a idade, o grau de ossificação da epífise distal do rádio, o sexo e a longevidade da carreira atlética de cavalos puro sangue inglês de corrida no Brasil.

## 2. Material e métodos

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa para o Uso de Animais Experimentais da Universidade de Vassouras (No. 042/2017). Foi realizado um estudo retrospectivo de 286 exames radiográficos do membro torácico esquerdo, com imagens obtidas em posicionamento dorsopalmar do carpo esquerdo de cavalos PSI jovens iniciando treinamento no Jockey Club Brasileiro, Rio de Janeiro, Brasil, entre 2012 e 2015. As imagens foram coletadas aleatoriamente de um banco de dados existente de estudos radiográficos adquiridos por meio de radiologia digital direta com os equipamentos Eklin Mark III (Sound Eklin) e MyRad Equine 70 (Universal Imaging).

O grau de fechamento epifisário radial distal (REC) foi classificado em: “A”, quando linha fisária encontra-se completamente mineralizada, “B”, quando o centro da linha fisária encontra-se mineralizada, mas não sua periferia, e “C” se não houver mineralização perceptível na linha fisária<sup>(9)</sup>. As imagens radiográficas foram interpretadas por dois veterinários experientes que chegaram a um consenso ao discutir seus achados.

Os critérios de inclusão dos cavalos foram ter um estudo de controle REC e ter competido pelo menos uma vez após o REC. Apenas o primeiro estudo REC foi considerado nos casos em que as radiografias sequenciais estavam disponíveis. A idade dos cavalos no momento do exame radiográfico em meses (XRAM) foi determinada

subtraindo-se a data do exame radiográfico da data de nascimento dos animais. Detalhes da carreira atlética, sexo, data da primeira corrida e número total de corridas disputadas foram obtidos por meio de consulta ao site público da Associação Brasileira de Criadores e Proprietários de Cavalos de Corrida<sup>(10)</sup>. A idade da primeira corrida em meses (FRAM), a duração da carreira atlética em meses (ACDM) e o número de corridas por mês foram calculados. A relação entre sexo e REC, e REC e a idade ao exame radiográfico em meses foi avaliada por regressão logística simples. As demais variáveis foram submetidas à análise de regressão e ajustadas a modelos lineares e quadráticos ( $P < 0,05$ ) por meio do programa estatístico JMP (2007)<sup>(11)</sup>.

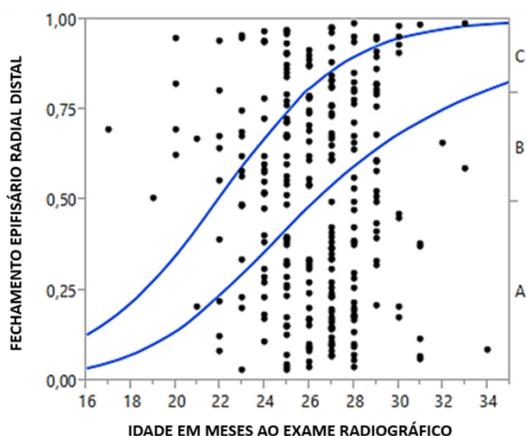
## 3. Resultados

Os exames radiográficos retrospectivos de 286 cavalos PSI com pelo menos uma corrida realizada incluíram 130 fêmeas (45,45%) e 156 machos (54,55%), com idade média de  $25,9 \pm 2,51$  e  $26,56 \pm 2,26$  meses, respectivamente. Cavalos machos eram significativamente mais velhos que as fêmeas ( $P = 0,019$ ). A classificação do grau REC é demonstrada na Figura 1.



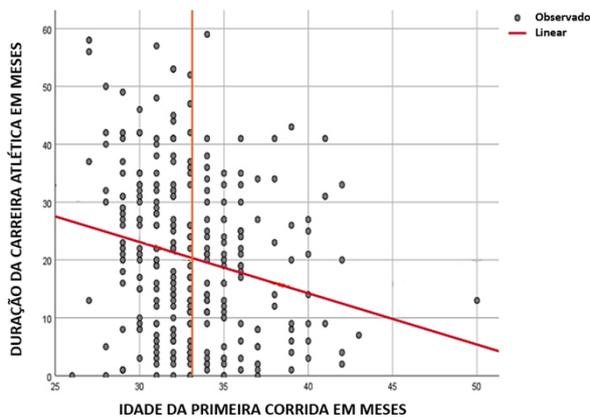
**Figura 1.** As radiografias da região radiocarpiana esquerda dos cavalos na posição dorsopalmar (80 kV, 1,6 mAs e distância focal do filme de 40 cm) demonstram a classificação do fechamento epifisário radial distal (REC) (seta branca) de acordo com Adams (1974), classificado como “A” quando a linha epifisária está completamente calcificada, “B” quando o centro da linha epifisária está calcificado, mas não sua periferia, e “C” se não há calcificação perceptível na linha epifisária.

Cavalos com classificação REC A ( $n = 141$ ), B ( $n = 87$ ) e C ( $n = 58$ ) diferiram em idade ( $P < 0,001$ ), com média de idade de  $26,89 \pm 2,07$  meses,  $26,24 \pm 1,95$  meses e  $24,76 \pm 3,03$  meses, respectivamente. Não houve influência do sexo no REC de machos ( $P = 0,218$ ) ou fêmeas ( $P = 0,275$ ). As variáveis de desempenho da população (médias  $\pm$  DP) foram FRAM de  $33,08 \pm 3,81$  meses,  $18,32 \pm 15,14$  corridas desempenhadas, ACDM de  $20,37 \pm 13,82$  meses e número de corridas por mês de  $0,93 \pm 0,46$ . A análise de regressão logística mostrou influência da idade em meses dos cavalos no momento do exame radiográfico sobre o grau de REC (Figura 2).



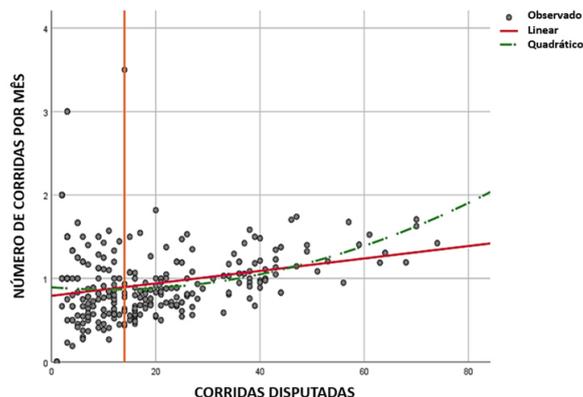
**Figura 2.** Curva de regressão logística do efeito da idade em meses ao exame radiográfico (XRAM) sobre a probabilidade de fechamento epifisário radial distal (REC), classificada como A, B ou C (“A” quando a linha epifisária está completamente calcificada, “B” quando o centro da linha epifisária está calcificado, mas não sua periferia, e “C” se não há calcificação perceptível na linha epifisária).

A análise de regressão linear demonstrou a influência de FRAM nas corridas disputadas ( $P=0,036$ ;  $r^2=0,015$ ) e ACDM ( $P=0,0002$ ;  $r^2=0,046$ ), conforme mostrado na Figura 3.

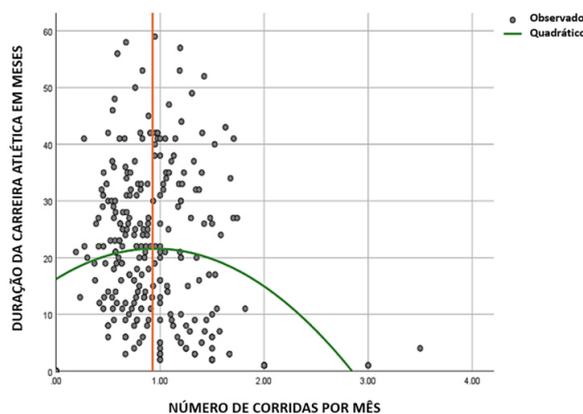


**Figura 3.** Regressão linear da idade da primeira corrida em meses (FRAM) em relação à duração da carreira atlética em meses (ACDM).

Conforme ilustrado na Figura 4, a regressão linear também demonstrou a influência do número de corridas por mês nas corridas disputadas ( $P<0,001$ ;  $r^2=0,06$ ). A regressão quadrática mostrou que o número de corridas por mês influenciou o ACDM ( $P=0,0003$ ;  $r^2=0,06$ ), conforme demonstrado na Figura 5.



**Figura 4.** Regressão linear, regressão quadrática e média do número de corridas por mês em relação ao número de corridas disputadas.



**Figura 5.** Regressão quadrática do número de corridas por mês em relação à duração da carreira atlética em meses (ACDM).

Embora os machos fossem mais velhos que as fêmeas, o sexo não influenciou o grau de REC. Esses resultados diferiram de estudos que indicaram que as fêmeas têm fechamento epifisário mais precoce do que os machos<sup>(11,12)</sup>. Como esperado, os cavalos com REC classificados como C eram mais jovens do que os classificados como B, e os cavalos classificados como A eram os mais velhos. De acordo com a análise de regressão logística, quanto mais velho o cavalo, maior a probabilidade de apresentar fechamento epifisário.

Neste estudo, os cavalos PSI com REC A tinham em média 26,89 meses de idade, diferindo de estudos anteriores que relataram idade média de 23 meses em fêmeas e 25 meses em machos<sup>(12)</sup>. As diferenças observadas no REC dos cavalos e nos parâmetros de crescimento estão relacionadas à genética e são influenciadas por diversos fatores, como práticas de alimentação e manejo, país, clima e época de venda, demonstrando a necessidade de avaliação individualizada, respeitando a raça e o regime adotado

durante a criação e treinamento atlético<sup>(13,14)</sup>. Houve uma associação inversa entre FRAM, corridas disputadas e ACDM. Os cavalos neste estudo que começaram suas carreiras atléticas em uma idade mais jovem tiveram carreiras mais longas e correram mais vezes, concordando com a população de cavalos PSI de corrida na Austrália, Hong Kong, Nova Zelândia, Polônia, Hungria e Turquia<sup>(15,16,17,18,19,20)</sup>.

A idade em meses na primeira corrida indicou que os cavalos que correram pela primeira vez entre 30 e 35 meses tiveram carreiras mais longas, com ACDM de 20,37 meses. De acordo com nossos resultados, houve uma média de seis meses entre o REC e a primeira corrida dos cavalos. No entanto, deve-se ter cuidado com cargas de treinamento em cavalos jovens, principalmente aquelas realizadas em altas velocidades. Pesquisa realizada em cavalos de corrida no Reino Unido<sup>(2)</sup> observou que 78% das fraturas ocorreram durante o treinamento, sendo pelo menos 57% fraturas por estresse, demonstrando a não adaptação ao regime de treinamento. Além de ser uma característica desejável nas corridas, as evidências científicas sugerem uma influência positiva do início precoce do treinamento controlado, permitindo as adequadas adaptações ósseas e cartilagíneas ao exercício<sup>(8,19,21)</sup>, resultando em carreiras atléticas mais longas<sup>(22,23)</sup>. Independentemente do que possa ser familiar para a indústria de cavalos PSI, iniciar uma carreira atlética mais tarde pode não diminuir a taxa de lesões do SME. Neste estudo, os cavalos que começaram a competir com mais de 35 meses de idade tiveram carreiras mais curtas e correram menos vezes.

Neste estudo, a duração média da carreira atlética foi de 20,33 meses, superior à média observada em estudos com cavalos de corrida PSI na Austrália (18,90 meses)<sup>(17)</sup> e na Turquia (17,79 meses)<sup>(20)</sup> e inferior à de Hong Kong (23,36 meses)<sup>(16)</sup>. Os valores médios de duração da carreira atlética<sup>(23)</sup> observados em cavalos nascidos em Victoria, na Austrália, concordaram com nossos achados. Os motivos do fim da carreira atlética do cavalo de corrida brasileiro não foram documentados. No entanto, de acordo com observações anteriores na Austrália, os principais motivos podem ser desempenho ruim ou lesão, onde 59% dos cavalos treinados foram aposentados ou realojados devido ao desempenho ruim ou solicitação do proprietário. Em comparação, apenas 28% foram aposentados por problemas de saúde<sup>(23)</sup>.

Cavalos lesionados têm sido reportados<sup>(16)</sup> como sendo propensos a correr com menos frequência, diminuindo os valores médios do número de corridas por mês, uma vez que precisariam de um período de repouso para se recuperar. Além disso, cavalos com valores mais altos de FRAM<sup>(24)</sup> tendem a correr com mais frequência para compensar o atraso no início da carreira atlética, o que também pode influenciar os valores médios de corrida da população e o número de corridas por mês. A idade da

primeira corrida em meses e as corridas disputadas foram consideradas fatores de risco que influenciam a duração da carreira de cavalos de corrida PSI na Turquia<sup>(20)</sup>.

Neste estudo, o número de corridas por mês influenciou positivamente as corridas disputadas, de modo que quanto maior o número de corridas por mês, maior o número de corridas disputadas. Embora a média de corridas disputadas tenha sido de 18,32 corridas por carreira atlética, foi observada uma grande variação entre os cavalos individualmente, demonstrando alta variabilidade na frequência de inscrições em corridas. As médias de corridas disputadas observadas em nosso estudo foram superiores às observadas na população australiana de cavalos PSI de corrida, com 14,80 corridas<sup>(17)</sup> e inferiores às de Hong Kong, com valores médios de 19,55 corridas<sup>(18)</sup>. O presente estudo observou o número de corridas por mês valores semelhantes aos descritos na literatura. Cavalos que correram aproximadamente uma vez por mês, ou mais precisamente realizaram  $0,93 \pm 0,46$  corridas por mês, tiveram maior duração de carreira, demonstrando a influência do número de corridas por mês na duração da carreira atlética, conforme observado pela resposta quadrática da análise de regressão.

Os benefícios de entender os perfis de carreira incluem o desenvolvimento de métodos de prevenção que podem aprimorar os métodos de treinamento e aumentar o desempenho e a expectativa de vida dos cavalos de corrida, melhorando o bem-estar animal e a aceitação da comunidade das práticas comerciais e procedimentos operacionais da indústria de cavalos de corrida, também conhecidos como licença para operar. Este estudo fornece informações estratégicas para a indústria de cavalos sobre como alterar e otimizar as práticas de gestão. Mais pesquisas são necessárias para avaliar grupos maiores e outros parâmetros que possam influenciar a longevidade atlética de cavalos de corrida.

## 5. Conclusão

A idade influenciou o fechamento da epífise radial distal em cavalos de corrida PSI no Brasil, mas o sexo não. A frequência de corridas e a idade à primeira corrida influenciaram a duração da carreira atlética. Cavalos que começaram a correr mais jovens tiveram carreiras atléticas mais longas e correram com mais frequência. Os cavalos que correram pela primeira vez entre 30 e 35 meses e correram aproximadamente uma vez por mês tiveram as carreiras atléticas mais longas.

### Declaração de conflito de interesse

Os autores não têm conflitos de interesse a declarar.

### Contribuições do autor

Conceituação: M. T. Ramos e M. F. De M. Costa. Curadoria de

*dados*: M. T. Ramos, C. F. de O. Silva e A. C. F. da Rocha. *Análise formal*: C. A. A. de Oliveira e C. V. Di M. Ribeiro. *Investigação*: M. T. Ramos. *Metodologia*: M. F. De M. Costa. *Gerenciamento do projeto*: M. T. Ramos. *Validação*: C. A. A. de Oliveira, M. F. De M. Costa e M. Abidu-Figueiredo. *Visualização*: C. V. Di M. Ribeiro. *Supervisão*: C. A. A. de Oliveira e M. Abidu-Figueiredo. *Redação (esboço original)*: M. T. Ramos, C. F. de O. Silva e A. C. F. da Rocha. *Redação (revisão e edição)*: M. T. Ramos e M. Abidu-Figueiredo.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a Bianca Cascardo e Maria Cristina da Fonseca Vieira pelo suporte técnico a esta pesquisa. Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES Brasil) sob o Código Financeiro 001, pela Faperj e pelo CNPq.

### Referencias

- Rossdale PD, Hopes R, Digby NJ. Epidemiological study of wastage among racehorses 1982 and 1983. *The Veterinary Record*. 1985, 116 (3) 66-69. (<https://doi.org/10.1136/vr.116.3.66>)
- Verheyen KLP, Wood JLN. Descriptive epidemiology of fractures occurring in British Thoroughbred racehorses in training. *Equine Veterinary Journal*. 2004, 36 (2) 167-173. (<https://doi.org/10.2746/0425164044868684>)
- Cogger N, Perkins N, Hodgson DR, Reid SWJ, Evans DL. Risk factors for musculoskeletal injuries in 2-year-old Thoroughbred racehorses. *Preventive Veterinary Medicine*. 2006, 74 (1) 36-43. (<https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2006.01.005>)
- Flash ML, Renwick M, Gilkerson JR, Stevenson MA. Descriptive analysis of Thoroughbred horses born in Victoria, Australia, in 2010; barriers to entering training and outcomes on exiting training and racing. *PloS One* [Internet]. 2020. [cited 2019 Apr 10];15(10):e0241273. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241273>. Inglês.
- Logan, Alyssa A.; Nielsen, Brian D. Training young horses: the science behind the benefits. *Animals*, v. 11, n. 2, p. 463, 2021. (<https://doi.org/10.3390/ani11020463>)
- Firth EC. The response of bone, articular cartilage and tendon to exercise in the horse. *Journal of Anatomy*. 2006;208(4):513-526. (<https://doi.org/10.1111%2Fj.1469-7580.2006.00547.x>)
- Rogers CW, Dittmer KE. Does juvenile play programme the equine musculoskeletal system? *Animals*. 2019;9(9):646. (<https://doi.org/10.3390%2Fani9090646>)
- Rogers CW, Gee EK, Dittmer KE. Growth and Bone Development in the Horse: When Is a Horse Skeletally Mature? *Animals*. 2021;11(12):3402. (<https://doi.org/10.3390/ani11123402>)
- Adams OR, Stashak TS. Radiographic determination of bone maturity as a guide to training horse. In: Stashak TS. *Lameness in horse*. 3<sup>rd</sup> ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1974, p. 465-467. Inglês.
- ABCPC [Internet]. São Paulo: Associação Brasileira de Criadores e Proprietários de Cavalos de Corrida; 2016-2022 [cited 2021 Mar 02]. Disponível em: <http://www.abcpc.com.br/>. Português
- JMP®, Version <2007>. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989–2021.
- Vulcano LC, Mamprim MJ, Muniz LM, Moreira AF, Luna SP. Radiographic study of distal radial physeal closure in thoroughbred horses. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 1997;38(5):352-354. (<https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.1997.tb02096.x>)
- Łuszczynski J, Pieszka M, Kosiniak-Kamysz K. Effect of horse breed and sex on growth rate and radiographic closure time of distal radial metaphyseal growth plate. *Livestock Science*. 2011;141(2-3):252-258. (<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2011.06.009>)
- Huntington PJ, Brown-Douglas CG, PAGAN JD. Growth and development of Thoroughbred horses. *Animal Production Science*. 2020;60(18):2093-2102. (<https://doi.org/10.1071/AN19629>)
- Sobczyńska M. The effect of selected factors on length of racing career in Thoroughbred racehorses in Poland. *Animal Science Papers and Reports*. 2007;25(3):131-14. (<https://www.igbzpan.pl/uploaded/FSiBundleContentBlockBundleEntity-TranslatableBlockTranslatableFilesElement/filePath/295/str131-142.pdf>)
- Tanner JC, Rogers CW, Firth EC. The relationship of training milestones with racing success in a population of Standardbred horses in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*. 2011;59(6):323-327. (<https://doi.org/10.1080/00480169.2011.617029>)
- Velie BD, Wade CM, Hamilton NA. Profiling the careers of Thoroughbred horses racing in Australia between 2000 and 2010. *Equine Veterinary Journal*. 2013;45(2):182-186. (<https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.2012.00614.x>)
- Velie BD, Stewart BD, Lam K, Wade CM, Hamilton NA. Profiling the careers of Thoroughbred horses racing in Hong Kong between 2000 and 2010. *Equine Veterinary Journal*. 2013;45(6):694-699. (<https://doi.org/10.1111/evj.12078>)
- Bokor A, Lukacs H, Bokor J, Nagy I, ACS V. Examining the racing performance and longevity in the Hungarian Thoroughbred population. *Journal of Central European Agriculture*. 2018;19(4):912-917. (<https://doi.org/10.5513/JCEA01/19.4.2366>)
- Özen D, Kaya U, Özen H, Ambarcıoğlu P, Ünal N, Gürçan İS. Investigation of Factors Influencing Thoroughbred Horses' Racing Career Length in Turkey. *Journal of Equine Veterinary Science*. 2021;107(103782). (<https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103782>)
- Bricca A, Juhl CB, Grodzinsky AJ, Roos EM. Impact of a daily exercise dose on knee joint cartilage—a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials in healthy animals. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2017;25(8) 1223-1237. (<https://doi.org/10.1016/j.joca.2017.03.009>)
- Knight PK, Thomson PC. Age at first start and racing career of a cohort of Australian Standardbred Horses. *Australian Veterinary Journal*. 2011;89(9):325-330. (<https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2011.00816.x>)
- Flash ML, Crabb HK, Hitchens PL, Firestone SM, Stevenson MA, Gilkerson JR. Factors associated with racing performance and career duration for Victorian-born Thoroughbreds. *Australian Veterinary Journal*. 2021;100(1-2):48-55. (<https://doi.org/10.1111/avj.13128>)
- Saastamoinen MT, Ojala M. Influence of different combinations of racing years on early career performance in trotters. *Acta Agriculturae Scandinavica A-Animal Sciences*. 1994;44(4):208-213. (<https://doi.org/10.1080/09064709409410900>)