

UTILIZAÇÃO DA FUNÇÃO CÚBICA PARA ESTIMAR OS MESES DE GESTAÇÃO DE ÉGUAS DA RAÇA CRIOLA ATRAVÉS DA JUNÇÃO ÚTERO PLACENTÁRIA

ALINE DE SOUZA MUNIZ¹; DANIELA BUSKE²; BRUNA DA ROSA CURCIO³, CLARISSA FERNANDES FONSECA⁴, ISADORA PAZ OLIVEIRA DOS SANTOS⁵, REGIS SPEROTTO DE QUADROS⁶

¹*Universidade Federal de Pelotas – alinesm48@gmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas – danielabuske@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – curciobruna@hotmail.com*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – clarissaffonseca1@gmail.com*

⁵*Universidade Federal de Pelotas – isadorapazoliveirasantos@gmail.com*

⁶*Universidade Federal de Pelotas – quadros99@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

O Brasil aparece em 4º lugar em comparação com outros países quanto ao maior rebanho de equinos a nível mundial e em 1º lugar em relação a América Latina. Na região Sul tem-se um número maior de éguas da raça Crioula, tendo 86,41% do total de animais dessa raça do país. A raça Crioula possui cerca de 135 mil animais espalhados por 23 estados brasileiros, de acordo com números da Associação Brasileira dos Criadores de Cavalo Crioulo (ABCCC), sediada no município de Pelotas (SUL, 2024). A atividade de criação desses animais vem aumentando a economia e gerando diversos empregos, com isso, a preocupação com o bem-estar desses animais é evidente. Para garantir um maior conforto tanto da égua quanto do potro é importante assegurar um monitoramento correto da gestação em éguas prenhas e facilitar os preparativos para o parto, o que torna fundamental estabelecer a data estimada para o nascimento dos potros, no entanto nem sempre é viável determinar com exatidão o tempo de gestação, principalmente em situações em que a fecundação ocorre de forma natural em rebanhos. Geralmente essa estimativa é feita através da medida da órbita ocular fetal, porém em gestações mais avançadas nem sempre é possível a obtenção dessa medida.

Neste estudo foi utilizada a medida da espessura da junção útero placentária (JUP), que fica localizada na área da estrela cervical e é obtida através de ultrassonografia transretal (NOGUERA et al., 2014) sendo medida entre o meio do ramo da artéria uterina e o fluido alantóide (TROEDSSON & SAGE, 2001). Entretanto, é importante ressaltar que o uso dessa técnica demanda tempo e equipamentos específicos, por isso, o estudo de um modelo matemático capaz de estimar com precisão os meses de gestação em éguas da raça Crioula se torna uma ferramenta útil nesta análise.

Para descrever os dados reais foi utilizada uma função cúbica, pois essa curva tem crescimento acelerado quando positiva, de mesmo modo os dados para a JUP mostram-se com um crescimento maior entre o 5º e o 10º mês. Para avaliação da qualidade do ajuste aos dados experimentais, foi utilizado o desvio médio absoluto (DMA), desvio padrão (DP) e coeficiente de determinação (R^2). Para a avaliação estocástica, usando o método de Monte Carlo, foi calculado o intervalo de confiança para os parâmetros.

O objetivo desse trabalho é avaliar a relação da espessura da junção útero placentária com os meses de gestação em éguas da raça Crioula através da função cúbica.

2. METODOLOGIA

Os dados da JUP utilizados nesse estudo foram coletados e tabelados entre os anos de 2020 e 2022. Ao todo foram acompanhadas a gestação de 11 éguas da raça Crioula, com idades entre 4 e 11 anos, que ficam no plantel do Hospital de Clínicas Veterinária da Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

O exame para obtenção da medida da JUP é feito de forma mensal, a partir do 5º mês de gestação, através de ultrassonografia transretal, com um transdutor de 7,5 MHz, cranial a junção útero placentária (FINGER et al., 2009). Este exame tem como finalidade monitorar o crescimento da placenta e do potro durante a gestação, como nos mostra a Figura 1:

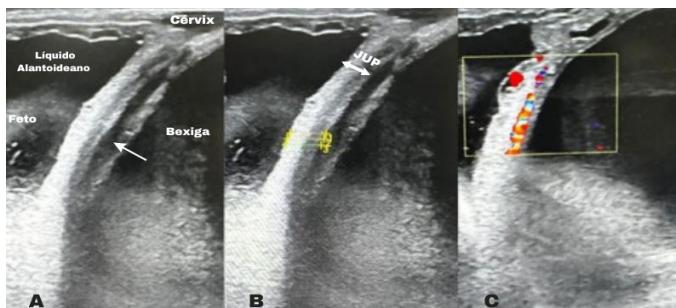


Figura 1. Exame ultrassonográfico da espessura da junção útero placentária (JUP). A imagem A mostra a artéria uterina e a JUP, enquanto na imagem B, em amarelo, pode-se observar a metodologia utilizada para medir a JUP e a imagem C mostra a utilização do doppler colorido para identificar e delimitar melhor a artéria uterina.

Para modelar o crescimento da JUP ao longo dos meses de gestação foi utilizado o modelo cúbico da forma $p(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d$, onde a, b, c, d são os parâmetros a serem ajustados e $p(x)$ representa a medida da JUP em função dos meses de gestação x . Para obtenção dos parâmetros foi utilizado o Software *Python*.

Segundo MUNIZ (2006), o desvio médio absoluto é um método que quantifica a variabilidade estabelecendo a média das diferenças absolutas entre os valores observados e a média do conjunto de dados. O desvio padrão, também conhecido como a raiz quadrada da variância, é uma ferramenta importante para avaliar a dispersão de dados em um conjunto e serve como um indicativo da consistência e confiabilidade das medições realizadas, quanto mais próximo de zero, melhor é o modelo. O coeficiente de determinação (R^2), é um parâmetro estatístico muito utilizado para avaliar a precisão do ajuste de um modelo de regressão linear. Ele mostra a porcentagem da variabilidade total nos dados que é explicada pelo modelo, ou seja, indica o quão bem o comportamento da variável dependente pode ser previsto pela variável independente. O valor do R^2 varia de 0 a 1, onde quanto mais próximo de 1 indica que melhor o modelo descreve os dados reais, sendo confiável para utilização (MONTGOMERY et al, 2012).

Sob o ponto de vista estocástico, o Método de Monte Carlo (MMC) é bastante conhecido por suas simulações serem baseadas em eventos aleatórios, e por sua similaridade com jogos de azar. Ele pode ser descrito como um método estatístico que realiza simulações utilizando um conjunto de números aleatórios (YORIYAZ, 2009). O MMC foi aplicado ao ajuste cúbico afim de determinar intervalos de confiança para os parâmetros ajustados. As simulações foram repetidas 1000 vezes pelo programa para minimizar o efeito dos parâmetros na obtenção do

melhor ajuste. Em cada simulação feita foi gerado um novo conjunto de dados e adicionado um ruído aleatório.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nota-se que cada raça de éguas tem suas características únicas, o que torna essencial a busca por um modelo matemático que reflita os dados específicos de cada raça. Os resultados obtidos para o desvio médio e desvio padrão, correspondem a 0.004 e 0.005, respectivamente, e estes estão muito próximos de 0, o que possibilita interpretar que as incertezas nas estimativas são estáveis. O coeficiente de determinação R^2 encontrado foi de 0.996, o que está muito próximo de 1, indicando que a função cúbica se ajusta muito bem aos dados reais analisados, existindo pouca variação entre os valores previstos e observados.

Tabela 1. Parâmetros gerados, média e desvio médio avaliados com o método de Monte Carlo.

	a	b	c	d
Parâmetros	0.001	-0.024	0.175	-0.129
Média	0.001	-0.023	0.171	-0.119
Desvio Padrão	0.001	0.012	0.091	0.216

Os parâmetros obtidos são descritos na tabela 1, onde a média e o desvio padrão para cada um deles foi calculado através do método de Monte Carlo, adicionando ruídos aleatórios e fornecendo assim incerteza aos mesmos. O ruído aleatório é gerado com uma distribuição normal, com média zero ($\mu=0$) e desvio padrão (σ) igual ao desvio padrão dos resíduos entre os valores observados e os valores ajustados. No estudo dos parâmetros, a média está próxima aos valores otimizados pela função cúbica o que indica que o ajuste é estável mesmo que haja pequenas variações nos dados. Já o desvio padrão indica a incerteza associada. O parâmetro “a” (coeficiente cúbico) tem desvio padrão baixo, indicando ser mais consistente, enquanto o parâmetro “d” (termo constante) possui o desvio padrão maior, o que indica que o termo é mais sensível a variações nos dados. O gráfico para a curva cúbica ajustada pelo método de Monte Carlo é apresentado na Figura 2.

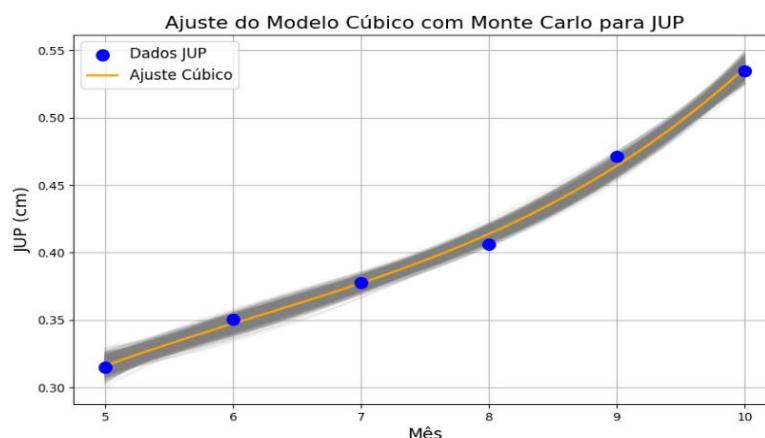


Figura 2. Curva Cúbica ajustada com o método de Monte Carlo.

No gráfico percebe-se um crescimento contínuo da JUP do 5º ao 10º mês de gestação, o que já é esperado, afinal o feto se desenvolve de forma mais acelerada

durante este período. A partir do gráfico é possível observar com mais clareza que a curva cúbica ajustada acompanha muito bem os dados observados, enquanto as curvas em cinza, geradas pelo método de Monte Carlo, indicam a incerteza dos parâmetros do modelo, que embora exista algumas variações, são pequenas, fornecendo um intervalo de confiança.

Com base nos cálculos do DMA, DP, R², Monte Carlo e análise gráfica, tem-se que o modelo cúbico se ajusta muito bem aos dados reais, portanto a equação de predição deste modelo, para o cálculo dos meses de gestação, é a descrita pela equação $p(x) = 0,001x^3 - 0,024x^2 + 0,175x - 0,129$, que representa o melhor ajuste matemático, relacionando a JUP aos respectivos meses de gestação.

4. CONCLUSÕES

Com base na comparação entre os dados reais e o ajuste cúbico pode-se perceber que a função se mostra adequada para o cálculo da estimativa dos meses de gestação em éguas da raça Crioula. As curvas em cinza, geradas pelo método de Monte Carlo, criam uma faixa de incerteza ao redor da curva ajustada original, permitindo visualizar as variações que podem ocorrer na curva quando os dados variam. Logo, o ajuste cúbico com Monte Carlo descreve de maneira satisfatória os dados reais observados.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NOGUERA, D. M.; FINGER, I. S.; ALMEIDA, B. A.; SOUZA, L. S.; KICKHOFEL, L. A.; NOGUEIRA, C. E. W. Avaliação da espessura da junção útero-placentária pré e pós indução de placentite. In: **XXXIII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**, 2014.

TROEDSSON, M. H. T.; SAGE, A. P. Fetal/Placental Evaluation in the Mare. In: YOUNGQUIST, R. S.; RICKETTS, S. W. (Eds.). **Current Therapy in Large Animal Theriogenology**. 2. ed. St. Louis: W.B. Saunders, 2001. p. 403-417.

FINGER, I., SANTOS, R., LINS, L., & NOGUEIRA, C. (s.d.). Medição da junção útero placenta em éguas puro sangue inglês de um criatório na região de bagé-rs a partir do quinto mês de gestação. **XVIII CIC / XI ENPOS / I MOSTRA CIENTÍFICA**, Pelotas, 2009.

MUNIZ, S. R. Introdução à análise estatística de medidas. São Paulo: **Editora Acadêmica**, 2006.

YORIYAZ, H. Método de Monte Carlo: princípios e aplicações em Física Médica. **Revista Brasileira de Física Médica**, v.3, n.1, p.141–149, 2009.

SUL, G. do Estado do Rio Grande do. **Cavalo Crioulo é o novo símbolo do Rio Grande do Sul**. Acessado em 23 setemb. 2024. Online. Disponível em:
<https://www.estado.rs.gov.br/cavalo-crioulo-e-o-novo-simbolo-do-rio-grande-do-sul>

MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A.; VINING, G.G. **Introduction to linear regression analysis**. Hoboken: Wiley, 2012.