

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 10/10/A2023.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS JABOTICABAL**

**RELATIONSHIPS OF PREPUBERTAL SOMATIC
DEVELOPMENT AND
MORPHOLOGICAL/ULTRASONOGRAPHIC ATTRIBUTES
OF THE REPRODUCTIVE ORGANS IN NELLORE HEIFERS
WITH TIMING OF THE FIRST CALVING**

**Naiara Nantes Rodrigues
Médica Veterinária, Msc.**

2023

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS JABOTICABAL**

**RELATIONSHIPS OF PREPUBERTAL SOMATIC
DEVELOPMENT AND
MORPHOLOGICAL/ULTRASONOGRAPHIC ATTRIBUTES
OF THE REPRODUCTIVE ORGANS IN NELLORE HEIFERS
WITH TIMING OF THE FIRST CALVING**

Discente: Naiara Nantes Rodrigues

Orientadora: Profa. Dra. Maria Emilia Franco Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. Fabio Morato Monteiro

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutora em Medicina Veterinária (Área: Reprodução Animal).

2023

R696r

Rodrigues, Naiara Nantes

Relationships of prepubertal somatic development and morphological/ultrasonographic attributes of the reproductive organs in Nellore heifers with timing of the first calving / Naiara Nantes Rodrigues. -- Jaboticabal, 2023
65 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Maria Emilia Franco Oliveira

Coorientador: Fábio Morato Monteiro

1. bovinos. 2. contagem de folículos antrais. 3. fertilidade. 4. morfometria vulvar. 5. ultrassonografia. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

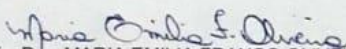
Essa ficha não pode ser modificada.

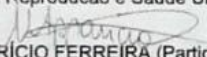
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

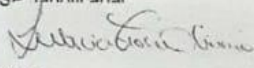
TÍTULO DA TESE: RELATIONSHIPS OF PREPUBERTAL SOMATIC DEVELOPMENT AND MORPHOLOGICAL/ULTRASOGRAPHIC ATTRIBUTES OF THE REPRODUCTIVE ORGANS IN NELLORE HEIFERS WITH TIMING OF THE FIRST CALVING

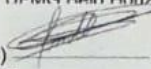
AUTORA: NAIARA NANTES RODRIGUES
ORIENTADORA: MARIA EMILIA FRANCO OLIVEIRA
COORIENTADOR: FABIO MORATO MONTEIRO

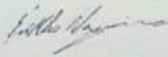
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Medicina Veterinária, área: Reprodução Animal pela Comissão Examinadora:


Profa. Dra. MARIA EMILIA FRANCO OLIVEIRA (Participação Virtual)
Departamento de Patologia Reproducao e Saude Unica / FCAV UNESP Jaboticabal


Profa. Dra. MARICY APPARÍCIO FERREIRA (Participação Virtual)
Departamento de Patologia, Reprodução e Saúde Única / FCAV UNESP Jaboticabal


Profa. Dra. LETÍCIA ZOCCOLARO OLIVEIRA (Participação Virtual)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / IIFMG Belo Horizonte/MG


Prof. Dr. FABIO MOROTTI (Participação Virtual)
Depto. de Clínicas Veterinárias / UEL Londrina/PR


Prof. Dr. ÉRIKLIS NOGUEIRA (Participação Virtual)
Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal (EMBRAPA) / Corumba/MS

Jaboticabal, 10 de outubro de 2022

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

NAIARA NANTES RODRIGUES – nascida em Batayporã - MS, aos 18 dias do mês de julho de 1990. Concluiu o ensino médio na Escola Estadual Nair Palácio de Souza, na cidade de Nova Andradina - MS, em dezembro de 2007. Ingressou no curso de Graduação em Medicina Veterinária, na Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT Câmpus de Sinop - MT, em julho de 2008. Concluiu o ensino superior em Medicina Veterinária em setembro de 2013. cursou Pós-graduação em Medicina Veterinária, nível de Mestrado e área de concentração de Reprodução Animal, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP Câmpus de Jaboticabal-SP, de março de 2016 a maio de 2018, sob orientação da Profa. Dra. Maria Emilia Franco Oliveira, com bolsa da CAPES. Ingressou no curso de Pós-graduação em Medicina Veterinária, nível de Doutorado e área de concentração de Reprodução Animal, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP Câmpus de Jaboticabal-SP, em julho de 2018, sob orientação da Profa. Dra. Maria Emilia Franco Oliveira, com bolsa da CAPES.

“Aqueles que confiam no Senhor são como os montes de Sião, que não se abalam, mas permanecem para sempre”
(BÍBLIA, Salmo 125)

Dedico esse trabalho a minha mãe ELIETE PAES NANTES por todo apoio e carinho. E *in memoriam* ao meu avô ONOFRE NANTES, avó HERCÍLIA PAES NANTES e ao meu pai ROSALVO RODRIGUES.

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as bênçãos recebidas até aqui, por todo amor dedicado a essa sua filha e por me dar a força necessária para continuar caminhando!

A minha mãe Eliete Paes Nantes pelo amor e apoio incondicional em todas as decisões. Obrigada por sempre estar ao meu lado. Amo você!

A meu noivo André Santos de Oliveira Junior pelo companheirismo, amor, apoio e paciência durante esse período. Amo você!

À minha orientadora Prof^a Dr^a. Maria Emilia Franco Oliveira pela orientação em todo período de pós-graduação. Obrigada pela contribuição profissional.

Ao meu coorientador Dr. Fabio Morato Monteiro pela coorientação, por ceder laboratório e animais para que pudesse realizar a coleta dos dados no campo.

A todos os profissionais do Instituto de Zootecnia envolvidos neste trabalho, pela ajuda, apoio e colaboração no desenvolvimento deste estudo. Em especial aos campeiros Fran, Flávio, Dal, Pedro, Valdir pelo dia a dia no campo na condução de toda a parte experimental.

Aos Professores e servidores técnicos do Departamento de Reprodução animal pela contribuição e atenção. Especialmente ao Sr. Edson pela amizade durante todo período de pós-graduação.

Aos amigos e colegas pós-graduandos, Guilherme Fazan Rossi, Marina Oliveira, Marcelo Borges, Luana Gomes, Júlia Bevilaqua, Maria Amélia Pupin, Luana Lelis por toda ajuda na condução do experimento, no dia a dia no campo, por compartilhar comigo as dificuldades e as alegrias deste período experimental! Sem vocês não seria possível chegar até aqui! Muito obrigada!

A todos estagiários que passaram pelo Instituto de Zootecnia e contribuíram para a execução deste estudo. Obrigada pela ajuda durante os manejos e pelo convívio divertido.

A UNESP e ao Departamento de Reprodução Animal por tudo que me proporcionaram.

A todos que de alguma forma estiveram envolvidos neste projeto, auxiliando e tornando possível a concretização deste trabalho!

Muito obrigada!

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001”.

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "Potenciais preditores de eficiência reprodutiva em fêmeas bovinas Nelore e Caracu submetidas a estação de monta natural", protocolo nº 015953/18, sob a responsabilidade da Prof.^a Dr.^a Maria Emília Franco Oliveira, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 08 de novembro de 2018.

Vigência do Projeto	01/03/2019 a 06/05/2022
Espécie / Linhagem	<i>Bos taurus</i> / <i>Bos taurus indicus</i> e <i>Bos taurus taurus</i>
Nº de animais	1470
Peso / Idade	230 a 500 kg / 20 a 120 meses
Sexo	Fêmeas
Origem	Instituto de Zootecnia – Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica

Jaboticabal, 08 de novembro de 2018.

Fabiana Pilarski
Prof.^a Dr.^a Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP 14884-900 - Jaboticabal/ SP - Brasil
tel 16 3209 7100 www.fcav.unesp.br

RELATIONSHIPS OF PREPUBERTAL SOMATIC DEVELOPMENT AND MORPHOLOGICAL/ULTRASONOGRAPHIC ATTRIBUTES OF THE REPRODUCTIVE ORGANS IN NELLORE HEIFERS WITH THE TIMING OF THE FIRST CALVING

RESUMO – A determinação de potenciais preditores de fertilidade em fêmeas bovinas pode favorecer a seleção de fêmeas mais férteis nos rebanhos. O presente estudo avaliou parâmetros reprodutivos como a contagem de folículos antrais (CFA), biometria ovariana e uterina, características ecotexturais do tecido uterino, área de vascularização do pedículo ovariano e morfometria vulvar, que poderiam prever se novilhas Nelore pré-púberes terão melhor eficiência reprodutiva nas estações reprodutivas subsequentes. Trinta e nove novilhas Nelore pré-púberes de $22,5 \pm 0,2$ meses de idade foram avaliadas quanto ao peso, escore corporal, morfometria vulvar, biometria uterina e ovariana, ecogenicidade uterina e parâmetros de ecotextura, contagem de folículos antrais (CFA) e diâmetro do folículo dominante em cinco diferentes fases aleatórias da onda folicular. Após a puberdade, as novilhas foram introduzidas em uma estação de monta natural e todas as variáveis avaliadas na pré-puberdade foram comparadas entre novilhas que pariram e aquelas que não pariram durante as duas primeiras estações de monta após a puberdade, bem como entre novilhas que pariram durante a primeira estação reprodutiva, durante a segunda estação reprodutiva e novilhas que não pariram em nenhuma estação reprodutiva. A análise estatística foi realizada usando variância unidirecional (ANOVA) e todos os procedimentos de comparação múltipla aos pares (método Holm-Sidak) para valores médios com efeitos principais significativos ou interações de efeitos principais. Todos os animais que pariram apresentaram maior peso corporal no início ($294,2 \pm 6,4$ kg) e no final do período de estudo ($284,9 \pm 6,0$ kg). Além disso, fêmeas que pariram na primeira estação reprodutiva apresentaram maior peso corporal ($304,8 \pm 5,9$ kg) em relação às fêmeas que não pariram em nenhum momento ($273,5 \pm 7,2$ kg). Ao comparar os parâmetros reprodutivos como potenciais preditores de fertilidade em novilhas que pariram ou não pariram, observamos que características como a contagem de folículos antrais (CFA) diferiu entre os grupos avaliados ($P=0,003$), de modo que as novilhas que pariram tiveram maior CFA quando comparadas às novilhas que não pariram. No entanto, quando a CFA foi observada nos grupos de novilhas que pariram na primeira estação, segunda estação ou que não pariram, notou-se que novilhas que pariram na primeira estação reprodutiva e novilhas que não pariram em nenhuma estação apresentaram menor CFA do que novilhas que pariram na segunda estação reprodutiva. O diâmetro ovariano foi maior ($P=0,03$) em novilhas que pariram em uma das duas estações. A área dos vasos sanguíneos do pedículo ovariano também diferiu entre os grupos de novilhas ($P=0,03$). Já a largura vulvar foi menor nas novilhas que não pariram em nenhuma estação reprodutiva ($P=0,005$), demonstrando que este pode ser um bom preditor para a seleção de fêmeas potencialmente mais férteis. As características de ecogenicidade e ecotextura uterina não diferiu entre grupos avaliados, mas foi diferente entre os dias de avaliação. Nossos resultados demonstram que as características avaliadas como possíveis preditores de fertilidade para a seleção de novilhas Nelore mais férteis ainda na vida pré-púbere da fêmea e no momento aleatório da onda folicular são influenciadas por fatores possivelmente relacionados ao momento da onda, necessitando de estudos

complementares para determinar de forma segura esses fatores influenciadores e prever com segurança a fertilidade dessas fêmeas nas estações reprodutivas subsequentes.

Palavras-chave: bovinos, contagem de folículos antrais, fertilidade, morfometria vulvar, preditores, ultrassonografia

RELATIONSHIPS OF PREPUBERTAL SOMATIC DEVELOPMENT AND MORPHOLOGICAL/ULTRASONOGRAPHIC ATTRIBUTES OF THE REPRODUCTIVE ORGANS IN NELLORE HEIFERS WITH THE TIMING OF THE FIRST CALVING

ABSTRACT – The determination of potential fertility predictors in bovine females may favor the selection of more fertile females in herds. The present study evaluated reproductive parameters that could predict whether prepubertal Nelore heifers will have better reproductive efficiency in subsequent breeding seasons. Thirty-nine prepubertal Nelore heifers were evaluated for weight, body condition score, vulvar morphometry, uterine and ovarian biometry, uterine echogenicity and echotexture parameters, antral follicle count (AFC) and dominant follicle diameter at 5 different random phases of the follicular wave. After puberty, heifers were introduced in a natural breeding season and all variables evaluated at prepuberty were compared between heifers that calved and those that did not calve during the first two breeding seasons after puberty, as well as between heifers that calved by first time during the first breeding season, during the second breeding season and heifers that did not calve in any breeding season. Statistical analysis was performed using one-way variance (ANOVA) and all pairwise multiple comparison procedures (Holm-Sidak method) for mean values with significant main effects or main effect interactions. All animals that calved had higher body weight ($P < 0.05$) at the beginning and end of the study period. In addition, females that calved in the first breeding season had higher body weight ($P < 0.05$) compared to females that did not calve at any time. When comparing reproductive parameters as potential predictors of fertility in heifers that calved or not calved, we observed that characteristics such as antral follicle count (AFC) differed between the evaluated groups ($P = 0.003$), so that heifers that calved had greater CFA when compared to heifers that did not calve. However, when CFA was observed in groups of heifers that calved in the first season, second season or that did not calve, it was observed that heifers that calved in the first breeding season and heifers that did not calve in any season had lower CFA than heifers that calved in the second breeding season. The ovarian diameter was higher ($P = 0.03$) in heifers that calved in one of the two seasons. A área dos vasos sanguíneos do pedículo ovariano também diferiu entre os grupos de novilhas ($P = 0.03$). Vulvar width was smaller in heifers that did not calve in any breeding season ($P = 0.005$), demonstrating that this may be a good predictor for the selection of potentially more fertile females. The characteristics of echogenicity and uterine echotexture did not differ between the evaluated groups but were different between the evaluation days. Our results demonstrate that the characteristics evaluated as possible predictors of fertility for the selection of more fertile Nelore heifers still in the prepubertal life of the female and at the random moment of the follicular wave are influenced by factors possibly related to the moment of the wave, requiring further studies to reliably determine these influencing factors and reliably predict the fertility of these females in subsequent breeding seasons.

Keywords: antral follicle count, cattle, fertility, predictors, ultrasound, vulvar morphometry

CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais

1. INTRODUÇÃO

O rebanho brasileiro é considerado o segundo maior do mundo, e constituído principalmente de raças zebuínas, sendo a Nelore equivalente a 90%, e apesar desses animais serem considerados adaptados as condições climáticas tropicais, um fator de desvantagem é que são considerados sexualmente tardios (ARAÚJO, et al., 2018). Por este motivo, estudos que visem identificar e selecionar fêmeas sexualmente precoces e mais férteis dentro do rebanho brasileiro é altamente desejado por trazer grande retorno econômico para os sistemas pecuários brasileiro.

Fêmeas que tem o primeiro parto mais cedo terão em toda sua vida produtiva um maior número de bezerros nascidos, trazendo maior retorno financeiro ao produtor (ARAÚJO et al., 2018). Novilhas selecionadas pela idade ao primeiro parto podem contribuir para rebanhos com puberdade precoce, uma vez que podem produzir progênie com esta característica (MONTEIRO, 2011). Para isso, parâmetros de avaliação como peso e escore corporal, quando em conjunto com informações de parâmetros reprodutivos podem ser utilizados como preditores para o potencial reprodutivo da fêmea bovina.

A hipótese do presente estudo é de que características reprodutivas avaliadas de forma não invasiva como o peso corporal, escore de condição corporal (ECC), a contagem de folículos antrais (CFA), o diâmetro ovariano, a área de vascularização no pedículo ovariano, morfometria vulvar e ecogenicidade e ecotextura uterina podem prever a fertilidade nas estações de monta natural subsequentes de novilhas Nelore quando avaliadas durante a fase de pré-puberdade em momento aleatório da onda folicular. Portanto, o presente estudo teve como objetivo avaliar características reprodutivas não invasivas que possam prever se novilhas Nelore pré-púberes terão nas estações de monta subsequentes melhor eficiência reprodutiva.

5. CONCLUSION

In conclusion, body weight can be used as a fertility predictor in prepubertal Nellore heifers, while the AFC parameter was inconclusive as a reliable predictor in prepubertal Nellore heifers in the present study. Pre-pubertal Nellore heifers, when evaluated at a random moment of the follicular wave were influenced by some factor not yet well determined that may have interfered in the result.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

“The present work was carried out with the support of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel - Brazil (CAPES) - Financing Code 001”.

7. AUTHOR CONTRIBUTION STATEMENT

NNR conceived, performed the experiments and laboratory analyses, analyzed the data, and prepared the draft manuscript.

GFR, MAFP, LGF, MOS, MSB carried out the experiments and analyses.

FMM conceived, and supervised animal experiments.

PMW, MEFO, JDG conceived, participated in the statistical analysis, revision, and writing of the manuscript.

MEZM participated in the statistical analyses.

All authors critically reviewed the manuscript and approved the final version.

8. COMPETING INTERESTS STATEMENT

The authors declare no conflict of interest. The founding sponsors had no role in the design of the study; in the collection, analysis, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, and in the decision to publish the results.

9. REFERENCES

ABIEC, Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, 2018. Perfil da Pecuária no Brasil - Relatório Anual 2018.

Baerwald A.R., Pierson R.A., 2004. Endometrial development in association with ovarian follicular waves during the menstrual cycle. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, 24, 453-60. <https://doi.org/10.1002/uog.1123>

Binelli, M., Martins, T., Rocha, C.C., Silva, F.A.C.C., Bittar, J., Moriel, P., Gonella-Diaza, A., Butler, L., Sanders, C., 2021. Reproductive Tract Score: A Tool for Evaluating Beef Heifer Reproductive Potential. *IFAS Extension*, AN370. <https://doi.org/10.32473/edis-AN370-2021>.

Bitencourt, M.F., Cerdotes, L., Restle, J., Costa, P.T., Fernandes, T.A., Ferreira, O.G., Vaz, R.Z., 2020. Age and calving time affects production efficiency of beef cows and their calves. *An. Acad. Bras. Cienc.*, 92. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020181058>.

Burns, D.S., Jimenez-Krassel, F., Ireland, J.L.H., Knight, P.G., Ireland, J.J., 2005. Numbers of antral follicles during follicular waves in cattle: Evidence for high variation among animals, very high repeatability in individuals, and an inverse association with serum follicle-stimulating hormone concentrations. *Biol. Reprod.*, 73, 54–62. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.104.036277>

Camargo, E. S. C., Barón, E. M. P., 2012. Aplicaciones de la ultrasonografía en la reproducción bovina: revisión. *Cienc Agron*, 9, 2, 29-37.

Campos, W. E., Saueressig, M. G., Saturnino, H. M., de Souza, B. M., Amaral, T. B., Ferreira, F., 2005. Manejo reprodutivo em gado de corte. Cerrados, EMBRAPA – Doc. 134.

Chandolia, R. K., Bartlewski, P. M., Omeke, B. C., Beard, A. P., Rawlings, N. C., Pierson, R. A., 1997. Ultrasonography of the developing reproductive tract in ram lambs: effects of a GnRH agonist. *Theriogenology*, 48, 99-117. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(97\)00194-5](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(97)00194-5).

Cunha F., Cushman R.A, Cruz RS., Nava G, Viñoles C., 2020. Antral follicular count has limited impact in the selection of more fertile beef heifers. *Livest. Sci.* 241, 104230. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104230>

Cushman R.A., McNeel A.K., Freetly H.C., 2014. The impact of cow nutrient status during the second and third trimesters on age at puberty, antral follicle count, and fertility of daughters. *Livest. Sci.*, 162, 252-258. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.033>

Cushman, R.A., Allan, M.F., Thallman, R.M., Cundiff, L.V., 2007. Characterization of biological types of cattle (Cycle VII): Influence of postpartum interval and estrous cycle length on fertility. *Anim. Sci. J.*, 85, 2156-2162. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0136>.

Cushman, R.A., Allan, M.F.; Kuehn, L.A., Snelling, W.M.; Cupp, A.S., Freetly, H.C., 2009. Evaluation of antral follicle count and ovarian morphology in crossbred beef cows: investigation of influence of stage of the estrous cycle, age, and birth weight. *Anim. Sci. J.*, 87, 1971–1980. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1728>.

Cushman, R.A., Kill, L.K., Funston, R.N., Mousel, E.M., Perry G.A., 2013. Heifer calving date positively influences calf weaning weights through six parturitions. *Anim. Sci. J.*, 91, 4486 - 4491. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6465>.

- De Sousa, R. T., de Lima Gonçalves, J., dos Santos, S. F., Fernandes, A. M. F., Ricci, G. D., 2018. Fatores relacionados ao desenvolvimento reprodutivo em novilhas Nelore: Revisão. *Pubvet*, 12, 172. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v12n5a82.1-10>.
- DesCôteaux, L., Gnemmi, G., Colloton, J., 2010. *Practical atlas of ruminant and camelid reproductive ultrasonography*. John Wiley & Sons. Inc., New York.
- Garcia, M.R., Amstalden, M., Williams, S.W., Stanko, R.L., Morrison, C.D., Keisler, D. H., Williams, G. L., 2002. Serum leptin and its adipose gene expression during pubertal development, the estrous cycle, and different seasons in cattle. *J. Anim. Sci.*, 80, 8 2158-2167. <https://doi.org/10.1093/ansci/80.8.2158>.
- Gimenes, L.U., Sá Filho, M.F., Carvalho, N.A.T., Torres-Júnior, J.R.S., Souza, A.H., Madureira, E.H., Trinca, L.A., Sartorelli, E.S., Barros, C.M., Carvalho, J.B.P., Mapletoft, R.J., Baruselli, P.S., 2008. Follicle deviation and ovulatory capacity in *Bos indicus* heifers. *Theriogenology*, 69, 852–858. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2008.01.001>.
- Gomez-León, V.E., Ginther, O.J., Araujo, E.R., Guimarães, J.D., Wiltbank, M.C., 2019. Hormonal mechanisms regulating follicular wave dynamics I: Comparison of follicle growth profiles under different physiological conditions in heifers. *Theriogenology*, 123, 194–201. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.09.006>
- Hashizume, T., Kumahara, A., Fujino, M., Okada, K., 2002. Insulin-like growth factor I enhances gonadotropin-releasing hormone-stimulated luteinizing hormone release from bovine anterior pituitary cells. *Anim. Reprod. Sci.*, 70, 13-21. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(01\)00190-7](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(01)00190-7).
- Honaramooz, A., Aravindakshan, J., Chandolia, R.K., Beard, A.P., Bartlewski, P.M., Pierson, R.A., Rawlings, N.C., 2004. Ultrasonographic evaluation of the pre-pubertal

development of the reproductive tract in beef heifers. *Anim Reprod Sci* 80, 15–29.

[https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(03\)00136-2](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(03)00136-2)

Ireland, J.J., Smith, G.W., Scheetz D, Jimenez-Krassel F, Folger ,J.K, Ireland, J.L.H, Mossa F, Lonergan P, Evans A.C.O. 2011. Does size matter in females? An overview of the impact of the high variation in the ovarian reserve on ovarian function and fertility, utility of anti-Müllerian hormone as a diagnostic marker for fertility and causes of variation in the ovarian reserve in cattle. *Reprod. Fertil. Dev.*, 23, 1-14.

<https://doi.org/10.1071/RD10226>

Ireland, J.J., Ward, F., Jimenez-Krassel, F., Ireland, J.L.H., Smith, G.W., Lonergan, P., Evans, A.C.O., 2007. Follicle numbers are highly repeatable within individual animals but are inversely correlated with FSH concentrations and the proportion of good-quality embryos after ovarian stimulation in cattle. *Hum. Reprod.* 22, 1687–1695.

<https://doi.org/10.1093/humrep/dem071>

Ireland, J.L.H., Scheetz, D., Jimenez-Krassel, F., Themmen, A.P.N., Ward, F., Lonergan, P., Smith, G.W., Perez, G.I., Evans, A.C.O., Ireland, J.J., 2008. Antral follicle count reliably predicts number of morphologically healthy oocytes and follicles in ovaries of young adult cattle. *Biol. Reprod.* 79, 1219–1225.

<https://doi.org/10.1095/biolreprod.108.071670>.

Jimenez-Krassel, F., Folger, J.K., Ireland, J.L.H., Smith, G.W., Hou, X., Davis, J.S., Lonergan, P., Evans, A.C.O., Ireland, J.J., 2009. Evidence that high variation in ovarian reserves of healthy young adults has a negative impact on the corpus luteum and endometrium during estrous cycles in cattle. *Biol. Reprod.* 80, 1272–1281.

<https://doi.org/10.1095/biolreprod.108.075093>.

Knopf, L., Kastehc, J.P., Schallenberger, E., 1989. Ovarian follicular dynamics in heifers: test of two-wave hypothesis by ultrasonically monitoring individual follicles. *Domest. Anim. Endocrinol.* 6, 111-119. [https://doi.org/10.1016/0739-7240\(89\)90040-4](https://doi.org/10.1016/0739-7240(89)90040-4).

Lents, C.A., Wettemann, R.P., White, F.J., Rubio, I., Ciccioli, N.H., Spicer, L. J., Payton, M.E., 2005. Influence of nutrient intake and body fat on concentrations of insulin-like growth factor-I, insulin, thyroxine, and leptin in plasma of gestating beef cows. *J. Anim. Sci.* 83, 586-596. <https://doi.org/10.2527/2005.833586x>.

Maculan, R., Pinto, T.L.C., Moreira, G.M., Vasconcelos, G.L. de, Sanches, J.A., Rosa, R.G., Bonfim, R.R., Gonçalves, T. de M., Souza, J.C. de, 2018. Anti-Müllerian Hormone (AMH), antral follicle count (AFC), external morphometrics and fertility in Tabapuã cows. *Anim. Reprod. Sci.* 189, 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2017.12.011>

McNeel, A.K., Cushman, R.A., 2015. Influence of puberty and antral follicle count on calving day in crossbred beef heifers. *Theriogenology* 84, 1061–1066. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.06.010>

McNeel, A.K., Soares, É.M., Patterson, A.L., Vallet, J.L., Wright, E.C., Larimore, E.L., Amundson, O.L., Miles, J.R., Chase, C.C., Lents, C.A., Wood, J.R., Cupp, A.S., Perry, G.A., Cushman, R.A., 2017. Beef heifers with diminished numbers of antral follicles have decreased uterine protein concentrations. *Anim. Reprod. Sci.* 179, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2017.01.004>

Mesquita, N.F., Maculan, R., França, L., Maciel, S., Alves, N., Rodrigues, R., Carvalho, D.E., Moreira, G.M., Camisão, J., Souza, D.E., 2016. Vulvar width and rima length as predictors of the ovarian follicular reserve in bovine females. *J. Reprod. Dev.* 62, 587-590. <https://doi.org/10.1262/jrd.2016-059>

Mihura, H., Casaro, G., 1999. Selección de vaquillonas de reposición en rodeos de cría. *Taurus*, 1, 34-39.

Morotti, F., Moretti, R., dos Santos, G.M.G., Silva-Santos, K.C., Ramos Cerqueira, P.H., Seneda, M.M., 2018. Ovarian follicular dynamics and conception rate in *Bos indicus* cows with different antral follicle counts subjected to timed artificial insemination. *Anim. Reprod. Sci.* 188, 170–177. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2017.12.001>

Morotti, F., Zangirolamo, A.F, da Silva, N.C, da Silva, C.B, Rosa, C.O, Seneda, M.M., 2017. Antral follicle count in cattle: advantages, challenges, and controversy. In: *Proceedings of the 31st Annual Meeting of the Brazilian Embryo Technology Society, Animal Reproduction* 14, 414-420. <http://dx.doi.org/10.21451/1984-3143-AR994>

Morotti, F., Barreiros, T.R.R., Machado, F.Z., González, S.M., Marinho, L.S.R., Seneda, M.M., 2015. Is the number of antral follicles an interesting selection criterium for fertility in cattle? *Animal Reproduction*, 12, 479 – 486.

Mossa, F., Jimenez-Krassel, F., Janet, L.H., Evans, A.C.O., 2010. Evidence that high variation in antral follicle count during follicular waves is linked to alterations in ovarian. *Reprod.* 140, 713-720. <https://doi.org/10.1530/REP-10-0214>

Mossa, F., Walsh, S.W., Butler, S.T., Berry, D.P., Carter, F., Lonergan, P., Smith, G.W., Ireland, J.J., Evans, A.C.O., 2012. Low numbers of ovarian follicles ≥ 3 mm in diameter are associated with low fertility in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95, 2355–2361. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4325>

Patterson, D. J; Perry, R. C; Kiracofe, G. H; Bellows, R. A; Staigmiller, R. B; Corah, L. R., 1992. Management considerations in heifer development and puberty. *J. Anim. Sci.* 70, p. 4018–35. <https://doi.org/10.2527/1992.70124018x>

Pierson, R.A., Ginther, O.J., 1988. Ultrasonic imaging of the ovaries and uterus in cattle. *Theriogenology*, 29, 21 – 37. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(88\)90029-5](https://doi.org/10.1016/0093-691X(88)90029-5)

Richards, M.W., Wettemann, R.P., Schoenemann, H.M., 1989. Nutritional anestrus in beef cows: body weight change, body condition, luteinizing hormone in serum and ovarian activity. *J. Anim. Sci.* 67, 1520-1526. <https://doi.org/10.2527/jas1989.6761520x>

Santa Cruz R, Cushman R.A, Viñoles C., 2018. Antral follicular count is a tool that may allow the selection of more precocious Bradford heifers at weaning. *Theriogenology*, 119, 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.06.010>

Santos, R., 1999. Os cruzamentos na Pecuária Tropical. *Agropecuária Tropical*, Uberada.

Schillo, K.K., Dierschke, D.J., Hauser, E.R., 1982. Regulation of luteinizing hormone secretion in prepubertal heifers: increased threshold to negative feedback action of estradiol. *J. Anim. Sci.*, 54, 325 – 336. <https://doi.org/10.2527/jas1982.542325x>

Schmauder S., Weber F., Kiossis E., Bollwein H., 2008. Cyclic changes in endometrial echotexture of cows using a computer-assisted program for the analysis of first- and second-order grey level statistics of B-mode ultrasound images. *Anim. Reprod. Sci.* 106, 153 – 161. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.12.022>

Silva-Santos, K.C., Santos, G.M.G., Siloto, L.S., Hertel, M.F., Andrade, E.R., Rubin, M.I.B., Sturion, L., Melo-Sterza, F.A., Seneda, M.M., 2011. Estimate of the population of preantral follicles in the ovaries of *Bos taurus indicus* and *Bos taurus taurus* cattle. *Theriogenology*, 76, 1051-1057. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.05.008>

Sirois, J., Fortune², J.E., 1988. Ovarian Follicular Dynamics during the Estrous Cycle in Heifers Monitored by Real-Time Ultrasonography. *Biol. Reprod.*, 39, 308 – 317. <https://doi.org/10.1095/biolreprod39.2.308>

Souza, A.H., Silva, E.P.B., Cunha, A.P., Gümen, A., Ayres, H., Brusveen, D.J., Guenther, J.N., Wiltbank, M.C., 2011. Ultrasonographic evaluation of endometrial thickness near timed AI as a predictor of fertility in high-producing dairy cows. *Theriogenology* 75, 722–733. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.10.013>

Teixeira R.D.A., Albuquerque., L.G.D, Alencar., M.M.D., Dias, L.T., 2006. Interação genótipo-ambiente em cruzamentos de bovinos de corte. *R. Bras. Zootec.* 35, 1677-1683. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000600014>

Vasconcelos G.L., Cunha E.V., Maculan R., Viafara J.A.S., Silva A.W.B., Batista A.L.S., Silva J.R.V., Souza J.C., 2020. Effects of vulvar width and antral follicle count on oocyte quality, in vitro embryo production and pregnancy rate in *Bos taurus taurus* and *Bos taurus indicus* cows. *Anim. Reprod. Sci.* 217, 106357. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106357>

Vaz, R.Z., Lobato, J.F.P., 2010. Efeito da idade de desmame no desempenho reprodutivo de novilhas de corte expostas à reprodução aos 13/15 meses de idade. *R. Bras. Zootec.* 39, 142-150. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000100019>

Wettemann, R.P., Lents, C.A., Coccioli, N.H., White, F.J., Rubio, I., 2003. Nutritional and suckling-mediate anovulation in beef cows. *J. Anim. Sci.* 81, E48-E59. https://doi.org/10.2527/2003.8114_suppl_2E48x

Yelich, J.V., Wettemann, R.P., Marston, T.T., Spicer, L.J., 1996. Luteinizing hormone, growth hormone, insulin-like growth factor-I, insulin and metabolites before puberty in

heifers fed to gain at two rates. *Domest. Anim. Endocrinol.*, 13, 325-338.

[https://doi.org/10.1016/0739-7240\(96\)00046-X](https://doi.org/10.1016/0739-7240(96)00046-X)