

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 21/08/2026.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DA SELEÇÃO GENÉTICA PARA CONSUMO
ALIMENTAR RESIDUAL SOBRE OS PREDITORES DE
FERTILIDADE EM NOVILHAS NELORE (*Bos indicus*)**

**Marina de Oliveira Silva
Médica Veterinária**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DA SELEÇÃO GENÉTICA PARA CONSUMO
ALIMENTAR RESIDUAL SOBRE OS PREDITORES DE
FERTILIDADE EM NOVILHAS NELORE (*Bos indicus*)**

Discente: Marina de Oliveira Silva

Orientador: Prof. Dr(a). Fabio Morato Monteiro

Coorientadora: Profa. Dr(a). Maria Eugênia Zerlotti Mercadante

**Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de
Jaboticabal, como parte das exigências para
a obtenção do título de Doutora em Ciências
Veterinárias**

S586e Silva, Marina de Oliveira
Efeito da seleção genética para consumo alimentar residual sobre os preditores de fertilidade em novilhas Nelore (*Bos indicus*) / Marina de Oliveira Silva. -- , 2026
59 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal,
Orientador: Fabio Morato Monteiro
Coorientadora: Maria Eugênia Zerlotti Mercadante

1. Eficiência alimentar. 2. Bovinos de corte Melhoramento genético.
3. Reprodução animal. 4. Fêmeas Fisiologia. 5. Bovinos Reprodução.

I. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: EFEITO DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL SOBRE OS PREDITORES DE FERTILIDADE EM NOVILHAS NELORE (*Bos indicus*)

AUTORA: MARINA DE OLIVEIRA SILVA

ORIENTADOR: FABIO MORATO MONTEIRO

COORIENTADORA: MARIA EUGÊNIA ZERLOTTI MERCADANTE

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Ciências Veterinárias, área: Morfofisiologia e Reprodução Animal pela Comissão Examinadora:

Pesquisador Dr. FABIO MORATO MONTEIRO (Participação Virtual)
Instituto de Zootecnia (IZ) / Sertãozinho/SP

Documento assinado digitalmente
 **PIETRO SAMPAIO BARUSELLI**
Data: 24/02/2025 10:05:45-0300
Verifique em <https://validar.itd.gov.br>

Prof. Dr. PIETRO SAMPAIO BARUSELLI (Participação Virtual)
Departamento de Reprodução Animal / FMVZ USP São Paulo/SP

Documento assinado digitalmente
 **LINDSAY UNNO GIMENES**
Data: 24/02/2025 10:42:45-0300
Verifique em <https://validar.itd.gov.br>

Profa. Dra. LINDSAY UNNO GIMENES (Participação Virtual)
Departamento de Patologia Reprodutiva e Saúde Única / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 **FABIO MOROTTI**
Data: 24/02/2025 09:15:00-0300
Verifique em <https://validar.itd.gov.br>

Prof. Dr. FABIO MOROTTI (Participação Virtual)
Departamento de Clínicas Veterinárias / Universidade Federal de Londrina (UEL) - Londrina/PR



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



Documento assinado digitalmente
MAIRA BIANCHI RODRIGUES ALVES
Data: 24/02/2025 21:32:03-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Dra. MAÍRA BIANCHI RODRIGUES ALVES (Participação Virtual)
Departamento de Patologia, Reprodução e Saúde Única / FCAV UNESP Jaboticabal

Jaboticabal, 21 de fevereiro de 2025

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Marina de Oliveira Silva, nascida em Araraquara, SP, em 21 de março de 1994, concluiu o ensino médio na Escola Estadual Professora Léa de Freitas Monteiro, na cidade de Araraquara, SP, em dezembro de 2011. Em janeiro de 2014, ingressou no curso de Graduação em Medicina Veterinária no Centro Universitário Anhanguera, Câmpus de Leme, SP, concluindo-o em janeiro de 2019. De 2019 a 2021, cursou Pós-graduação em Produção Animal Sustentável, nível Mestrado, no Instituto de Zootecnia do Governo do Estado de São Paulo (IZ), em parceria com a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), desenvolvendo a dissertação intitulada “Efeito da idade de fêmeas Nelore (*Bos indicus*) na produção in vitro de embriões e taxa de gestação”, sob orientação da Dra. Maria Eugênia Zerlotti Mercadante e coorientação do Prof. Dr. Fabio Morato Monteiro. Em janeiro de 2021, ingressou no curso de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, nível Doutorado, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Câmpus de Jaboticabal, SP, sob orientação do Prof. Dr. Fabio Morato Monteiro, com bolsa da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

“Ebenezer: até aqui o Senhor me sustentou.”
(1 Samuel 7:12, paráfrase)

Dedico este trabalho a meus pais José Luiz Oliveira Silva e Aíres Maria Oliveira Silva e ao meu tio Guinha (*in memoriam*), por todo apoio e carinho.

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho, primeiramente, a Deus, pois sem Ele nada disso seria possível. Agradeço a força, sabedoria e serenidade para chegar até aqui.

À minha família, meus pais José Luiz Oliveira Silva e Aíres Maria Oliveira Silva, e ao meu irmão Alex Oliveira Silva, que foram minha base, meu porto seguro e minha maior motivação para concluir esta trajetória.

Ao meu namorado Caio Franchini e à sua família, por todo o apoio, carinho e presença constante desde o início dessa caminhada.

Agradeço à Pastora Priscila Calselin e ao Pastor Osmar Calselin por todos os conselhos e orações, que foram fonte de apoio e inspiração ao longo desta trajetória.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fabio Morato Monteiro e à minha coorientadora Prof. Dra. Maria Eugênia Zerlotti Mercadante, por todos os conselhos, puxões de orelha e, principalmente, por todo o aprendizado e crescimento profissional proporcionados ao longo do caminho.

Aos meus amigos Marcelo Sant'Ana Borges, Ricardo Dutra do Bem, Leticia Padovani, Julia Valente, Tainara Luana, Julian Muñoz, Lorena Benfica, Laura Fernanda e Pedro Bignardi, por compartilharem as dificuldades, alegrias e conquistas durante todo o período do projeto. Vocês foram fundamentais para tornar essa jornada mais leve e especial.

A todos os funcionários do Instituto de Zootecnia, em especial aos campeiros Fra, Fran, Dal, Pedrão e Valdir, pelo auxílio incansável nas coletas e no manejo dos animais. Vocês foram essenciais para o andamento deste trabalho. Um agradecimento especial à Estela, por suas refeições maravilhosas que sempre nos salvaram nos dias mais cansativos.

A todos os alunos e estagiários que passaram pelo Instituto de Zootecnia e contribuíram de alguma forma com as coletas de dados.

Ao Instituto de Zootecnia, pelo fornecimento dos animais e pelo suporte estrutural à pesquisa.

Aos animais que participaram deste estudo, minha mais profunda gratidão e respeito. A contribuição silenciosa de cada um foi essencial para o avanço da ciência e para o aprendizado que este trabalho representa.

À UNESP e ao Departamento de Reprodução Animal, por toda a formação, oportunidades e experiências que tornaram possível a realização deste sonho.

Agradeço, de coração, a todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, seja com apoio, amizade, incentivo, palavras de conforto ou gestos de ajuda. Cada contribuição, por menor que parecesse, foi essencial para que este sonho se tornasse realidade.

Este trabalho contou com o apoio fundamental da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2022/08182-0.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Consumo Alimentar Residual (CAR).....	2
2.2 Consumo alimentar residual e espessura de gordura	3
2.3 Consumo alimentar residual (CAR) e hormônios metabólicos	5
2.4 Consumo alimentar residual e preditores de fertilidade	8
2.5 Consumo alimentar residual e reprodução animal	10
REFERÊNCIAS	12
CAPÍTULO 2 - EFEITO DA SELEÇÃO GENÉTICA PARA CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL SOBRE OS PREDITORES DE FERTILIDADE EM NOVILHAS NELORE (<i>BOS INDICUS</i>).....	19
1. INTRODUÇÃO.....	21
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	23
2.1 Localização e animais	23
2.2 Delineamento Experimental	23
2.3 Valor genômico predito do consumo alimentar residual (VG-CAR)	24
2.4 Biometria vulvar e anogenital	25
2.5 Exame ultrassonográfico	25
2.6. Inseminação artificial em tempo fixo (IATF).....	26
2.7. Colheita de sangue e dosagem hormonal	27
2.8. Espessura de gordura subcutânea do lombo e da garupa	28
2.9. Análise Estatística	28
3. RESULTADOS	29
4. DISCUSSÃO.....	35
5. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

Protocolo n.º 344-2022

Governo do Estado de São Paulo
Secretaria de Agricultura e Abastecimento
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Instituto de Zootecnia

C E R T I F I C A D O

Certificamos que o protocolo intitulado **“EFEITO DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL NOS FENÓTIPOS RELACIONADOS À FERTILIDADE EM FÊMEAS NELORE (*Bos indicus*)”**, protocolo n.º **“344-2022**, sob a responsabilidade de **Fabio Morato Monteiro, Maria Eugênia Zerlotti Mercadante, Marina de Oliveira Silva, Marcelo Sant’Ana Borges, Leticia Padovani da Silva, Jaine Martelo Pagoto**, que envolve a utilização de bovinos para fins de pesquisa científica – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei n.º 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto no 6.899 de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), tendo sido aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) do INSTITUTO DE ZOOTEKNIA, em reunião de **10/02/2022**.

Finalidade	() Ensino (X) Pesquisa Científica () Treinamento
Vigência do Projeto	15/03/2022 a 15/11/2023
Espécie/Linhagem	<i>Bos taurus indicus/Nelore</i>
No. de Animais	300
Peso/Idade	230 kg /12 meses
Sexo	300 fêmeas
Origem	CAPBC

José Evandro de Moraes
Presidente CEUA-IZ

Efeito do consumo alimentar residual sobre os preditores de fertilidade em novilhas Nelore (*Bos indicus*)

RESUMO - A seleção de animais com base no consumo alimentar residual (CAR) tem potencial para reduzir custos na produção bovina. Entretanto, a relação entre CAR e fertilidade ainda é controversa, o que reforça a necessidade de estudos que avaliem possíveis impactos da eficiência alimentar sobre características reprodutivas. O valor genético para CAR (VG CAR) é uma ferramenta que considera efeitos fixos e aleatórios, incluindo o genético aditivo, permitindo a identificação de indivíduos superiores para programas de melhoramento. O objetivo deste estudo foi investigar se preditores de fertilidade são influenciados pelo CAR em novilhas Nelore. Foram avaliadas 199 novilhas, com idade inicial de 17,5 meses e final de 23,5 meses, sendo 94 classificadas como VG CAR negativo e 105 como VG CAR positivo. Os preditores analisados incluíram morfometria vulvar, contagem de folículos antrais (CFA), diâmetro do maior folículo, biometria uterina e ovariana, ecogenicidade e ecotextura uterina, presença de corpo lúteo (CL), espessura de gordura subcutânea na garupa (EGG) e espessura de gordura na área de olho de lombo (EGL). Também foram quantificadas as concentrações séricas de IGF-1, leptina e hormônio anti-Mülleriano (AMH). Durante a estação reprodutiva, 172 novilhas foram submetidas à inseminação artificial em tempo fixo (IATF) e avaliadas quanto à taxa de gestação aos 30 dias. A análise estatística foi conduzida por ANOVA para medidas repetidas (procedimentos MIXED e GLIMMIX, SAS® 9.4), com comparação de médias pelo teste t ($P \leq 0,05$). A relação entre CFA e hormônios foi analisada por regressão linear simples no software R. Não houve diferenças ($P > 0,05$) em CFA, largura vulvar, diâmetro do maior folículo, ecogenicidade, ecotextura, EGG, EGL, concentrações hormonais ou taxa de gestação entre os grupos. Novilhas VG CAR negativo apresentaram maior comprimento de rima vulvar, maior distância anogenital e maior diâmetro ovariano. Conclui-se que o CAR influencia alguns parâmetros morfoanatômicos, mas não afeta os principais indicadores de fertilidade, nem as taxas reprodutivas avaliadas em novilhas Nelore.

Palavras-chave: biometria ovariana, bovino, CAR, eficiência alimentar, morfometria uterina, morfometria vulvar, seleção genética

Effect of residual feed intake on fertility predictors in Nelore heifers (*Bos indicus*)

ABSTRACT – Selection of animals based on residual feed intake (RFI) has the potential to reduce production costs in beef cattle systems. However, the relationship between RFI and fertility remains controversial, reinforcing the need for studies that evaluate possible impacts of feed efficiency on reproductive traits. The Genetic Value for RFI (GV-RFI) is a tool that incorporates fixed and random effects, including the additive genetic component, allowing the identification of superior individuals for breeding programs. The objective of this study was to investigate whether fertility predictors are influenced by RFI in Nelore heifers. A total of 199 heifers were evaluated, with an initial age of 17.5 months and a final age of 23.5 months, of which 94 were classified as negative GV-RFI and 105 as positive GV-RFI. The evaluated predictors included vulvar morphometry, antral follicle count (AFC), dominant follicle diameter, uterine and ovarian biometry, uterine echogenicity and echotexture, presence of corpus luteum (CL), rump fat thickness (EGG), and loin fat thickness (EGL). Serum concentrations of IGF-1, leptin, and anti-Müllerian hormone (AMH) were also quantified. During the breeding season, 172 heifers were subjected to fixed-time artificial insemination (FTAI) and evaluated for pregnancy rate at 30 days. Statistical analysis was conducted using repeated-measures ANOVA (MIXED and GLIMMIX procedures, SAS® 9.4). Mean comparisons were performed by t-test ($P \leq 0.05$). The relationship between AFC and hormone concentrations was analyzed by simple linear regression in R. No differences ($P > 0.05$) were observed between groups for AFC, vulvar width, dominant follicle diameter, uterine echogenicity or echotexture, EGG, EGL, hormone concentrations, or pregnancy rate. Negative GV-RFI heifers showed greater vulvar rim length, longer anogenital distance, and larger ovarian diameter. In conclusion, RFI influences certain morphoanatomical parameters but does not affect key fertility indicators or reproductive performance traits in Nelore heifers.

Keywords: ovarian biometry, cattle, RFI, feed efficiency, uterine morphometry, vulvar morphometry, genetic selection

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A nutrição é um item de maior representatividade nos custos de produção de bovinos de corte. Um animal que pesa 500 kg e consome 2% do seu peso corporal em alimento ingerirá 10 kg de matéria seca (MS) por dia (Albertini et al., 2015). Isso significa que, apesar de parecer um valor pequeno, o consumo dos animais resulta em custos significativos sobre a cadeia produtiva. Nesse cenário, surge a necessidade de selecionar animais que apresentam menor consumo alimentar sem prejuízo sobre a produtividade, destacando a importância da eficiência alimentar como uma ferramenta para diminuição dos custos de produção.

Existem diversas formas de mensurar a eficiência alimentar em bovinos, entre elas, se destaca o consumo alimentar residual (CAR). O CAR é definido como a diferença entre o consumo alimentar observado e o consumo esperado, este ajustado para o peso médio vivo metabólico e a taxa de ganho de peso diário (Koch et al., 1963). Com base nos valores de CAR, os animais podem ser classificados em baixo CAR ou CAR negativo, sendo estes considerados mais eficientes. Isso ocorre porque, mesmo consumindo uma menor quantidade de alimento, eles mantêm um ganho de peso semelhante ao dos animais classificados como alto CAR ou CAR positivo, que consomem mais alimentos para obter o mesmo desempenho em termos de ganho de peso (Koch et al., 1963; Arthur et al., 2005).

A obtenção do CAR pode ser realizada através do uso de baias individuais ou sistemas de cochos eletrônicos, como GrowSafe® ou Intergado®, onde o consumo alimentar dos animais é medido diariamente. Entretanto, devido à necessidade de manter os animais em confinamento por um período prolongado esse processo pode ser oneroso (Lima et al., 2013). Além disso, esses sistemas possuem um custo elevado e demandam mão de obra especializada para interpretar os resultados diários.

Nesse cenário, a aplicação do método Best Linear Unbiased Predictor (BLUP), desenvolvido por Henderson (1975), utilizando um modelo animal, torna possível estimar o Valor Genético para Consumo Alimentar Residual (VG CAR) de toda a população sob análise, desde que existam dados sobre o CAR (fenótipos) de muitos

indivíduos e parentesco entre eles. O uso do VG CAR pode proporcionar maior precisão, quando comparado ao CAR fenotípico, ao mesmo tempo pode reduzir os custos, uma vez que, dentro da população, mesmo os animais que não tiveram seus CAR mensurados possuem o VG CAR, o que pode favorecer a seleção precoce e contribuir para a eficiência da produção animal (Khansefid et al., 2014).

Enquanto alguns estudos sugerem que o CAR pode afetar a eficiência reprodutiva (Shaffer et al., 2011; Crowley et al., 2011; Reynolds et al., 2018), outros apresentam resultados contrários, indicando que a seleção para CAR não exerce influência significativa sobre as características reprodutivas (Ferreira Junior et al. 2018; Blair et al. 2013; Arthur et al. 2005). Analisar o CAR em conjunto com parâmetros reprodutivos permite uma compreensão mais profunda de como a eficiência alimentar pode impactar a eficiência reprodutiva de fêmeas bovinas.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que novilhas Nelore classificadas como CAR negativo, ou seja, geneticamente mais eficientes quanto ao consumo alimentar, não apresentaram prejuízos nos principais preditores de fertilidade avaliados. As análises englobando características reprodutivas (como biometria ovariana, contagem de folículos antrais, presença de corpo lúteo, taxa de gestação e morfometria vulvar), metabólicas (concentrações séricas de IGF-1, leptina e AMH) e de composição corporal (espessura de gordura subcutânea) demonstraram que a seleção para maior eficiência alimentar não compromete a fisiologia reprodutiva. Assim, a utilização do valor genético predito para CAR como critério de seleção em programas de melhoramento pode contribuir para a redução dos custos com alimentação, mantendo o potencial reprodutivo das fêmeas Nelore.

REFERÊNCIAS

Adams GP, Evans AC, Rawlings NC (1994) Follicular waves and circulating gonadotrophins in 8-month-old prepubertal heifers. **Journal of Reproduction and Fertility** 100:27–33. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.1000027>

Aguilar I, Misztal I, Johnson DL, Legarra A, Tsuruta S, Lawlor TJ (2010) Hot topic: A unified approach to utilize phenotypic, full pedigree, and genomic information for genetic evaluation of Holstein final score. **Journal of Dairy Science** 93:743–752. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2730>

Arthur PF, Herd RM, Wilkins JF, Archer JA (2005) Maternal productivity of Angus cows divergently selected for post-weaning residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture** 45:985–993. <https://doi.org/10.1071/EA05052>

Batista EOS, Guerreiro BM, Freitas BG, Silva JCB, Vieira LM, Ferreira RM, Rezende RG, Basso AC, Lopes RNVR, Rennó FP, Souza AH, Baruselli PS (2016) Plasma anti-Müllerian hormone as a predictive endocrine marker to select *Bos taurus* (Holstein) and *Bos indicus* (Nelore) calves for in vitro embryo production. **Domestic Animal Endocrinology** 54:1–9. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2015.08.001>

Bevilaqua JR, Rodrigues NN, Rossi GF, Pupin MAF, Silva MO, Borges MS, Fernandes LG, Mercadante MEZ, Monteiro FM, Oliveira MEF (2022) Effect of follicular wave stage on potential fertility predictors and their repeatability coefficient in prepubertal *Bos indicus* (Nelore) and *Bos taurus* (Caracu) heifers. **Animal** 16:100678. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100678>

Blair EE, Minick Bormann J, Moser DW, Marston TT (2013) Relationship between residual feed intake and female reproductive measurements in heifers sired by high- or low-residual feed intake Angus bulls. **Professional Animal Scientist** 29:46–50. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30194-7](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30194-7)

Camargo LSA, Viana JHM, Sá WF, Ferreira AM, Vale Filho VR (2005) Developmental competence of oocytes from prepubertal *Bos indicus* crossbred cattle. **Animal Reproduction Science** 85:53–59.

Catussi BLC, Crozara AS, Silva LG, Elliff FM, Abreu LÂ, Silva JC, Silva RCP, Marques MO, Baruselli PS (2020) Evidence of negative relationship between reproductive performance and feed efficiency in Nelore (*Bos indicus*) heifers submitted to TAI. In: *34th Annual Meeting of the Brazilian Embryo Technology Society (SBTE). Resumos... Animal Reproduction* 17.

Crane MB, Muirhead TL (2020) Evaluation of ovarian volume by transrectal ultrasonography in cattle: effect of the day of the estrous cycle and validation of a method of subtracting corpora lutea and follicle volume. **Animal Reproduction Science** 214:106302. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106302>

Crowley JJ, Evans RD, McHugh N, Pabiou T, Kenny DA, McGee M, Crews DH, Berry DP (2011) Genetic associations between feed efficiency measured in a performance test station and performance of growing cattle in commercial beef herds. **Journal of Animal Science** 89:3382–3393. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-3836>

Cushman RA, Allan MF, Kuehn LA, Snelling WM, Cupp AS, Freetly HC (2009) Evaluation of antral follicle count and ovarian morphology in crossbred beef cows: influence of stage of the estrous cycle, age, and birth weight. **Journal of Animal Science** 87:1971–1980. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1728>

Donato Jr J, Cravo RM, Frazão R, Elias CF (2010) Hypothalamic sites of leptin action linking metabolism and reproduction. **Neuroendocrinology** 93:9–18. <https://doi.org/10.1159/000322472>

Ferreira Júnior RJ, Bonilha SFM, Monteiro FM, Cyrillo JNSG, Branco RH, Vasconcelos JAI, Mercadante MEZ (2018) Evidence of negative relationship between female fertility and feed efficiency in Nellore cattle. **Journal of Animal Science** 96:4035–4044. <https://doi.org/10.1093/jas/sky276>

Fortes MRS, Li Y, Collis E, Zhang Y, Hawken RJ (2012) The IGF1 pathway genes and their association with age of puberty in cattle. **Animal Genetics** 44:91–95. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2012.02367.x>

Garcia MR, Amstalden M, Williams SW, Stanko RL, Morrison CD, Keisler DH, Nizielski SE, Williams GL (2002) Serum leptin and its adipose gene expression during pubertal development, the estrous cycle, and different seasons in cattle. **Journal of Animal Science** 80:2158–2167. <https://doi.org/10.2527/2002.8082158x>

Gobikrushanth M, Bruinje TC, Colazo MG, Butler ST, Ambrose DJ (2017) Characterization of anogenital distance and its relationship to fertility in lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science** 100:9815–9823. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13033>

Hutchinson LA, Findlay JK, Herington AC (1988) Growth hormone and insulin-like growth factor-I accelerate PMSG-induced differentiation of granulosa cells. **Molecular and Cellular Endocrinology** 55:61–69. [https://doi.org/10.1016/0303-7207\(88\)90091-3](https://doi.org/10.1016/0303-7207(88)90091-3)

Ireland JLH, Scheetz D, Jimenez-Krassel F, Themmen APN, Ward F, Lonergan P, Smith GW, Perez GI, Evans ACO, Ireland JJ (2008) Antral follicle count reliably predicts number of morphologically healthy oocytes and follicles in ovaries of young adult cattle. **Biology of Reproduction** 79:1219–1225. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.108.071670>

Israel DD, Sheffer-Babila S, De Luca C, Jo YH, Liu SM, Xia Q, Spergel DJ, Dun SL, Dun NJ, Chua SC Jr (2012) Effects of leptin and melanocortin signaling interactions on pubertal development and reproduction. **Endocrinology** 153:2408–2419. <https://doi.org/10.1210/en.2011-1822>

Koch RM, Swiger LA, Chambers D, Gregory KE (1963) Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science** 22:486–494. <https://doi.org/10.2527/jas1963.222486x>

Langhout DJ, Spice LJ, Geisert RD (1991) Development of a culture system for bovine granulosa cells: effects of growth hormone, estradiol, and gonadotropins on cell proliferation, steroidogenesis, and protein synthesis. **Journal of Animal Science** 69:3321–3334. <https://doi.org/10.2527/1991.6983321x>

Lines DS, Pitchford WS, Bottema CDK, Herd RM, Oddy VH (2014) Selection for residual feed intake affects appetite and body composition rather than energetic efficiency. **Animal Production Science** 58:175–184. <https://doi.org/10.1071/AN13321>

Maculan R, Pinto TLC, Moreira GM, Vasconcelos GL, Sanches JA, Rosa RG, Bonfim RR, Gonçalves TM, De Souza JC (2017) Anti-Müllerian hormone, antral follicle count, external morphometrics and fertility in Tabapuã cows. **Animal Reproduction Science** 189:84–92. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2017.12.011>

Magalhães DM, Sales ET, Padilha RT, Silva TFP, Tonioli R, Figueiredo JR (2012) Hormônio do crescimento e fator de crescimento semelhante à insulina-I: importantes reguladores das foliculogêneses in vivo e in vitro. **Revista Brasileira de Reprodução Animal** 36:32–38.

Marín MF, Naya H, Espasandin AC, Navajas E, Devincenzi T, Carriquiry M (2024) Energy efficiency of grazing Hereford heifers classified by paternal residual feed intake. **Translational Animal Science**. <https://doi.org/10.1093/tas/txae005>

Mercadante MEZ, Packer IU, Razook AG, Cyrillo JNSG, Figueiredo LA (2003) Direct and correlated responses to selection for yearling weight on reproductive performance of Nelore cows. **Journal of Animal Science** 81:376–384. <https://doi.org/10.2527/2003.812376x>

Misztal I, Tsuruta S, Lourenco D, Aguilar I, Legarra A, Vitezica Z (2018) Manual for BLUPF90 family of programs. Athens: University of Georgia.

Monniaux D, Clément F, Dalbiès-Tran R, Estienne A, Fabre S, Mansanet C, Monget P (2014) The ovarian reserve of primordial follicles and the dynamic reserve of antral growing follicles: what is the link? **Biology of Reproduction** 90:85. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.113.117077>

Morotti F, Miguez-Gonzalez S, Cerezetti MB, Seneda MM (2022) Evaluation of three classification methods of antral follicle count and fertility to the timed artificial insemination in cattle. **Animal Reproduction** 19. <https://doi.org/10.1590/1984-3143-AR2021-0121>

Monniaux D, Drouilhet L, Rico C, Estienne A, Jarrier P, Touzé JL, Sapa J, Phocas F, Dupont J, Dalbiès-Tran R, Fabre S (2012) Regulation of anti-Müllerian hormone production in domestic animals. **Reproduction, Fertility and Development** 25:1–16. <https://doi.org/10.1071/RD12270>

Murasawa M, Takahashi T, Nishimoto H, Yamamoto S, Hamano S, Tetsuka M (2005) Relationship between ovarian weight and follicular population in heifers. **Journal of Reproduction and Development** 51:689–693. <https://doi.org/10.1262/jrd.17014>

Nascimento AA, Pinheiro NL, Sales A, Viana JHM (2003) Correlação morfométrica do ovário de fêmeas bovinas em diferentes estádios reprodutivos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science** 40:126–132.

Paz ACAR, Ladeira MM, Teixeira PD, Canesin RC, Batalha CDA, Mercadante MEZ, Bonilha SFM (2022) Performance and muscle lipogenesis of calves born to Nelore cows with different residual feed intake classification. **PLoS ONE** 17:e0272236. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272236>

Pfeiffer KE, Jury LJ, Larson JE (2014) Determination of anti-Müllerian hormone at estrus during a synchronized and a natural bovine estrous cycle. **Domestic Animal Endocrinology** 46:58–64. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2013.05.004>

Poole DH, Ocón-Grove OM, Johnson AL (2016) Anti-Müllerian hormone receptor type II expression and AMH activity in bovine granulosa cells. **Theriogenology**:1–8. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.078>

Reynolds MK, Chibisa GE, Ahmadzadeh A, Hall JB (2018) Reproductive development and fertility traits among heifers in different residual feed intake groups. **Translational Animal Science** 2:175–179. <https://doi.org/10.1093/tas/txy039>

Scaramuzzi RJ, Brown HM, Dupont J (2010) Nutritional and metabolic mechanisms in the ovary and their role in mediating the effects of diet on folliculogenesis: a perspective. **Reproduction in Domestic Animals** 45:32–41. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2010.01662.x>

Schneider CA, Rasband WS, Eliceiri KW (2012) NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nature Methods** 9:671–675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>

Shaffer KS, Turk P, Wagner WR, Felton EED (2011) Residual feed intake, body composition, and fertility in yearling beef heifers. **Journal of Animal Science** 89:1028–1034. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3322>

Shimizu T, Murayama C, Sudo N, Kawashima C, Tetsuka M, Miyamoto A (2008) Involvement of insulin and growth hormone during follicular development in the bovine ovary. **Animal Reproduction Science** 106:143–152. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2007.04.005>

Silva MO, Borges MSA, Fernandes LG, Rodrigues NN, Watanabe YF, Joaquim DC, Oliveira CS, Feuchard VLS, Cyrillo JNSG, Mercadante MEZ, Monteiro FM (2022) Effect of Nellore donor age on in vitro embryo production and pregnancy rate. **Reproduction in Domestic Animals** 57:1–9. <https://doi.org/10.1111/rda.14164>

VanRaden PM (2008) Efficient methods to compute genomic predictions. **Journal of Dairy Science** 91:4414–4423. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0980>

Zieba DA, Amstalden M, Morton S, Maciel MN, Keisler DH, Williams GL (2004) Regulatory roles of leptin at the hypothalamic-hypophyseal axis before and after sexual maturation in cattle. **Biology of Reproduction** 71:804–812. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.104.028548>

Zorzi K, Bonilha SFM, Queiroz AC, Branco RH, Sobrinho TL, Duarte MS (2013) Meat quality of young Nellore bulls with low and high residual feed intake. **Meat Science** 93:593–599. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.11.030>