

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**Ganho médio diário diferencial na gestação de matrizes holandês x gir e seu
impacto no desenvolvimento corporal e sexual da prole**

Wbeimar Yamit Sanchez Dueñez
Doctor Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

WBEIMAR YAMIT SANCHEZ DUEÑEZ

Ganho médio diário diferencial na gestação de matrizes holandês x gir e seu impacto no desenvolvimento corporal e sexual da prole

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

Orientador: Jose Domingos Guimaraes

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S211g
2025

Sanchez Dueñez, Wbeimar Yamit, 1992-

Ganho médio diário diferencial na gestação de matrizes
holandês × gir e seu impacto no desenvolvimento corporal e
sexual da prole / Wbeimar Yamit Sanchez Dueñez. – Viçosa,
MG, 2025.

1 tese eletrônica (70 f.): il. (algumas color.).

Orientador: José Domingos Guimarães.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Veterinária, 2025.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.801>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Gir (Bovino) - Nutrição. 2. Gir (Bovino) - Pesos e
medidas. 3. Gir (Bovino) - Registros de desempenho. 4. Ganho
de peso na gestação. I. Guimarães, José Domingos, 1963-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Veterinária. Programa de Pós-Graduação em Medicina
Veterinária. III. Título.

CDD 22. ed. 636.20852

WBEIMAR YAMIT SANCHEZ DUEÑEZ

Ganho médio diário diferencial na gestação de matrizes holandês x gir e seu impacto no desenvolvimento corporal e sexual da prole

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Medicina Veterinária, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 19 de setembro de 2025.

Assentimento:

Wbeimar Yamit Sanchez Dueñez
Autor

Jose Domingos Guimaraes
Orientador

Essa tese foi assinada digitalmente pelo autor em 06/12/2025 às 12:07:03 e pelo orientador em 19/12/2025 às 08:09:39. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **8DR3.JSJQ.1OVA** e clique no botão 'Validar documento'.

À minha mãe e ao meu pai, que foram o início de tudo;
Aos meus irmãos e irmãs, pelo apoio;
Aos meus amigos pelo estímulo;
Aos meus mestres,
DEDICO!

AGRADECIMENTOS

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e pela força concedida nos momentos mais desafiadores desta caminhada.

À minha mãe, Blademir Dueñez Gonzalez, por seu amor infinito, cuidado incansável e pela convicção de que a educação é capaz de transformar destinos.

Ao meu pai, Arnulfo Sanchez Alvarez, por me ensinar, com seu exemplo, o valor do trabalho, da honra e da conquista digna de cada objetivo.

Aos meus irmãos, Laily Katerin, Erika Milena e Jorge Ivan, pelo carinho, apoio e incentivo constantes, que sempre foram um alicerce em minha vida.

À minha companheira de vida Jesika, por estar ao meu lado nos momentos mais difíceis e também nas conquistas, pela motivação e pelo exemplo diário de força e dedicação.

Ao meu orientador, Prof. José Domingos, pelos ensinamentos valiosos, pela amizade e pela paciência em cada etapa desta trajetória. Mais que um professor, foi uma inspiração profissional e pessoal, mostrando-me o significado de generosidade e dedicação à ciência.

Às minhas coorientadoras, Prof. Simone e Prof. Polyana, pelo acompanhamento atento e pela organização que tornaram o dia a dia da pesquisa mais leve e produtivo. Suas contribuições foram fundamentais para o êxito deste trabalho.

Aos membros da banca, Doutores, Roman, Faider e Jurandy, pela disponibilidade, pelas críticas construtivas e pela colaboração indispensável para o aperfeiçoamento desta tese.

Ao UEPE Gado de Leite da UFV, pela oportunidade de desenvolver este estudo em um ambiente que une teoria e prática, e a todos os professores e funcionários que mantêm viva a missão de transmitir conhecimento através da experiência.

À minha dedicada equipe de estagiários, que assumiu com empenho e zelo cada detalhe do experimento. Este trabalho também é de vocês.

Aos colegas de pós-graduação do Setor de Reprodução, pela constante troca de ideias, pelo aprendizado conjunto e pelo companheirismo que tornaram a jornada acadêmica mais enriquecedora.

À Rosi, pelo apoio administrativo eficiente e atencioso, essencial para superar a complexidade dos trâmites acadêmicos.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Por fim, a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste sonho, minha sincera gratidão.

Muito obrigado!

RESUMO

DUEÑEZ, Wbeimar Yamit Sanchez, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2025. **Ganho médio diário diferencial na gestação de matrizes holandês × gir e seu impacto no desenvolvimento corporal e sexual da prole.** Orientador: Jose Domingos Guimaraes.

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do ganho médio diário (GMD) de peso materno durante os dois últimos terços da gestação sobre o desenvolvimento somático, mamário e reprodutivo de novilhas leiteiras da raça Girolando. Dez novilhas 5/8 Holandês × Gir, prenhes de embriões 3/4 Holandês × Gir, foram mantidas sob condições experimentais controladas a partir do 70º dia de gestação até o parto, sendo distribuídas aleatoriamente em dois grupos conforme o GMD: MOD (500 g/dia) e ALT (750 g/dia). Após o nascimento, as bezerras foram criadas e recriadas sob manejo padronizado, sendo monitoradas do ponto de vista zootécnico e reprodutivo até a puberdade. Durante o período pós-natal, foram mensurados parâmetros como desempenho corporal, biometria, desenvolvimento da glândula mamária por ultrassonografia, concentrações plasmáticas de IGF-1, número de folículos antrais, idade à puberdade, características do ciclo estral e expressão gênica em oócitos aspirados. Não foram observadas diferenças entre os tratamentos quanto ao consumo e digestibilidade de nutrientes, medidas biométricas, intensidade de pixels no parênquima mamário ou idade à puberdade ($p > 0,05$). O crescimento somático e o desenvolvimento da glândula mamária ocorreram de forma progressiva e semelhante entre os grupos ($p > 0,05$). Adicionalmente, o grupo ALT apresentou maior número de folículos antrais nos dois meses que antecederam a puberdade ($27,10 \pm 1,94$ vs. $14,51 \pm 2,47$; $p < 0,05$), o que sugere que o maior GMD materno pode influenciar positivamente aspectos quantitativos da dinâmica folicular. Contudo, não foram observadas diferenças entre os grupos quanto à expressão gênica dos marcadores GDF9, BMP15, NPPC e SOD1 nos oócitos aspirados ($p > 0,05$), nem em outras características reprodutivas avaliadas por ultrassonografia, como o diâmetro do corno uterino, folículo pré-ovulatório e duração do ciclo estral ($p > 0,05$). Conclui-se que o ganho moderado garantiu crescimento somático e mamário adequado, enquanto o ganho elevado influenciou positivamente o número de folículos antrais, sem comprometer a competência ovocitária.

Palavras-chave: nutrição materna; Girolando; desenvolvimento corporal; puberdade

ABSTRACT

DUEÑEZ, Wbeimar Yamit Sanchez, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2025. **Differential average daily gain during pregnancy of Holstein × Gyr hens and its impact on the body and sexual development of the offspring.** Adviser: Jose Domingos Guimaraes.

The objective of this study was to evaluate the influence of maternal average daily gain (ADG) during the last two-thirds of gestation on the somatic, mammary, and reproductive development of Girolando dairy heifers. Ten 5/8 Holstein × Gir heifers, pregnant with 3/4 Holstein × Gir embryos, were maintained under controlled experimental conditions from day 70 of gestation until parturition and were randomly assigned to two groups according to ADG: MOD (500 g/day) and HIGH (750 g/day). After birth, the calves were raised and reared under standardized management and monitored for zootechnical and reproductive parameters until puberty. During the postnatal period, parameters such as body performance, biometric measurements, mammary gland development by ultrasonography, plasma IGF-1 concentrations, antral follicle count, age at puberty, estrous cycle characteristics, and gene expression in oocytes were measured. No differences between treatments were observed regarding nutrient intake and digestibility, biometric measurements, pixel intensity in the mammary parenchyma, or age at puberty ($p > 0.05$). Somatic growth and mammary gland development occurred progressively and similarly between groups ($p > 0.05$). Additionally, the HIGH group showed a greater number of antral follicles in the two months preceding puberty (27.10 ± 1.94 vs. 14.51 ± 2.47 ; $p < 0.05$), suggesting that higher maternal ADG may positively influence quantitative aspects of follicular dynamics. However, no differences were observed between groups regarding the gene expression of markers GDF9, BMP15, NPPC, and SOD1 in aspirated oocytes ($p > 0.05$), nor in other reproductive characteristics assessed by ultrasonography, such as uterine horn diameter, pre-ovulatory follicle, and estrous cycle duration ($p > 0.05$). It is concluded that moderate gain ensured adequate somatic and mammary growth, while higher gain positively influenced the number of antral follicles without compromising oocyte competence.

Keywords: maternal nutrition; Girolando; body development; puberty

SUMÁRIO

	Pag
1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 Pecuária Leiteira	11
2.2 Nutrição Materna durante a Gestação	12
2.3 Programação Fetal em Ruminantes	14
2.4 Reserva Ovariana e Foliculogênese Fetal.....	15
2.5 Crescimento pós-natal	16
2.6 Contagem de folículos antrais na recria	18
2.7 Desenvolvimento Mamário em Novilhas	18
2.8 Biomarcadores Reprodutivos	20
LITERATURA CITADA.....	21
CAPÍTULO 1	25
GANHO MÉDIO DIÁRIO DIFERENCIAL NA GESTAÇÃO DE MATRIZES HOLANDÊS × GIR: Consumo, digestibilidade, desenvolvimento corporal da prole	25
RESUMO.....	25
1 INTRODUÇÃO	26
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
2.1 Gestação.....	27
2.1.1 Tratamento nutricional materno	27
2.2 Manejo da cria	27
2.3 Manejo da Recria.....	28
2.4 Coletas de amostras	29
2.4.1 Amostras fecais e de urina.....	29
2.4.2 Alimentos	29
2.4.3 Sangue	29
2.5 Caracterização biométrica	29
2.6 Ultrassonografia de glândula mamária	30
2.7 Análises laboratoriais.....	31
2.7.1 Análises fecais e de urina	31
2.8 Análise estatística	32
3 RESULTADOS.....	33
4 DISCUSSÃO	41
4.1 Consumo e digestibilidade	41

4.2 Desempenho	42
4.3 Crescimento	43
4.4 Glândula mamária.....	45
5 CONCLUSÕES.....	46
REFERÊNCIAS	47
CAPÍTULO 2	52
GANHO MÉDIO DIÁRIO DIFERENCIAL NA GESTAÇÃO DE MATRIZES HOLANDÊS × GIR: Desenvolvimento sexual e expressão gênica em ovócitos da prole	52
1 INTRODUÇÃO	53
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	53
2.1 Gestação.....	54
2.1.1 <i>Tratamento nutricional materno</i>	54
2.2 Manejo da cria	54
2.3 Manejo da Recria.....	55
2.4 Dinâmica folicular	55
2.5 Aspiração folicular (<i>Ovum pick-up</i> - OPU)	56
2.6 Coloração dos CCOs com Azul Cresil Brilhante (BCB).....	57
2.7 Expressão gênica	57
2.7.1 <i>Reação em cadeia da polimerase quantitativa (qPCR)</i>	58
2.8 Análise estatística	59
3 RESULTADOS.....	60
4 DISCUSSÃO	64
5 CONCLUSÕES.....	67
REFERENCIAS	68
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71

1 INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira brasileira apresenta características únicas em relação a outros países produtores de leite, principalmente devido às condições tropicais que impõem desafios ao delineamento dos sistemas produtivos. Nessa realidade, fatores como a escolha racial, o desempenho produtivo, a adaptação climática e o manejo nutricional devem ser criteriosamente considerados (RAMÍREZ-RIVERA et al., 2019).

A nutrição materna durante a gestação é um fator determinante na programação fetal (CATON et al., 2025). Diferentes ganhos de peso diários das matrizes durante a gestação variam conforme o tipo de sistema produtivo e seu grau de tecnificação, tornando relevante compreender de que forma a vida intrauterina pode ou não impactar a fase adulta da futura novilha de reposição. Estudos como o de Weller et al. (2016) demonstraram que vacas submetidas a superalimentação apresentaram fetos com menor número de folículos ovarianos, indicando prejuízos à foliculogênese fetal, corroborando o estudo de Evans et al. (2012) que constataram que o ambiente intrauterino afeta a contagem de folículos antrais (CFA) na vida adulta das fêmeas, o que impacta diretamente a fertilidade.

O desenvolvimento fetal tem sido amplamente estudado por sua influência no desempenho produtivo e reprodutivo futuro da prole (AMORIN E ALMEIDA., 2024; CATON et al., 2025). A reserva folicular ovariana, por exemplo, é definida no primeiro terço da gestação (Cushman et al., 2024). Com o estoque de ovogônias em formato folículos primordiais em repouso podendo chegar a 2,1 milhões (SMITZ E CORTVRINDT, 2002). Contudo, nos terços finais da gestação, essa população se reduz drasticamente, o que coincide com períodos de possível estresse nutricional materno (AERTS E BOLS, 2010).

Durante o período de recria das novilhas de reposição, o desenvolvimento da glândula mamaria ocorre de forma alométrica, sendo três a quatro vezes mais rápido que o crescimento corporal (AKERS, 2017). Altos ganhos de peso nesta fase podem resultar em maior deposição de tecido adiposo, reduzindo a proporção de PAR (parênquima mamário) e comprometendo a futura produção de leite (ZANTON E HEINRICHS, 2005; ALBINO et al., 2017).

Apesar desses avanços, estudos direcionados à influência da nutrição materna durante os dois últimos terços da gestação sobre o desempenho pós-natal na recria de

novilhas mestiças Holandês × Gir ainda são escassos. Nesse contexto, as hipóteses e objetivos deste estudo foram:

Hipótese 1: Novilhas provenientes de mães com ganho de peso moderado (500 g/dia) terão menor desempenho produtivo no período pré e pós-púbere em comparação com as progênes de vacas com alto ganho de peso (750 kg/dia) durante a gestação (CAPITULO 1).

Objetivo: Avaliar os efeitos nutricionais impostos às mães sobre o desempenho de novilhas provenientes de vacas com diferentes ganhos de peso nos últimos dois terços da gestação.

Hipótese 2: Novilhas provenientes de mães com ganho de peso moderado (500 g/dia) terão pior desempenho reprodutivo no período pré e pós-púbere/maturidade sexual em comparação com as progênes de vacas com alto ganho de peso (750 g/dia) durante a gestação (CAPITULO 2).

Objetivo: Avaliar os efeitos da nutrição materna sobre o desenvolvimento sexual e a expressão gênica ovocitária de novilhas 3/4 Holandês × Gir, filhas de vacas com diferentes ganhos de peso nos últimos dois terços da gestação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Pecuária Leiteira

A pecuária leiteira apresenta diferentes particularidades conforme o contexto regional. No cenário global, a Índia consolidou-se como o maior produtor de leite, desempenhando papel estratégico no abastecimento mundial. Contudo, o setor leiteiro indiano enfrenta limitações estruturais significativas, marcadas pela heterogeneidade dos sistemas produtivos, baixa tecnificação da maioria das propriedades e restrições socioeconômicas que dificultam a adoção de tecnologias modernas. Apesar do elevado volume de produção, essas limitações comprometem a eficiência da cadeia e obrigam o país a recorrer à importação de laticínios (GUPTA et al., 2024).

No Brasil, observa-se uma dinâmica distinta. Entre 2011 e 2021, a produção nacional de leite cresceu 10%, acompanhada de transformações relevantes no setor. Houve redução no número de vacas ordenhadas, mas, em contrapartida, a produtividade média aumentou em 60%, reflexo da adoção crescente de tecnologias e da modernização do sistema produtivo. Esse avanço evidencia a capacidade do país de manter

competitividade por meio da intensificação sustentável da atividade (ANDRADE et al., 2023).

Quando analisada sob a ótica das condições ambientais, a produção leiteira em regiões tropicais apresenta desafios adicionais em relação aos sistemas de clima temperado. Elevadas temperaturas, alta umidade e maior pressão de parasitas impactam negativamente o bem-estar animal e a qualidade do leite, exigindo estratégias específicas de manejo nutricional, sanitário e reprodutivo. Além disso, a heterogeneidade dos sistemas, que variam desde pequenas propriedades de subsistência até empreendimentos intensivos, reforça a necessidade de adaptar tecnologias às condições socioeconômicas locais (RAMÍREZ-RIVERA et al., 2019).

Em países de clima temperado, como os Estados Unidos, os efeitos das mudanças climáticas também têm exigido adaptações na pecuária. A redução de recursos naturais e de terras aráveis tem impulsionado a busca por maior eficiência produtiva, sendo a incorporação de graus de sangue mestiços, com maior participação de genética *Bos primigenius indicus*, apontada como estratégia promissora. Os animais mestiços combinam a adaptabilidade do *Bos primigenius indicus* ao estresse térmico e nutricional com o elevado potencial produtivo do *Bos primigenius taurus*, representando uma alternativa viável para sustentar a competitividade do setor frente às pressões ambientais globais (OKAMOTO et al., 2024).

No contexto brasileiro, destaca-se a raça Girolando como a principal base da pecuária leiteira nacional, responsável por aproximadamente 80% do leite produzido no país. Resultado do cruzamento entre as raças Gir e Holandês, combinando rusticidade, adaptabilidade e fertilidade com elevado potencial produtivo, características essenciais para os trópicos. Reconhecida oficialmente em 1996 pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, foi estruturada com composição racial padrão de 5/8 Holandês + 3/8 Gir, o que garante equilíbrio entre desempenho e adaptação. Entre suas principais vantagens estão a longevidade, eficiência reprodutiva, precocidade e resistência a condições adversas de manejo, atributos que a consolidam como uma alternativa estratégica para uma pecuária leiteira tropical moderna e competitiva (ABCG, 2024).

2.2 Nutrição Materna durante a Gestação

Oliveira (2015) conduziu uma meta-análise de ensaios de alimentação com o objetivo de estimar a exigência de energia metabolizável para manutenção em vacas leiteiras

nos trópicos. O estudo revelou diferenças entre raças, indicando que animais mestiços não prenhes (*Bos taurus* × *Bos indicus*) podem apresentar menores exigências de manutenção em comparação a raças puras. Essa diferença possivelmente decorre do menor tamanho relativo de órgãos internos e do menor acúmulo de gordura visceral, fatores diretamente associados às taxas metabólicas e ao consumo de energia.

Sguizzato et al. (2020) estimaram as necessidades energéticas de vacas prenhes da raça Girolando (H×G), por meio do abate de animais em diferentes fases da gestação. Os autores observaram que as exigências de energia líquida e metabolizável para manutenção em vacas gestantes são, em média, 5% superiores às de vacas não gestantes, refletindo o maior custo metabólico associado à gestação.

Esse acréscimo está relacionado, sobretudo, ao crescimento do útero grávido e da glândula mamária em desenvolvimento. Além disso, a variação nas exigências de manutenção entre grupos genéticos e estados fisiológicos reforça a importância de adequar as recomendações nutricionais às características específicas de cada rebanho.

Até pouco antes do lançamento da atualização do NASEM (2021), a maioria das pesquisas envolvendo requerimentos energéticos na gestação de vacas leiteiras estava de acordo com Bell et al. (1995), que indicavam a relevância das exigências energéticas gestacionais a partir dos 190 dias, com aumento linear até os 279 dias de gestação, especialmente em vacas da raça Holandesa utilizadas em sistemas produtivos intensivos.

Entretanto, Sguizzato et al. (2020) em estudo mais recente com vacas leiteiras Girolando (H×G) em condições tropicais, reportaram que as necessidades energéticas devem ser consideradas desde os 70 dias de gestação. Pouco tempo depois, a nova versão do NASEM (2021) estabeleceu um modelo mais precoce e refinado, recomendando a consideração dos requerimentos gestacionais a partir do décimo dia de gestação. Esse avanço evidencia a relevância das pesquisas desenvolvidas nas últimas duas décadas na área de nutrição e fisiologia da gestação em vacas leiteiras.

Nesse contexto, compreender os mecanismos fisiológicos que ocorrem em resposta às variações no aporte nutricional torna-se essencial para estratégias de manejo mais eficientes. Embora, o manejo nutricional inadequado da matriz durante a gestação pode ser parcialmente compensado por adaptações placentárias no ambiente intrauterino, como o aumento no suprimento de nutrientes ao feto, em resposta às deficiências da dieta materna. Pesquisadores (OLIVEIRA et al., 2023) investigaram a hemodinâmica placentária, a involução uterina, a produção de colostro e os efeitos sobre o peso ao

nascimento de bezerros, durante os dois últimos terços da gestação em novilhas Girolando (H×G) submetidas a diferentes ganhos médios diários de peso materno (ALT: 750 g/dia e MOD: 500 g/dia). Os resultados indicaram que regime alimentar MOD melhora o fluxo sanguíneo placentário, promovendo maior angiogênese, o que sugere um mecanismo compensatório para a transferência de nutrientes ao feto.

Contudo, tais adaptações apresentam limites e não impedem que a nutrição materna inadequada durante janelas críticas de desenvolvimento fetal exerça efeitos duradouros sobre a prole. Os dados existentes indicam que as alterações genômicas e metabolômicas na descendência são moduladas pela nutrição materna alterada, e que os mecanismos subjacentes da programação do desenvolvimento envolvem processos epigenéticos (CATON et al., 2025).

2.3 Programação Fetal em Ruminantes

O conceito de programação fetal descreve como modificações no ambiente intrauterino, especialmente relacionadas à nutrição materna, podem gerar efeitos duradouros sobre o desenvolvimento, o metabolismo e o desempenho produtivo da progênie. De acordo com Caton et al. (2025), há evidências em modelos ruminantes de que tanto a restrição quanto o excesso alimentar, assim como a disponibilidade de nutrientes específicos, incluindo aminoácidos (metionina e arginina), vitaminas (folato, B12 e colina) e minerais (enxofre, cobalto e selênio), podem alterar parâmetros fisiológicos e zootécnicos dos descendentes, com repercussões que podem se estender até a vida adulta.

Nesse mesmo sentido, Amorin e Almeida (2024) destacaram os efeitos negativos da programação fetal, que podem estar associados a diferentes fatores. Entre eles, ressaltam-se: (1) a utilização de matrizes jovens, que ainda necessitam de nutrientes para o próprio crescimento e, portanto, competem com as demandas fetais; (2) a maior incidência de gestações múltiplas; (3) a pressão de seleção genética voltada ao aumento da produção de leite, que intensifica a competição por nutrientes com o crescimento fetal e placentário; e (4) a criação de bovinos em ambientes de estresse térmico, geralmente coincidentes com períodos de oferta restrita e de menor qualidade de pastagens.

Estudos sobre o desenvolvimento fetal em vacas leiteiras submetidas à alimentação excessiva têm buscado avaliar os efeitos da nutrição materna no desenvolvimento gonadal da progênie. Weller et al. (2016) analisaram a influência da dieta e da idade gestacional

no desenvolvimento gonadal fetal em 27 vacas da raça Girolando, as quais foram divididas em dois tratamentos durante os dois últimos terços da gestação: alimentação para manutenção e alimentação correspondente a 190% da manutenção. Ovários fetais foram coletados em diferentes períodos gestacionais para avaliar a proporção de folículos primordiais, primários, pré-antrais e antrais. Os resultados histológicos demonstraram que fetos provenientes do grupo com alimentação excessiva apresentaram menor número de folículos quando comparados às fêmeas mantidas em dieta de manutenção, evidenciando alterações no desenvolvimento fetal e na programação de características fenotípicas relevantes para a vida pós-natal. No entanto, estudos adicionais em vacas Girolando, submetidas à superalimentação nos dois terços finais da gestação, ainda são necessários para compreender plenamente os efeitos dessa condição sobre o desempenho ponderal, produtivo e reprodutivo da progênie.

2.4 Reserva Ovariana e Foliculogênese Fetal

A programação do desenvolvimento exerce influência decisiva sobre a formação da reserva ovariana e o tamanho do órgão genital feminino, fatores determinantes do potencial reprodutivo futuro da progênie. Em bovinos, a meiose das ovogônias é concluída aproximadamente na metade da gestação, momento em que essas células germinativas passam a ser envolvidas por células pré-granulosas escamosas, originando os folículos primordiais em repouso (SMITZ E CORTVRINDT, 2002). Estima-se que os folículos primordiais levem cerca de um mês após sua formação para adquirirem capacidade de ativação. A partir desse estágio, inicia-se uma redução progressiva e irreversível no número de células germinativas, processo que se estende por toda a vida reprodutiva da fêmea até o esgotamento da reserva, caracterizando a senescência reprodutiva (CUSHMAN et al., 2024).

Nesse contexto, Smitz e Cortvrindt (2002) já haviam identificado que a reserva folicular ovariana é estabelecida no primeiro terço de gestação, quando o estoque de ovogônias em repouso pode alcançar até 2,1 milhões. De forma semelhante, Aerts e Bols (2010) relataram que, nos segundo e terceiro terços, ocorrem mudanças quantitativas que resultam em uma população média de 130.000 folículos primordiais, em comparação ao total verificado no primeiro terço. Essas alterações coincidem com fases em que as matrizes podem enfrentar estresse nutricional por restrição ou superalimentação, reforçando o impacto da nutrição materna sobre o potencial reprodutivo da progênie.

Em revisão, Evans et al. (2012) apontaram causas para a variação na contagem de folículos antrais (CFA), entre as quais se destacam: (i) efeitos do desenvolvimento fetal e da formação ovariana inicial no indivíduo; (ii) impactos de doenças durante a gestação, capazes de prejudicar o desenvolvimento pós-natal; e (iii) má nutrição materna, que acarreta consequências negativas na organogênese reprodutiva fetal e se manifesta posteriormente em características fenotípicas, como a própria CFA.

O impacto da nutrição materna ao longo da gestação sobre o desempenho reprodutivo da prole feminina ainda não está completamente elucidado. Em síntese, Evans et al. (2012) examinaram como o ambiente materno influencia a foliculogênese ovariana e suas consequências para a fertilidade de fêmeas bovinas, relatando diferenças na CFA de filhas de vacas expostas a ganhos distintos de escore corporal durante a gestação. Esses achados evidenciam o papel integrador de nutrição e saúde materna na programação do desempenho reprodutivo dos descendentes.

No entanto, ainda não está claro se essas alterações induzidas reproduzem os mesmos benefícios observados em animais com reservas naturalmente maiores, refletindo em maiores concentrações de progesterona, maior secreção de proteínas uterinas e melhor desempenho reprodutivo (JUENGEL et al., 2021). Assim, compreender os mecanismos que regulam a formação e o tamanho da reserva ovariana é essencial para avaliar o real potencial de manipulação nutricional no aprimoramento da eficiência reprodutiva em bovinos.

2.5 Crescimento pós-natal

O crescimento de novilhas leiteiras é comumente avaliado em função da proporção do peso corporal em relação ao peso corporal maturo (PCM), servindo como referência para o estabelecimento de metas de desenvolvimento que assegurem desempenho reprodutivo e produtivo adequados (BUSANELLO et al., 2025). De acordo com o NASEM (2021), novilhas Holandesas devem alcançar aproximadamente 55% do PCM entre 13 e 15 meses de idade, momento indicado para a concepção, e atingir cerca de 82% do PCM ao primeiro parto. Esses valores refletem padrões consolidados para raças taurinas, mas deixam evidente a ausência de informações específicas para raças mestiças adaptadas a condições tropicais, como o Girolando, que constitui a base da produção leiteira nacional.

No Brasil, Busanello et al. (2025) compararam os parâmetros do NASEM (2021) com dados obtidos em rebanhos Holandeses e Jersey criados em diferentes sistemas produtivos (pasto, confinamento e semiconfinamento). Os resultados confirmaram alinhamento com os valores de referência do NASEM: para novilhas Holandesas, com peso adulto médio de 705 kg, recomenda-se que atinjam 55% do PCM por volta dos 15 meses e 82% ao primeiro parto. Já as novilhas Jersey, com peso adulto médio de 460 kg, devem alcançar 55% do PCM aos 13 meses. Ainda assim, ambos os trabalhos diferem quanto ao critério utilizado para determinar o PCM, especialmente no momento da paridade.

O conhecimento do PCM é fundamental para orientar estratégias de manejo nutricional e reprodutivo, já que serve de base para a formulação de dietas e definição de metas de crescimento durante a recria. Contudo, tais recomendações derivam principalmente de dados de *Bos primigenius taurus*, especialmente a raça Holandesa, nos quais a puberdade ocorre com 50–55% do PCM (NRC, 2001; NASEM, 2021). Em *Bos primigenius indicus*, esse marco fisiológico é alcançado mais tardiamente, entre 60–65% do PCM (Patterson et al., 1992), o que reforça a necessidade de ajustes específicos para cruzamentos adaptados ao ambiente tropical, como da raça Girolando.

Poucos estudos avaliaram o crescimento corporal de novilhas Holandês × Gir, sendo a maioria concentrada em fêmeas da raça Holandesas, cuja genética, além disso, varia entre países. Nesse contexto, Busanello et al. (2022) descreveram curvas de crescimento de três grupos genéticos (HOL, H × G e JER) em rebanhos comerciais brasileiros, com base em mensurações de perímetro torácico, peso corporal, altura de garupa e de cernelha. Esse estudo é particularmente relevante por apresentar, pela primeira vez, estimativas de PCM (607 kg) para novilhas Girolando (3/4 H × 1/4 G) em condições tropicais. Os resultados indicaram que essas novilhas atingem a primeira concepção com cerca de 59% do PCM, mas, diferentemente do padrão descrito pelo NASEM (2021), chegam ao primeiro parto com menos de 80% do PCM. Essa limitação foi atribuída ao baixo ganho médio diário (418 g/dia) entre a concepção e o parto. Como esses animais ainda estão em crescimento, há maior competição de nutrientes entre manutenção, crescimento corporal e gestação, o que pode comprometer o desempenho produtivo e reprodutivo no pós-parto tanto na vaca primípara como na futura prole.

Assim, a ausência de recomendações específicas para o crescimento de novilhas Girolando restringe a definição de metas precisas para puberdade, concepção e primeiro

parto, evidenciando a necessidade urgente de novos estudos que fundamentem estratégias de manejo mais eficientes para rebanhos leiteiros em regiões tropicais.

2.6 Contagem de folículos antrais na recria

No desenvolvimento pós-natal das proles, tem sido estudado a relação do número de folículos primordiais em novilhas (12 – 16 meses de idade) com a CFA nas ondas foliculares do ciclo estral normal (IRELAND et al., 2008), classificando animais por meio de exames ultrassonográficos em grupos de alta CFA (>25 folículos) e animais com baixa CFA (<15 folículos), no final deste estudo, os autores correlacionaram os animais de reduzida CFA com baixa reserva ovariana de folículos primordiais saudáveis.

O número de folículos ovarianos em fêmeas bovinas é altamente variável entre animais, mas individualmente apresenta alta repetibilidade entre as ondas foliculares durante e entre ciclos estrais, resultando em animais com alta e baixa CFA, estas variações estão correlacionadas com a fertilidade em novilhas. Estudos tem demonstrado que fêmeas com alta CFA obtiveram taxas de prenhez maiores, intervalos mais curtos entre parto e concepção, e receberam menos serviços/prenhez durante a estação reprodutiva em comparação com fêmeas de baixo CFA (Evans et al., 2012).

Evidências recentes reforçam a importância da CFA como um indicador consistente da fertilidade em vacas leiteiras. Lima et al. (2025) demonstraram que, além da nutrição materna, outros fatores ambientais, como a exposição ao estresse térmico durante a gestação, podem comprometer o desenvolvimento ovariano da prole. Filhas de vacas submetidas ao estresse térmico em diferentes estágios da gestação apresentaram menor CFA, maior intervalo entre partos e menor taxa de concepção à primeira inseminação, quando comparadas a filhas de vacas não expostas. Esses achados confirmam que a CFA é um marcador robusto da eficiência reprodutiva pós-natal e evidenciam que a programação fetal é modulada por múltiplos fatores ambientais.

2.7 Desenvolvimento Mamário em Novilhas

O desenvolvimento da glândula mamaria na recria de novilhas leiteiras passa por duas fases fisiológicas essenciais: a primeira é um período de crescimento isométrico que acontece desde o nascimento até os 2 meses de idade, nesta fase o crescimento da glândula mamaria é 1,5 vezes mais rápido que os demais tecidos corporais. A partir dos 5 meses

de idade e até os 9 meses ou período conhecido como recria na maioria dos sistemas produtivos de bovinos leiteiros, o crescimento passa a ser de tipo alométrico sendo de 3 a 4 vezes mais rápido o desenvolvimento da glândula mamária quando comparada com os demais tecidos corporais (AKERS, 2017).

Planos nutricionais têm sido desenvolvidos visando encurtar os dias de recria das novilhas de reposição em fazendas leiteiras; atingir a puberdade / maturidade sexual em um período menor sempre será uma opção interessante, reduzindo os custos com alimentação e aumentando o fluxo de caixa no negócio leiteiro (MOHD NOR et al., 2015). No entanto, altos ganhos de peso diários na recria de novilhas de reposição podem ter implicações negativas no desenvolvimento da glândula mamária. Uma meta-análise de 15 estudos Zanto e Heinrichs (2005) verificaram o GMD durante a fase de recria e sua influência na produção de leite na primeira lactação; os autores concluíram que o GMD superior 800 g/dia reduz a produção de leite na primeira lactação de vacas da raça holandesa.

Altos ganhos de peso corporal tem sido reportado como fator limitante na primeira lactação baseado no alto fornecimento de energia com relação a proteína metabolizável da dieta na recria das novilhas. Estudo feito por Albino et al. (2017) com 18 novilhas da raça Girolanda, submetidas a três dietas, sendo alto ganho, onde as novilhas foram alimentadas para ganhar 1 kg/d; baixo ganho, onde as novilhas foram alimentadas para ganhar 0,5 kg/d; e manutenção, onde as novilhas foram alimentadas para ganhar uma quantidade mínima de peso por dia; constatou diferenças no crescimento do PAR entre os grupos avaliados, sendo o menor desenvolvimento observado em novilhas com alto GMD (1 kg) durante a fase de recria.

Em novilhas, geralmente a avaliação do desenvolvimento da glândula mamária (PAR e gordura mamária) é feita após o abate, impossibilitando o conhecimento sobre a produção futura do animal, além disso, esta metodologia se mostra economicamente elevada devido ao abate dos animais. Nesse contexto, métodos alternativos não invasivos para reduzir o tempo e o custo dessas análises tornam-se importantes. A ultrassonografia é uma técnica amplamente utilizada para avaliar a deposição de gordura em carcaças de animais, e tem sido usado para avaliar características de desenvolvimento e lesões da glândula mamária em bezerros e novilhas leiteiras (NISHIMURA et al., 2011; ESSELBURN et al., 2015; ALBINO et al., 2017).

2.8 Biomarcadores Reprodutivos

Existem métodos de validação fenotípicas do animal por meio da avaliação de genes específicos para uma determinada característica de interesse, a proteína morfogenética óssea 15 (BMP15) e o fator de diferenciação de crescimento 9 (GDF9) são alvo de estudo por meio de expressão genica em ovários bovinos, dado que estão diretamente relacionadas com o desenvolvimento folicular e da maturação do oócito desde folículo primordial até o desenvolvimento embrionário.

Comparando a expressão gênica de BMP15 e GDF9 entre bovinos jovens e adultos a partir de amostras de ovócitos e células do cumulus (COCs) coletadas por aspiração folicular e posteriormente classificados segundo a qualidade dos COCs, Hosoe et al. (2011) verificaram diferenças na expressão genica destas proteínas sendo maior em animais adultos comparado com animais jovens, validando desta maneira, a aplicabilidade destas duas proteínas no estudo do desenvolvimento folicular tanto em fêmeas adultas quanto em fêmeas jovens. Corroborando a este estudo, McNatty et al. (2004) estudando os mesmos genes em ovelhas obtiveram resultados concludentes para indicar como biomarcadores as proteínas BMP15 e GDF9 por se mostrarem altamente correlacionadas com a ovulação em animais com bom desempenho reprodutivo.

Em síntese, os estudos revisados demonstram que a nutrição materna e o ambiente intrauterino desempenham papel determinante na programação do desenvolvimento fetal, com reflexos diretos sobre o desempenho pós-natal das futuras novilhas de reposição. Embora haja evidências consistentes em raças de clima temperado, ainda existem lacunas importantes no conhecimento sobre como esses mecanismos se manifestam em bovinos leiteiros adaptados aos trópicos, como a raça Girolando.

LITERATURA CITADA

AERTS, J.; BOLS, P. Ovarian Follicular Dynamics: A Review with Emphasis on the Bovine Species. Part I: Folliculogenesis and Pre-antral Follicle Development. **Reproduction in Domestic Animals**, 45: 171-179, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01302.x>

AKERS, R. M. A 100-Year Review: Mammary development and lactation. **J. Dairy Sci.** 100:10332–10352, 2017. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12.983>

ALBINO, R.L.; SGUIZZATO, A.L.; DANIELS, K.M.; DUARTE, M.S.; LOPES, M.M.; GUIMARÃES, S.E.F.; WELLER, M.M.D.C.A.; MARCONDES, M.I. Performance strategies affect mammary gland development in prepubertal heifers. **Journal of Dairy Science**. 100: 8033-8042, 2017 <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12489>

AMORIN, F. C. S.; ALMEIDA, J. Programação fetal bovina: possíveis implicações na reprodução e na progênie. **Revista Saber Digital**, v. 17, n. 3, e20241707, 2024. <https://doi.org/10.24859/SaberDigital.2024v17n3.1598>

ANDRADE, R. G.; OLIVEIRA, S. J. de M.; HOTT, M. C.; DE MAGALHÃES JUNIOR, W. C. P.; CARVALHO, G. R.; DA ROCHA, D. T. EVOLUÇÃO RECENTE DA PRODUÇÃO E DA PRODUTIVIDADE LEITEIRA NO BRASIL. **Revista Foco**, v. 16, n. 5, p. e1888, 2023. <https://doi.org/10.54751/revistafoco.v16n5-075>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADORES DE GIROLANDO (ABCG). Sobre a raça. 2024. Disponível em: <https://www.girolando.com.br/girolando/sobre-a-raca>. Acesso em: 02 ago. 2025.

BELL, A. W.; SLEPETIS, R.; EHRHARDT, U. A. Growth and accretion of energy and protein in the gravid uterus during late pregnancy in Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 78, p. 1954–1961, 1995.

BUSANELLO, M.; SANTO, M. C.; ALMEIDA, R. Are the recommended proportions of mature body weight being achieved in different stages of growth in Brazilian Holstein and Jersey dairy cattle. **JDS Communications**, v. 6, n. 4, p. 522–526, 2025. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2024-0380>

CATON, J. S.; CROUSE, M. S.; DAHLEN, C. R.; WARD, A. K.; DINIZ, W. J. S.; HAMMER, C. J.; SWANSON, R. M.; HAUXWELL, K. M.; SYRING, J. G.; SAFAIN, K. S.; REYNOLDS, L. P. International Symposium on Ruminant Physiology: Maternal nutrient supply—Impacts on physiological and whole-animal outcomes in offspring. **Journal of Dairy Science**, v. 108, p. 7696–7709, 2025. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25788>

CUSHMAN, R. A.; AKBARINEJAD, V.; PERRY, G. A.; LENTS, C. A. Developmental programming of the ovarian reserve in livestock. **Animal Reproduction Science**, v. 264, 107458, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2024.107458>

ESSELBURN, K.M.; HILL, T.M.; BATEMAN, H.G.; FLUHARTY, F.L.; MOELLER, S.J.; O’DIAM, K.M.; DANIELS, K.M. Examination of weekly mammary parenchymal

area by ultrasound, mammary mass, and composition in Holstein heifers reared on 1 of 3 diets from birth to 2 months of age. **Journal Dairy Science**. 98:5280–5293, 2015.

EVANS, A.; MOSSA, F.; WALSH, S.; SCHEETZ, D.; JIMENEZ-KRASSEL, F.; IRELAND, J.; SMITH, G.; IRELAND, J. Effects of Maternal Environment During Gestation on Ovarian Folliculogenesis and Consequences for Fertility in Bovine Offspring. **Reproduction in Domestic Animals**, 47: 31-37, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2012.02052.x>

GUPTA, A.; KRITIKA, Y.; YADAV, P.; MUSKAN; REDDY, S. R. N.; ANAND, R. Navigating challenges in India's milk industry: an in-depth review on cattle healthcare, technology, and market dynamics. In: HASSANIEN, A. E.; ANAND, S.; JAISWAL, A.; KUMAR, P. (org.). **Innovative computing and communications. ICICC 2024**. Lecture Notes in Networks and Systems, v. 1043. Singapore: Springer, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-97-4228-8_13

IRELAND, J.L.H.; SCHEETZ, D.; JIMENEZ-KRASSEL, F.; THEMME, A.P.N.; WARD, F.; LONERGAN, P.; SMITH, G.W.; PEREZ, G.I.; EVANS, A.C.O.; IRELAND, J. J. Antral follicle count reliably predicts number of morphologically healthy oocytes and follicles in ovaries of young adult cattle. **Biology of Reproduction**, 79(6), 1219–1225, 2008. <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. 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. **Biology of Reproduction**, 80(6), 1272–1281, 2009. <https://doi.org/10.1095/biolreprod.108.075093>

JUENGEL, J. L.; CUSHMAN, R. A.; DUPONT, J.; FABRE, S.; LEA, R. G.; MARTIN, G. B.; MOSSA, F.; PITMAN, J. L.; PRICE, C. A.; SMITH, P. The ovarian follicle of ruminants: the path from conceptus to adult. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 33, p. 621–642, 2021. <https://doi.org/10.1071/RD21086>

LIMA, E. A.; CARVALHO, L. R.; ORLANDI, R. E.; SIMÕES, L. M. S.; BOTTINO, M. P.; SANTOS, A. P. C.; SCARPA, F. O.; SALES, J. N. S. Effect of maternal heat stress at different stages of pregnancy on the reproductive performance and antral follicle count of the progeny of Holstein cows. **Animal Reproduction Science**, v. 272, 107665, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2024.107665>

MCNATTY, K.P., MOORE, L.G., HUDSON, N.L., QUIRKE, L.D., LAWRENCE, S.B., READER, K., HANRAHAN, J.P., SMITH, P., GROOME, N.P., LAITINEN, M., RITVOS, O.; JUENGEL, J.L. The oocyte and its role in regulating ovulation rate: a new paradigm in reproductive biology. **Reproduction** (Cambridge, England), 128(4), 379–386, 2004. <https://doi.org/10.1530/REP.1.00280>

MOHD, N.O.R.; STEENEVELD, N. W.; MOURITS, M.C.M.; HOGVEEN, H. The optimal number of heifer calves to be reared as dairy replacements. **Journal of Dairy Science**. 98:861-871, 2015. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8329>

NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 8th rev. ed. Washington: The National Academies Press, 2021.

NISHIMURA, M.; YOSHIDA, T.; EL-KHODERY, S.; MIYOSHI, M.; FURUOKAM, H.; YASUDA, J.; MIYAHARA, K. Ultrasound imaging of mammary glands in dairy heifers at different stages of growth. **Journal Veterinary Medical Science**. 73:19–24, 2011.

NRC (National Research Council). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Washington: National Academy Press, 2001.

OKAMOTO, L.; STEGEMILLER, M. R.; REICHHARDT, C. C.; ALBERTO, A. F.; BAYLES, S. A.; ROHOLT, B. W.; MURDOCH, B. M.; THORNTON-KURTH, K. J. Examining the effect of genetics between *Bos taurus* and *Bos indicus* influenced cattle on production performance, carcass characteristics, and feeding behavior. **Journal of Animal Science**, v. 102, suppl. 3, p. 13-14, set. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/skae234.014>

OLIVEIRA, A. S. Meta-analysis of feeding trials to estimate energy requirements of dairy cows under tropical condition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 210, p. 94–103, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.10.006>

OLIVEIRA, K. R.; OLIVEIRA NETO, A. P.; DIAMANTINO, C. A.; EITERER, I. O.; ARAÚJO, R. D.; SANCLER-SILVA, Y. F.; ROTTA, P. P. Differential average daily gain of pregnant Holstein × Gyr dairy heifers causes placental adaptations to support fetal growth and development. **Journal of Dairy Science**, 2023. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-23201>

PATTERSON, D. J.; PERRY, R. C.; KIRACOFÉ, G. H.; BELLOWS, R. A.; STAIGMILLER, R. B.; CORAH, L. R. Management considerations in heifer development and puberty. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 12, p. 4018–4035, 1992. <https://doi.org/10.2527/1992.70124018x>

RAMÍREZ-RIVERA, E. J.; RODRÍGUEZ-MIRANDA, J. J.; HUERTA-MORA, I. R.; CÁRDENAS-CÁGAL, A.; JUÁREZ-BARRIENTOS, J. M. Tropical milk production systems and milk quality: a review. **Tropical Animal Health and Production**, v. 51, n. 6, p. 1295-1305, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01922-1>

SGUIZZATO, A. L. L.; MARCONDES, M. I.; DIJKSTRA, J.; VALADARES FILHO, S. de C.; CAMPOS, M. M.; MACHADO, F. S.; SILVA, B. C.; ROTTA, P. P. Energy requirements for pregnant dairy cows. **PLOS ONE**, v. 15, n. 7, e0235619, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235619>

SINHA, N.; ALLEN TUCKER, H. Mammary Development and Pituitary Prolactin Level of Heifers from Birth through Puberty and during the Estrous Cycle¹. **Journal of Dairy Science**. 52: 507- 512, 1969. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(69\)86595-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(69)86595-1)

SMITZ, J.; CORTVRINDT, R. (2002). The earliest stages of folliculogenesis in vitro. **Reproduction**, 123(2), 185-202, 2002. Retrieved Feb 22, 2022. <https://doi.org/10.1530/rep.0.1230185>

WELLER, M.M.D.C.A.; ALBINO, R. L.; MARCONDES, M.I. ; SILVA, W.; DANIELS, K.M.; CAMPOS, M.M.; DUARTE, M.S.; MESCOUTO, M.L.; Silva, F.F.; GUIMARÃES, S.E.F.. Effects of nutrient intake level on mammary parenchyma growth and gene expression in crossbred (Holstein × Gyr) prepubertal heifers, **Journal of Dairy Science**, 9962-9973, 2016. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11532>

ZANTON, G.I.; HEINRICHS, A.J. Meta-Analysis to Assess Effect of Prepubertal Average Daily Gain of Holstein Heifers on First-Lactation Production. **Journal Dairy Science**. 88:3860–3867, 2005.

CAPÍTULO 1

GANHO MÉDIO DIÁRIO DIFERENCIAL NA GESTAÇÃO DE MATRIZES HOLANDÊS × GIR: Consumo, digestibilidade, desenvolvimento corporal da prole

RESUMO

Este estudo avaliou os efeitos do ganho médio diário (GMD) materno durante os dois últimos terços da gestação sobre o desempenho produtivo e o desenvolvimento da glândula mamária em novilhas da raça Girolando. Foram utilizadas dez novilhas 5/8 Holandês × Gir, prenhes de embriões 3/4 Holandês × Gir, mantidas sob as mesmas condições experimentais desde os 70 dias de gestação até o parto. As novilhas foram distribuídas aleatoriamente em dois tratamentos conforme o ganho médio diário de peso corporal materno: MOD (500 g/dia) e ALT (750 g/dia). Após o nascimento, as bezerras foram criadas e recriadas sob manejo padronizado os dados foram avaliados dos 6 aos 15 meses de idade quanto ao peso corporal, medidas biométricas, desenvolvimento do parênquima mamário (PAR) avaliado por ultrassonografia, e concentrações plasmáticas de IGF-1. Não foram observadas diferenças entre os grupos experimentais quanto ao consumo e digestibilidade de nutrientes, características biométricas ou intensidade de pixels no PAR ($p>0,05$). O crescimento corporal e o desenvolvimento da glândula mamária evoluíram progressivamente com a idade, independentemente do GMD materno. Os resultados indicam que o ganho de peso materno moderado durante a gestação foi suficiente para garantir o adequado desenvolvimento somático e mamário das filhas.

Palavras-chave: nutrição materna, crescimento diário, desenvolvimento da glândula mamária, novilhas Girolando, desempenho produtivo.

1 INTRODUÇÃO

A alimentação representa um dos principais limitantes na produção de bovinos leiteiros, e a adoção de estratégias nutricionais inadequadas pode resultar em sobrealimentação ou subnutrição, comprometendo o desempenho reprodutivo e produtivo dos animais (OLIVEIRA 2015; SACRAMENTO et al., 2024). Entre os fatores determinantes para a eficiência dos sistemas de produção está o manejo nutricional das matrizes durante a gestação, etapa crítica para o desenvolvimento fetal e o potencial produtivo da progênie (NOYA et al., 2019; SGUIZZATO et al., 2020; LAGE et al., 2021).

Estudos têm demonstrado que o ambiente intrauterino exerce influência direta no crescimento e na performance da prole (AMORIN e ALMEIDA 2024; CATON et al., 2025; WANG et al., 2025). Conhecer o desenvolvimento da glândula mamária, estrutura essencial para a produção de leite em novilhas leiteiras de reposição, visa maximizar o correto desenvolvimento do parênquima mamário (ALBINO et al., 2017; SEIBT et al., 2023). A avaliação do crescimento corporal em novilhas leiteiras é fundamental para estabelecer estratégias de manejo que assegurem eficiência produtiva e longevidade do rebanho (SILVA et al., 2021; BUSANELLO et al., 2025;).

Embora a literatura aborde os efeitos da restrição (NOYA et al., 2019) ou sobrealimentação (WELLER et al., 2016; SHOKROLLAHI et al., 2025) durante a gestação, ainda há lacunas quanto aos impactos de planos nutricionais intermediários, especialmente em sistemas tropicais com novilhas mestiças Holandês × Gir.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do ganho médio diário diferencial materno durante os dois últimos terços de gestação, sobre o desempenho produtivo, o crescimento corporal e o desenvolvimento da glândula mamária da prole. Sendo formulada a hipótese que novilhas 3 / 4 Holandês x Gir provenientes de vacas com ganho materno moderado terão menor desempenho produtivo no período pré e pós puberal comparadas com proles de vacas com alto ganho de peso durante a gestação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Gado de Leite (UEPE-GL) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em conformidade com a legislação brasileira vigente para o uso de animais em pesquisa. O projeto foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFV (protocolo nº 083/2022 – CEUAP/UFV), em 4 de agosto de 2022.

2.1 Gestação

2.1.1 Tratamento nutricional materno

O manejo nutricional durante a gestação das novilhas foi descrito por Oliveira et al. (2023). Foram utilizadas 10 novilhas mestiças 5/8 Holandês × Gir, com peso corporal médio de $445,5 \pm 46,7$ kg e idade média de $25 \pm 3,9$ meses. As novilhas foram inovuladas com embriões 3/4 Holandês × 1/4 Gir, provenientes da mesma fazenda leiteira, e mantidas até o parto.

Aos 70 dias de gestação, os animais foram distribuídos aleatoriamente em dois tratamentos experimentais. A definição dos tratamentos foi baseada no ganho médio diário (GMD) proposto por Azevedo et al. (2022) para animais mestiços tropicais: MOD (GMD de 500 g/dia) e ALT (GMD de 750 g/dia). As novilhas foram alimentadas com silagem de milho e dieta concentrada (tabela 1), fornecida duas vezes ao dia (07h00 e 16h00). Para alcançar os ganhos moderado e alto, a oferta alimentar foi equivalente a 1,08% e 1,41% do peso vivo (PV), com base na matéria seca (MS), respectivamente.

2.2 Manejo da cria

Imediatamente após o nascimento, a vitalidade das bezerras foi avaliada segundo os critérios descritos por Murray et al. (2015), modificados por von Konigslow (2022). Em seguida, o cordão umbilical foi tratado com solução de iodo a 10%, e os animais foram pesados.

As bezerras receberam colostro em volume equivalente a 15% do PV ao nascer, dividido em duas mamadas: a primeira, correspondente a 10% do PV, administrada nas primeiras 2 horas de vida, e a segunda, equivalente a 5% do PV, entre 2 e 4 horas após o nascimento. A qualidade do colostro foi padronizada para uma concentração mínima de 25% de Brix.

O manejo nutricional subsequente foi descrito por Oliveira Neto et al. (2025). No 1º e 2º dias de vida, as bezerras receberam leite de transição, em volume diário de 6 L, dividido em duas mamadas de 3 L, fornecidas às 09h00 e às 16h00. A partir do 3º dia de vida, os animais passaram a receber leite cru, mantendo a ingestão diária (6 L/dia, divididos em duas mamadas às 09h00 e às 16h00). Feno e concentrado foram fornecidos *ad libitum* durante toda a fase de aleitamento.

2.3 Manejo da Recria

Após o período de cria foram selecionadas um total de nove animais, ($160 \pm 10,34$ kg de peso e 180 dias de vida), foram agrupadas segundo o manejo nutricional que a mãe recebeu durante a gestação (MOD, n=4 ou ALT, n=5), o período experimental foi em total de 270 dias. O GMD das filhas durante a recria foi 600 g/dia para os dois grupos durante todo o período experimental. Todos os animais receberam a mesma dieta composta por silagem de milho e ração concentrada numa proporção 55:45 respectivamente. A dieta (Tabela 1) em termos gerais foi formulada com 17 % de proteína Bruta (PB), sendo fornecido uma vez ao dia, com 100 % da dieta no turno da manhã. A quantidade de silagem e concentrado fornecidas foram registradas diariamente.

Tabela 1: Ingredientes e composição química das dietas experimentais oferecidas às novilhas gestantes e às proles da raça Girolando durante o período de experimental.

Item	Gestação	Recria
Ingrediente (% MS)		
Silagem milho	71,9	56,9
Milho Fubá	-	25
Farelo de soja	24,6	16
Ureia	-	1
Mineral Mix ¹	1	1
Composição química (% MS)		
MS	38,1	39,5
PB	17,2	16,5
PDR	12	9
PNDR	5,2	2,3
AMIDO	-	36
EE	2,7	3,6
FDN	43	27,2
PM/EM (g PM / Mcal EM)	45,1	40

MS: Matéria Seca, PB: Proteína bruta, PDR: Proteína degradada no rúmen, PNDR: Proteína não degradada no rúmen, EE: Extrato etéreo, FDN: Fibra em detergente neutro, (Macrominerais g/kg: Cálcio (Ca): 170,0 (mín), Fósforo (P): 80,0, Magnésio (Mg): 15,0 Enxofre (S): 25,0 Sódio (Na): 100,0; Microminerais mg/kg: Cobalto (Co): 40,0 Cobre (Cu): 1.1200,0 Manganês (Mn): 1.400,0 Zinco (Zn): 3.500,0 Selênio (Se): 40,0 Iodo (I): 85,0; Vitaminas: UI/100g: Vit A 20.000, Vit D3 2500, Vitamina E: 350)

Os animais foram pesados em uma balança individual apropriada e, em seguida, alocados em um sistema *tiestall* (14 m²). Todas as condições de manejo e ambiente foram padronizadas, garantindo que todos os animais tivessem as mesmas condições durante todo o período experimental.

2.4 Coletas de amostras

2.4.1 Amostras fecais e de urina

Os intervalos de coletas de fezes e urina foram de 28 dias, para a avaliação da digestibilidade aparente da dieta fornecida, as fezes de todas as novilhas foram coletadas durante os últimos 5 dias de cada período de 28 dias. Sendo realizadas às 06:00, 09:00, 12:00, 15:00 e 18:00 h nos dias 24, 25, 26, 27 e 28, respectivamente. Amostras fecais de aproximadamente 200 g foram coletadas por estimulação retal.

Amostras de urina foram coletadas por estimulação manual da região perineal, acidificadas a um pH abaixo de 4,0 com ácido sulfúrico para evitar a volatilização de NH_3 e, em seguida, congeladas a $-20\text{ }^\circ\text{C}$.

2.4.2 Alimentos

Amostras da silagem de milho, farelo soja e milho fubá foram coletadas uma vez a cada 28 dias, o material foi levado a estufa de secagem com ar forçado a $55\text{ }^\circ\text{C}$ por 72 h e moídas em peneira de 1-2 mm para análise.

2.4.3 Sangue

A coleta de sangue foi realizada no último dia de cada período de coleta, em condições de jejum alimentar de 16 h, utilizando a veia coccígea. Para esse processo, foram utilizados tubos a vácuo estéreis equipados com ativador de coagulação e gel separador. Após a coleta, as amostras de sangue foram centrifugadas para separar o soro, que foi então transferido para tubos Eppendorf de 2 mL devidamente identificados. Essas amostras foram armazenadas a $-20\text{ }^\circ\text{C}$ para garantir que os materiais biológicos fossem preservados em condições ideais para análises posteriores.

2.5 Caracterização biométrica

A caracterização morfoestrutural das fêmeas foi obtida em intervalos de 28 dias, na própria baía onde as novilhas foram alojadas, com auxílio de um hipômetro Walmur® tipo bengala com duas barras de alumínio. Este procedimento foi realizado pelo mesmo técnico durante todo o experimento, tomando sequencialmente as seguintes medidas em centímetros (cm): perímetro torácico; altura de cernelha; comprimento corporal; altura de garupa; comprimento de garupa; largura de íleo; largura de ísquio.

A partir das medidas dos ossos pélvicos, calculou-se a área da pelve em cm³. Considerando que a pelve tem o formato de um trapézio isósceles; ou seja, com os dois lados de mesmo tamanho, utilizou-se a seguinte fórmula para calcular a área:

$$A = \frac{(B + b) \times h}{2}$$

em que A é a área do trapézio, ou seja, da pelve; B a base maior (distância entre os ílios), b a base menor (distância entre os ísquios) e h a altura do trapézio.

A medida da altura do trapézio, pode ser obtida através da seguinte fórmula:

$$h = \sqrt{L^2 - \left(\frac{B - b}{2}\right)^2}$$

Em que L é a distância entre ílio e ísquio (cumprimento de garupa).

Os animais foram pesados em intervalos de 28 dias usando balança individual, os dados foram usados para a validação do ganho médio diário, ajuste da dieta e conversão alimentar.

2.6 Ultrassonografia de glândula mamária

As mensurações do PAR dos animais foram realizadas a cada 28 dias, desde os 6 meses até os 15 meses de idade. As novilhas foram conduzidas ao tronco de contenção apropriado, as imagens foram coletadas em um tempo máximo de 15 minutos por animal, em posição de estação (em pé) para o exame ultrassonográfico. Não foi necessário o uso de sedativos. Gel acústico comercial RMC® temperado foi aplicado em cada glândula mamária antes de obter as imagens ultrassonográficas. As 4 glândulas mamárias de cada novilha foram avaliadas usando aparelho de ultrassom modo B em tempo real, equipado com um transdutor micro convexo de 6,5 MHz. Todos os exames ultrassonográficos foram realizados por um único operador.

Com a novilha contida em posição de estação, o transdutor micro convexo lubrificado foi colocado na base de cada teto em um ângulo de 45° (Figura 1), em posicionamento caudo-cranial. Este procedimento foi conduzido de acordo com Nishimura et al. (2011) e adaptado por Albino et al. (2015).

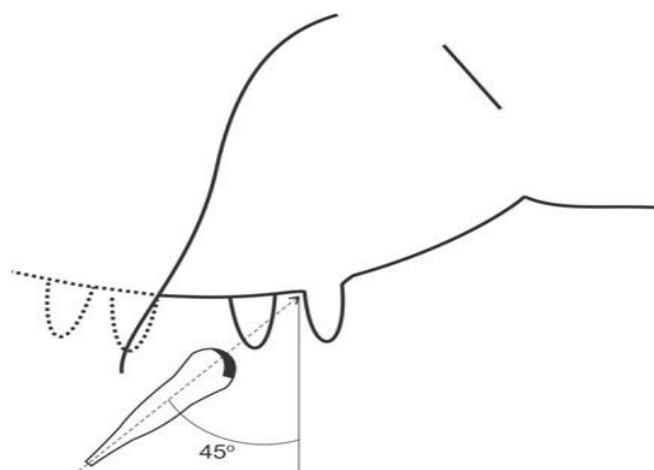


Figura 1: Posicionamento do transdutor micro convexo durante a avaliação ultrassonográfica da glândula mamária em novilhas. Fonte: (ALBINO et al., 2015)

O software de captura de imagens estáticas disponível na máquina de ultrassom foi usado para capturar duas imagens digitais de 8 bits para cada glândula. Essas imagens foram inspecionadas visualmente e escolhida a imagem com a melhor definição PAR; avaliações subsequentes foram feitas com base em 4 imagens por novilha (anterior direito AD, anterior esquerdo AE, posterior direita PD e posterior esquerda PE).

O PAR em cada imagem digital foi avaliado usando o software ImageJ® (National Institutes of Health, Bethesda, MD). O PAR é hipoeicoico (preto) na ultrassonografia quando comparado com a gordura mamária (ESSELBURN et al., 2015), que é hipereicoica (branco). Dentro da área identificada como PAR foi analisada para a obtenção da área no *ImageJ* conforme ao reportado por Ferreira e Rasband (2011):

Cada imagem de glândula foi avaliada em 3 pontos diferentes do PAR usando quadrados de $0,22 \text{ cm}^2$ onde o valor médio de pixels por unidade de área foi determinado para cada quadrado usando um fator de conversão em *ImageJ* ($1 \text{ cm} = 50 \text{ pixels}$). Em imagens de 8 bits, cada pixel é representado numericamente em uma escala de 256.000 tons de cinza ($0 = \text{preto}$; $255.000 = \text{branco}$) de acordo com seu brilho (Ferreira e Rasband, 2011).

2.7 Análises laboratoriais

2.7.1 Análises fecais e de urina

As fezes foram secas em estufa de ar forçado a $55 \text{ }^\circ\text{C}$ por 72 h e moídas em peneira de 1-2 mm. Posteriormente, foi feito um pool das amostras diárias para cada bezerra,

utilizando 15 g da amostra seca e moída. A fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) foi usada como um marcador interno para estimar a excreção fecal total.

Foi realizada análise de creatinina para estimar volume urinário por dia, usando kit comercial (Creatinina Automação da Bioclin®) seguindo as recomendações do fabricante.

Amostras de silagem de milho, ingredientes do concentrado e fezes foram analisadas quanto às concentrações de Matéria Seca (MS), Matéria Orgânica (MO) e Nitrogênio (N) seguindo as metodologias INCT ciência animal (DETMAN et al., 2021) método G-003/1 para MS, M-001/2 para MO, N-001/2 para N.

A concentração de FDNi foi quantificada em triplicata para silagem de milho, componentes principais da ração concentrada e amostras fecais. As amostras utilizadas para quantificar o FDNi foram moídas em moinho de facas com peneira de 2 mm (VALENTE et al., 2011). Amostras de 400 mg foram adicionadas em *filter bags* confeccionados com TNT cujas dimensões foram 4,0 x 4,5 cm pré-pesados, os *filter bags* foram incubados por 288 h no rúmen de bovinos canulados alimentados com dieta composta de 70 % de silagem de milho e 30 % de concentrado com base na MS no nível de manutenção conforme a metodologia INCT ciência animal (DETMAN et al., 2021) método F-009/2.

2.7.2 Soro sanguíneo

As concentrações do hormônio fator de crescimento semelhante à insulina 1 (IGF-1) foram mensurados utilizando o método de quimioluminescência, conforme descrito por Ferreira e Rossi (2002).

2.8 Análise estatística

Para análise dos dados foi utilizado o *Statistical Analysis System* (SAS OnDemand). As variáveis quantitativas foram submetidas aos testes de Bartlett e Shapiro-Wilk, para verificar a homogeneidade das variâncias e normalidade dos erros, respectivamente. Quando necessário, os dados foram submetidos a transformações estatísticas.

Os dados de características biométricas, nutrição e intensidade de pixels das glândulas mamárias foram analisados por medidas repetidas no tempo (*Mixed Procedure*) seguindo o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A_j + (TA)_{ij} + e_{ijk}$$

Em que: Y_{ijk} , resposta; μ , constante; T_i , efeito do tratamento; A_j , efeito da idade (meses); $(TA)_{ij}$, interação; e e_{ijk} , erro.

O PC inicial (aos seis meses) foi utilizado como covariável para as variáveis peso corporal e ganho de peso diário. O fator de medidas repetidas foi o mês (28 dias) em cada período do animal (*subject*), a estrutura da matriz de covariância, autorregressiva ($AR(1)$), simetria composta (CS) ou componentes de variância (CV), foi definida pelos valores de AICC (LITTELL et al., 2006). Os dados foram então submetidos à análise de variância e as médias (*LS-means*), comparadas pelo teste de Tukey.

A significância estatística foi considerada para $P < 0,05$.

Para a elaboração das figuras apresentadas da caracterização morfoestrutural, foram utilizados dados de crescimento de novilhas coletados ao longo do período de recria. As concentrações plasmáticas de IGF-1 e medidas de peso, perímetro torácico, comprimento corporal, altura na cernelha, altura de garupa, largura de ílio, largura de ísquio, comprimento e área de garupa, foram registradas mensalmente e organizadas em uma planilha eletrônica. Em seguida, aplicou-se uma regressão linear simples (método dos mínimos quadrados) para ajustar uma linha de tendência aos dados de cada variável.

As equações resultantes das regressões foram utilizadas para gerar as linhas de comportamento exibidas nos gráficos, permitindo visualizar a evolução do crescimento das novilhas ao longo do tempo. Todo o processamento dos dados e a geração dos gráficos foram realizados no software Excel.

3 RESULTADOS

Não foram observadas diferenças entre os tratamentos MOD e ALT no consumo de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB), bem como nos coeficientes de digestibilidade desses nutrientes ($P > 0,05$) tabela 2. Houve efeito da idade dos animais para todas as variáveis avaliadas ($P < 0,0001$), evidenciando o aumento progressivo do consumo e da digestibilidade ao longo da recria.

Tabela 2: Consumo e digestibilidade (Média ± EP) dos principais ingredientes da dieta fornecida durante a recria de novilhas da raça Girolando

Variável	GMD ¹		P-valor ⁴		
	MOD ² (4)	ALT ³ (5)	GMD	Idade	GMD*Idade
<i>Consumo de nutrientes (kg/d; média dos tratamentos)</i>					
Matéria seca	4,20 ± 0,07	4,15 ± 0,07	0,6332	<0,0001	0,4881
Matéria Orgânica	3,96 ± 0,07	3,91 ± 0,06	0,6460	<0,0001	0,4883
Proteína Bruta	0,67 ± 0,01	0,66 ± 0,01	0,6781	<0,0001	0,3923
<i>Digestibilidade (%; média dos tratamentos)</i>					
Matéria seca	45,54 ± 2,97	49,59 ± 2,65	0,3434	0,0017	0,3103
Matéria Orgânica	50,96 ± 3,33	55,31 ± 2,98	0,3641	0,0002	0,1319
Proteína Bruta	51,41 ± 2,57	54,72 ± 2,29	0,3688	<0,0001	0,0900

¹GMD= ganho médio diário imposto as mães durante a gestação.

²MOD = grupo GMD moderado (0,50 kg/dia).

³ALT = grupo GMD alto (0,75 kg/dia).

⁴A significância foi declarada em P < 0,05.

De acordo com a Tabela 3, as novilhas apresentaram desempenho semelhante entre os grupos MOD e ALT para as variáveis avaliadas, não sendo observadas diferenças no peso corporal inicial e final, no GMD e na conversão alimentar (P > 0,05). O GMD manteve-se em torno de 600 g/dia durante todo o período experimental.

Tabela 3: Médias ± EP para desempenho produtivo de novilhas da raça Girolando, no período de 6 a 15 meses de idade (período experimental)

Variável	GMD ¹		P-Valor ⁴		
	MOD ² (4)	ALT ³ (5)	GMD	Idade	GMD*Idade
PC inicial	183,50 ± 10,92	174,60 ± 9,77	-	-	-
PC final	342,50 ± 10,92	345,00 ± 9,77	0,8853	<0,0001	0,5964
GMD, kg/d	0,637 ± 0,30	0,674 ± 0,02	0,3575	0,3749	0,3171
CA	7,095±0,34	6,768± 0,31	0,4879	0,09	0,4566

¹GMD= ganho médio diário imposto as mães durante a gestação.

²MOD = grupo GMD moderado (0,50 kg/dia)

³ALT = grupo GMD alto (0,75 kg/dia).

⁴A significância foi declarada em P < 0,05.

PC= peso corporal; CA= conversão alimentar;

De acordo com a Tabela 4, o consumo total de nitrogênio (N) durante a recria foi semelhante entre os grupos MOD e ALT (P > 0,05). A excreção fecal de N também não diferiu entre os tratamentos (P = 0,3310), assim como a quantidade de N retido pelos animais (P = 0,1210). Dessa forma, não foram observadas diferenças entre os grupos para as variáveis relacionadas ao consumo e ao metabolismo do nitrogênio.

Todas as variáveis avaliadas foram influenciadas pela idade ($P < 0,05$), refletindo mudanças fisiológicas ao longo do crescimento.

Tabela 4: Médias \pm EP para variáveis relacionadas com consumo e metabolismo de nitrogênio (N) aparente na dieta em novilhas da raça Girolando

Variável	GMD ¹		GMD	P-Value ⁴	
	MOD ² (4)	ALT ³ (5)		Idade	GMD*Idade
	<i>Balanço N Aparente (g/d)</i>				
Consumo N	671,1 \pm 0,01	663,8 \pm 0,01	0,6781	<0,0001	0,3923
Fecal N	327,5 \pm 0,01	300,7 \pm 0,02	0,3310	<,0001	0,1189
Absorção N	343,6 \pm 0,018	363,1 \pm 0,016	0,4602	<,0001	0,0656
N Urinário	228,0 \pm 0,017	221,1 \pm 0,015	0,7737	0,0147	0,1865
N Retido	104 \pm 0,01	142 \pm 0,01	0,1210	<,0001	0,2523

¹GMD= ganho médio diário imposto as mães durante a gestação.

²MOD = grupo GMD moderado (0,50 kg/dia).

³ALT= grupo GMD alto (0,75 kg/dia).

⁴A significância foi declarada em $P < 0,05$.

De acordo com a Tabela 5, não houve efeito da nutrição materna durante a gestação sobre as medidas biométricas corporais das novilhas, com exceção da largura do ísquio, em que o grupo MOD apresentou valor superior ao grupo ALT ($P = 0,009$). Para todas as demais variáveis avaliadas, não foram verificadas diferenças entre os grupos ($P > 0,05$).

Tabela 5: Médias \pm EP das características biométricas corporais de novilhas da raça Girolando dos 6 aos 15 meses de idade, de acordo com grupo experimental

Variável	GMD ¹		P-Valor ⁴		
	MOD ² (4)	ALT ³ (5)	GMD	Idade	GMD*Idade
Peso corporal (kg)	263,99 \pm 5,40	274,74 \pm 4,81	0,1827	<,0001	0,5365
Altura da cernelha (cm)	123,25 \pm 0,96	124,46 \pm 0,85	0,3794	<,0001	0,5375
Altura garupa (cm)	128,81 \pm 1,43	130,16 \pm 1,28	0,5064	<,0001	0,0019
Perímetro torácico (cm)	147,65 \pm 1,53	148,30 \pm 1,37	0,7615	<,0001	0,7238
Comprimento corporal (cm)	125,30 \pm 1,91	125,27 \pm 1,70	0,9910	<,0001	0,6529
Comprimento de garupa (cm)	41,27 \pm 0,65	41,33 \pm 0,58	0,9511	<,0001	0,6033
Largura de ílio (cm)	36,46 \pm 0,70	36,79 \pm 0,63	0,7415	<,0001	0,7650
Largura ísquio (cm)	24,59 \pm 0,24	23,72 \pm 0,21	0,0099	<,0001	0,9009
Área garupa (cm ²) *	1.368,60 \pm 34,09	1.351,08 \pm 30,35	0,7127	<,0001	0,8002

¹GMD= ganho médio diário imposto as mães durante a gestação,

²MOD = grupo GMD moderado (0,50 kg/dia);

³ALT= grupo GMD alto (0,75 kg/dia).

⁴A significância foi declarada em $P < 0,05$.

Entretanto, observou-se efeito da idade ($P < 0,0001$) para todas as medidas, evidenciando o crescimento progressivo das novilhas ao longo do período de avaliação.

O comportamento linear foi confirmado pelas análises de regressão, com elevados coeficientes de determinação (R^2), indicando bom ajuste dos modelos (Figuras 2 a 6). O peso corporal aumentou de forma consistente entre os 6 e 15 meses de idade. Os marcadores representam as observações individuais dos animais ($n = 9$) em cada período de coleta dos dados biométricos.

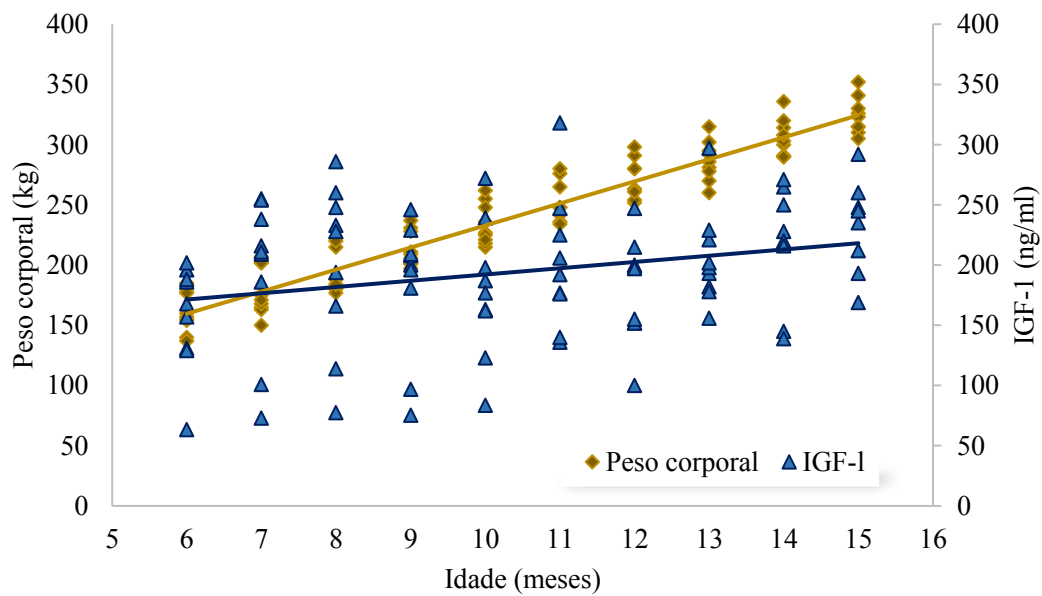


Figura 2- Comportamento da curva de crescimento do peso corporal e do fator de crescimento semelhante a insulina em novilhas da raça Girolando dos 6 aos 15 meses de idade em função da idade.

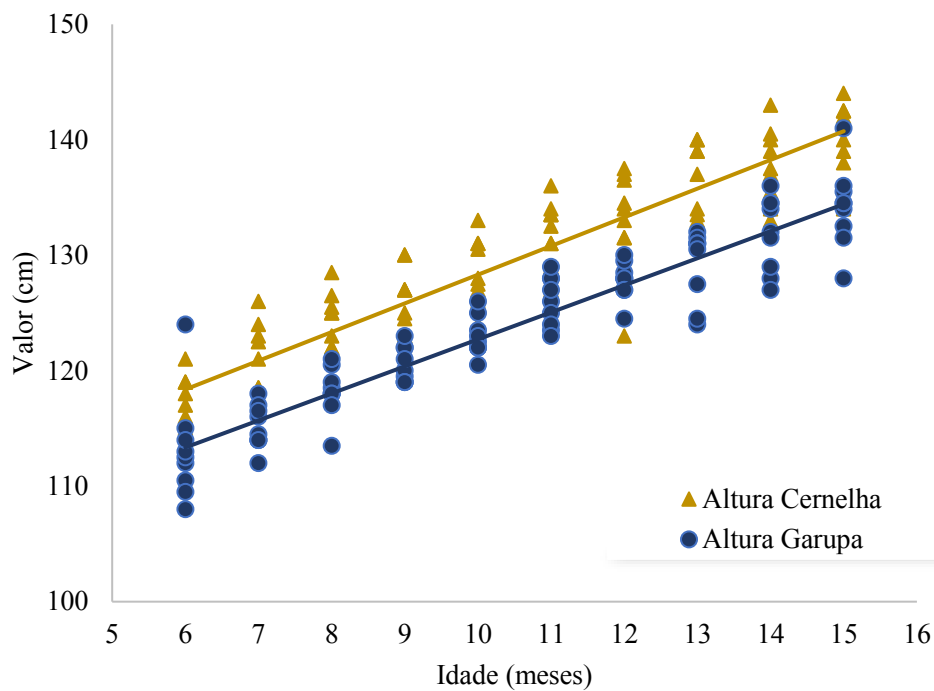


Figura 3- Comportamento da curva de crescimento da altura de cernelha e altura de garupa em novilhas da raça Girolando dos 6 aos 15 meses de idade em função da idade.

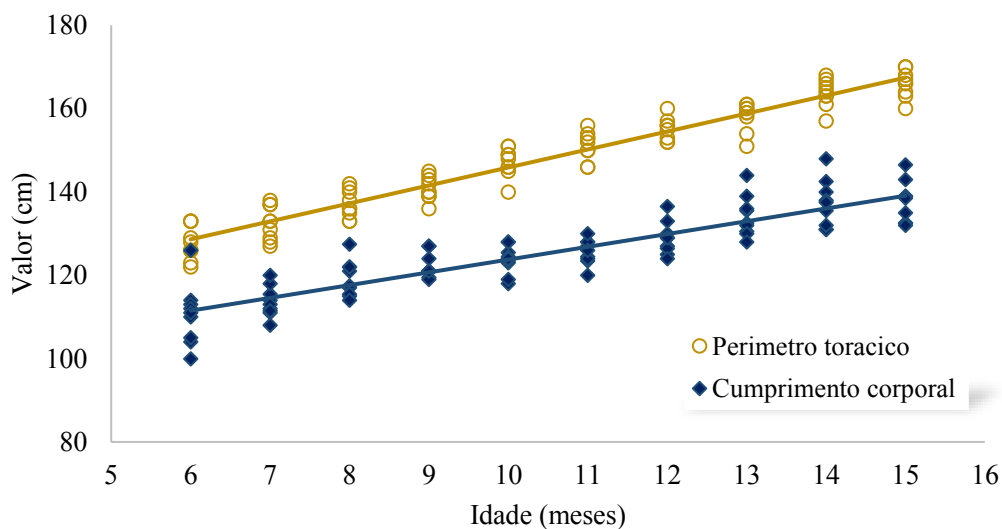


Figura 4- Comportamento da curva de crescimento do perímetro torácico e comprimento corporal em novilhas da raça Girolando dos 6 aos 15 meses de idade em função da idade.

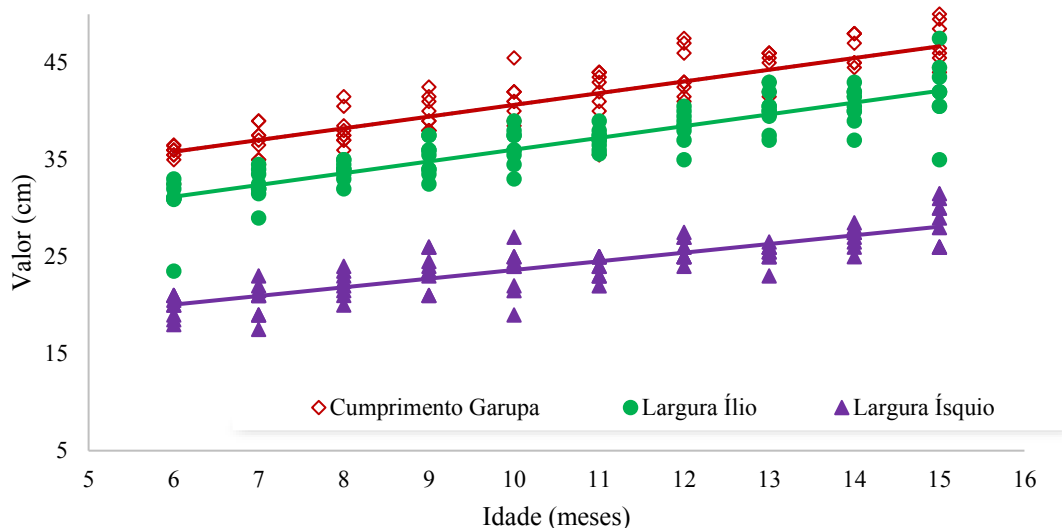


Figura 5- Comportamento das curvas de crescimento do comprimento de garupa, largura do ílio e largura do ísquio em novilhas da raça Girolando dos 6 aos 15 meses de idade em função da idade.

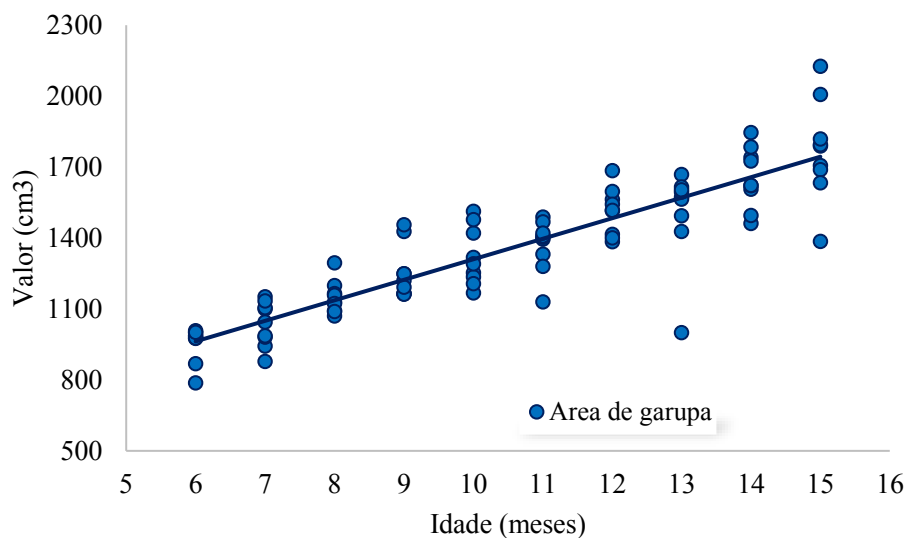


Figura 6- Comportamento da curva de crescimento da área de garupa em novilhas da raça Girolando dos 6 aos 15 meses de idade em função da idade.

As equações ajustadas demonstraram forte associação entre a idade e as variáveis biométricas avaliadas (Tabela 6). O peso corporal apresentou elevada correlação com a idade ($R^2 = 0,915$), evidenciando crescimento linear consistente das novilhas entre 6 e 15 meses de idade. De forma semelhante, altura da cernelha ($R^2 = 0,8416$), altura da garupa

($R^2 = 0,8692$), perímetro torácico ($R^2 = 0,9318$) e comprimento corporal ($R^2 = 0,7891$) também mostraram bom ajuste às equações de regressão, confirmando o desenvolvimento corporal contínuo ao longo do período de recría. As demais medidas morfométricas, como comprimento da garupa ($R^2 = 0,7346$), largura de ílio ($R^2 = 0,7682$), largura de ísquio ($R^2 = 0,7291$) e área da garupa ($R^2 = 0,7943$), também apresentaram crescimento progressivo, ainda que com valores de R^2 ligeiramente inferiores, sugerindo maior variação individual nessas características.

Tabela 6: Equação de regressão referente ao crescimento corporal e concentração plasmática de IGF-1 em novilhas Girolando (3/4 Holandês × 1/4 Gir) no período de 6 aos 15 meses de idade

Variável	Unidade	n	Equação	Valor R^2
Peso corporal	Kg	9	$\hat{Y} = 18,307x + 49,82$	$R^2 = 0,915$
Altura cernelha	cm	9	$\hat{Y} = 2,4852x + 103,47$	$R^2 = 0,8416$
Altura garupa	cm	9	$\hat{Y} = 2,3414x + 99,304$	$R^2 = 0,8692$
Perímetro torácico	cm	9	$\hat{Y} = 4,3118x + 102,74$	$R^2 = 0,9318$
Cumprimento corporal	cm	9	$\hat{Y} = 3,0643x + 93,108$	$R^2 = 0,7891$
Cumprimento garupa	cm	9	$\hat{Y} = 1,2077x + 28,579$	$R^2 = 0,7346$
Largura de ílio	cm	9	$\hat{Y} = 1,2135x + 23,903$	$R^2 = 0,7682$
Largura ísquio	cm	9	$\hat{Y} = 0,8929x + 14,702$	$R^2 = 0,7291$
Área de garupa	cm ²	9	$\hat{Y} = 86,769x + 442,37$	$R^2 = 0,7943$
IGF-1	ng/mL	9	$\hat{Y} = 5,195x + 140,22$	$R^2 = 0,075$

Por outro lado, a concentração plasmática de IGF-1 não apresentou correlação com a idade, apresentando grande variação individual nos grupos estudados durante o período de avaliação, dos 6 aos 15 meses de idade ($R^2 = 0,075$; figura 2).

Na tabela 7 estão sumarizados os valores de pixels, ou seja, o brilho do PAR, onde foram observadas mudanças com a idade, especificamente nas glândulas mamárias posteriores (glândula PD e PE; $P < 0,05$).

Tabela 7: P-valores* dos efeitos fixos na análise da intensidade de pixels dos diferentes quartos das glândulas mamárias avaliadas em novilhas Girolando (3/4 Holandês x Gir), no período de 6 aos 15 meses de idade

Efeito	Glândula AD	Glândula AE	Glândula PD	Glândula PE
Tratamento	0,3184	0,2591	0,3054	0,0804
Idade	0,3153	0,8914	0,0177	0,0024
Tratamento*idade	0,9813	0,9794	0,9439	0,7482

*Significância de $P < 0,05$.

Houve diferença, com valores decrescentes na intensidade de pixels com o avanço da idade (glândula PD e PE), ressaltando que valores menores correspondem a maior deposição de PAR ($P < 0,05$); as glândulas anteriores (Glândula AD e AE) apresentaram intensidade de pixel semelhante durante todo o período estudado (Figura 7; $p > 0,05$). As

novilhas estudadas em ambos os grupos experimentais não foram afetadas pelo ganho de peso corporal materno durante a gestação e nem pela interação tratamento com idade.

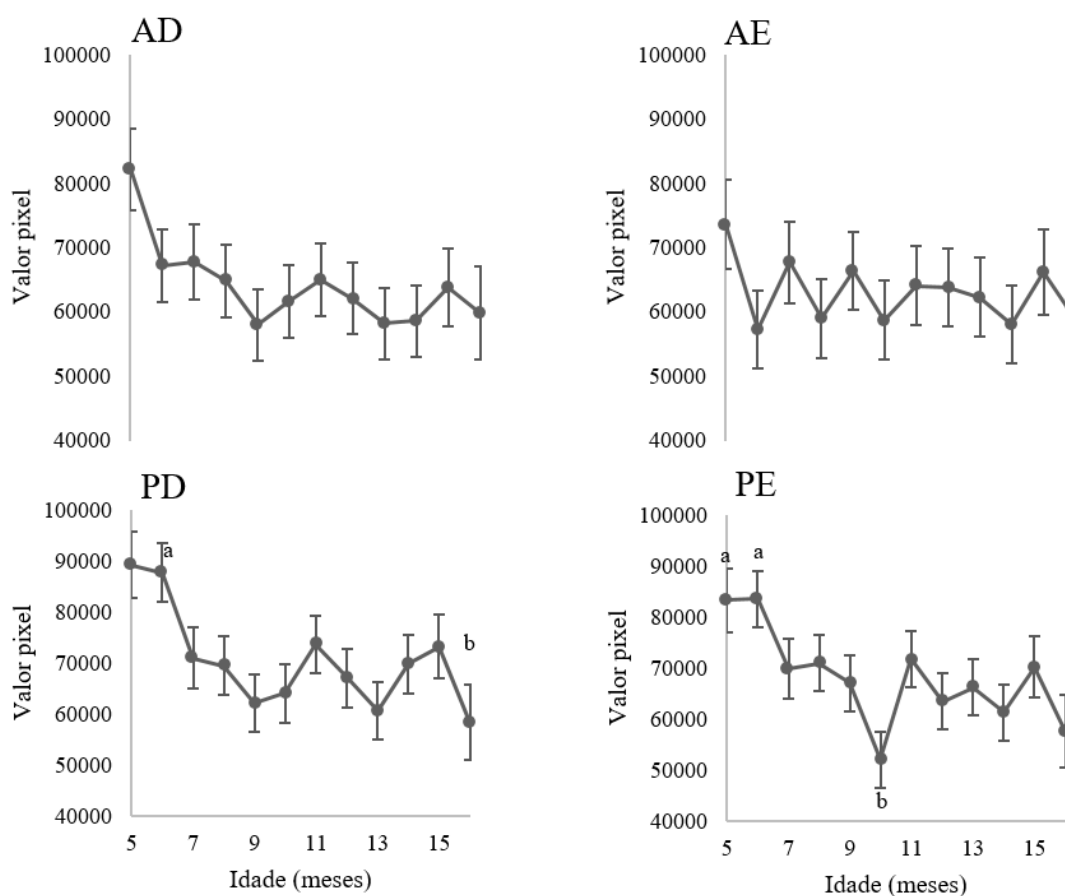


Figura 7- Intensidade de pixels das glândulas mamárias anteriores (AD, AE) e posteriores (PD, PE) de novilhas da raça Girolando, no período de 6 aos 15 meses de idade.

4 DISCUSSÃO

4.1 Consumo e digestibilidade

A ingestão adequada de MS é um dos principais fatores que sustentam o crescimento corporal e a futura produtividade de ruminantes, podendo atuar como limitante quando insuficiente (CLARK, 2007). No presente estudo, não foram observadas diferenças no consumo de MS, MO e PB entre os grupos avaliados. Esse resultado era esperado, uma vez que todas as novilhas foram submetidas ao mesmo manejo alimentar durante o período experimental, com GMD padronizado em 600 g/dia e dieta semelhante em quantidade e qualidade. As variações observadas foram atribuídas, portanto, ao efeito

da idade, que reflete o aumento do peso corporal e da demanda nutricional para sustentar o crescimento.

A digestibilidade dos nutrientes (MS, MO e PB) também não foi influenciada pela nutrição materna durante a gestação. Estudos prévios indicam que o ganho de peso materno pode modular o desenvolvimento do trato gastrointestinal da progênie. Duarte et al. (2013), por exemplo, verificaram em vacas de corte alimentadas *ad libitum* ou com dieta de manutenção que fetos de mães sob restrição alimentar, apresentaram alterações no comprimento do intestino delgado e nas vilosidades intestinais, possivelmente caracterizando crescimento compensatório frente à menor oferta de nutrientes. Ressalta-se que o trato gastrointestinal exerce papel central na absorção e no aproveitamento dos nutrientes, o que poderia impactar a digestibilidade nas progênies.

Por outro lado, Rotta et al. (2015) avaliando vacas da raça Girolando submetidas a dietas *ad libitum* ou de manutenção durante a gestação, não observaram diferenças no desenvolvimento do tamanho do trato gastrointestinal dos fetos, sendo as massas viscerais, em sua maioria, semelhantes entre os grupos.

De forma geral, tanto nos estudos de Duarte et al. (2013) e Rotta et al. (2015) quanto no presente estudo, o ganho materno classificado como moderado (MOD) mostrou-se suficiente para atender às exigências energéticas de manutenção durante a gestação. Esse aspecto pode justificar a ausência de diferenças significativas nos coeficientes de digestibilidade da MS, MO e PB entre os grupos de animais avaliados.

4.2 Desempenho

Os indicadores de desempenho são ferramentas essenciais para o planejamento estratégico em sistemas de produção de leite. Entre eles, o peso corporal maturo (PCM) constitui parâmetro central para a estimativa das exigências nutricionais de bovinos em crescimento, vacas primíparas e secundíparas, categorias que ainda não atingiram a maturidade e, portanto, necessitam de manejo alimentar que favoreça o desenvolvimento adequado (NASEM, 2021; BUSANELLO et al., 2025).

Com base no PCM, é possível calcular o GMD esperado para cada categoria animal dentro do sistema de produção. Em particular, novilhas do desmame até a puberdade devem atingir aproximadamente 55% do PM antes da entrada na reprodução. No presente estudo, o GMD das novilhas não foi influenciado pela nutrição materna durante a gestação, apresentando desempenho semelhante entre os grupos avaliados.

Busanello et al. (2022), ao avaliarem o crescimento de novilhas de diferentes grupos genéticos utilizadas para reposição em rebanhos comerciais brasileiros, recomendaram GMD de 528 g/dia entre o desmame e o primeiro serviço em novilhas Holandês × Gir, criadas em condições tropicais. O valor médio observado neste estudo (600 g/dia) foi superior ao relatado por esses autores, o que representa um resultado favorável, já que maiores taxas de crescimento podem contribuir para a redução da idade ao primeiro serviço e ao primeiro parto.

De forma complementar, Handcock et al. (2020) trabalhando com novilhas da raça Holandesa, verificaram que animais mais pesados aos 6, 12 e 15 meses apresentaram maior probabilidade de permanecer no rebanho até o terceiro parto, além de serem mais propensos a parir precocemente no primeiro parto, em comparação àquelas mais leves, independentemente do grupo genético.

4.3 Crescimento

A ausência de diferenças no consumo, na digestibilidade e no desempenho produtivo refletiu-se também nas avaliações biométricas, não havendo implicações relevantes no crescimento das novilhas durante a recria. Esse resultado pode estar associado ao manejo alimentar semelhante entre os grupos de animais e à capacidade de crescimento compensatório pós-natal em filhas de vacas submetidas a dietas que visavam ganho materno moderado durante a gestação.

O monitoramento do crescimento de novilhas em rebanhos leiteiros bem manejados não deve se restringir ao PC (SILVA et al., 2021). A avaliação conjunta de medidas biométricas, como perímetro torácico, altura da cernelha e altura da garupa, constitui ferramenta importante para acompanhamento do desenvolvimento corporal e para decisões de manejo dentro do sistema produtivo (BAZELEY et al., 2016). Embora o GMD, estimado a partir do PC, seja amplamente utilizado até o primeiro parto, a mensuração das alturas da garupa e da cernelha, associada ao peso corporal, permite avaliação mais precisa do crescimento (CUE et al., 2012; SILVA et al., 2021).

Busanello et al. (2022) relataram valores médios de 130 cm e 125 cm para a altura da garupa e da cernelha, respectivamente, em novilhas Holandês × Gir aos 15 meses de idade em condições tropicais. Algumas publicações internacionais indicaram altura de garupa para gado Holandês aos 15 meses de idade, médias de 123 cm (HEINRICHS e HARGROVE, 1987); 124 cm (HEINRICHS e LOSINGER, 1998); 127 cm (SILVA et al.,

2021); e 134 cm (DUPLESSIS et al., 2015). Nossos resultados indicam uma altura de garupa intermediária aos 15 meses (129 cm).

A altura da cernelha é considerada a medida biométrica mais confiável em comparação à altura da garupa, devido à maior estabilidade na posição do animal e à menor suscetibilidade a erros de medição. Nossos resultados (123 cm) são semelhantes aos mencionados anteriormente por Busanello et al. (2022) para o cruzamento HxG em condições tropicais.

Existe correlação positiva entre altura corporal e produção futura de leite (HEINRICHS e HARGROVE, 1987). É conhecido que novilhas com maior altura de cernelha no primeiro serviço apresentam maior produção de leite na primeira lactação, o que torna a seleção de animais com base em características biométricas uma alternativa promissora para o melhoramento genético do rebanho. Entretanto, deve-se considerar o equilíbrio entre altura e peso, uma vez que animais excessivamente pesados podem implicar em maiores custos de alimentação (PÉREZ-CABAL et al., 2006).

Os dados mensurados nas novilhas dos 6 aos 15 meses de idade permitiram avaliar o comportamento do crescimento para as variáveis biométricas. Até o momento, não foi possível identificar estudos que avaliaram o crescimento dos mesmos animais durante toda a recria em condições controladas, o que constitui uma informação relevante na avaliação de um determinado rebanho leiteiro com base no crescimento ao longo do tempo.

Dessa forma, estudos adicionais envolvendo diferentes composições raciais do cruzamento Holandês × Gir (1/2, 3/4 e 5/8), que compõem a base da raça Girolando, são relevantes para compreender melhor a relação entre crescimento corporal e desempenho produtivo em sistemas tropicais.

No presente estudo, o peso corporal das novilhas apresentou comportamento linear para o crescimento corporal, com elevado coeficiente de determinação ($R^2 = 0,915$), refletindo um desenvolvimento consistente e homogêneo entre 6 e 15 meses de idade. Em contrapartida, a concentração plasmática de IGF-1 não mostrou associação significativa com a idade ($R^2 = 0,075$), indicando ausência de padrão de resposta durante o período avaliado.

Resultados contrastantes foram descritos por Aribat et al. (1989), que observaram variação nas concentrações plasmáticas de IGF-1 de acordo com a idade e o estado fisiológico em fêmeas da raça Holandesa. Esses autores reportaram concentrações

mais baixas em bezerros recém-nascidos (102 ng/mL), seguidas de aumento significativo em novilhas com 6 e 10 meses de idade (137 ng/mL), permanecendo relativamente estáveis em vacas em lactação. Assim, enquanto em animais de raças puras foi evidenciada uma relação direta entre a idade e a concentração de IGF-1, os dados obtidos no presente estudo não indicam esse comportamento em novilhas da raça Girolando. Provavelmente, esta discrepância pode estar associada ao metabolismo diferenciado dos animais oriundos de cruzamentos *Bos primigenius taurus* × *Bos primigenius indicus*, nos quais a resposta endócrina e metabólica pode ser modulada por fatores ambientais (às condições tropicais, nutricional e adaptabilidade ao estresse térmico). Além disso, a variabilidade individual na secreção de IGF-1 pode ter contribuído para a baixa correlação com a idade, como já sugerido em estudos anteriores (ABRIBAT et al., 1989; OCKENDEN et al., 2025; WANG et al., 2025) que demonstraram forte influência da dieta, da condição corporal e do estado fisiológico sobre as concentrações plasmáticas desse hormônio.

Isso reforça a necessidade de estudos adicionais que considerem não apenas a idade, mas também fatores nutricionais, genéticos e ambientais na interpretação do perfil endócrino dessas novilhas em condições tropicais.

4.4 Glândula mamária

Altos ganhos de peso corporal durante a recria de novilhas da raça Girolando podem prejudicar o desenvolvimento do PAR, levando a elevada deposição de tecido adiposo, conforme relatado por Albino et al. (2017a). A ultrassonografia é uma ferramenta valiosa para a avaliação não invasiva do desenvolvimento da glândula mamária, permitindo a diferenciação entre os tipos de tecido e o monitoramento de alterações na sua composição (ALBINO et al., 2017b; SEIBT et al., 2023). Neste estudo, o PAR foi quantificado por meio da intensidade de pixels nas imagens ultrassonográficas, e não foram observadas diferenças entre os grupos de animais avaliados, indicando que o manejo nutricional aplicado às matrizes durante a gestação não influenciou o desenvolvimento fetal nem as fases de crescimento pós-natais do PAR.

Esses resultados sugerem que o desenvolvimento das células mioepiteliais ocorre predominantemente no pós-nascimento da novilha, sendo mediado por estímulos hormonais ovarianos. O estrogênio, em particular, é o principal regulador da

diferenciação dessas células, promovendo mudanças estruturais e funcionais na glândula mamária (ELLIS et al., 2012). Cabe destacar também o papel do IGF-1 nesse processo.

Durante a recia, o PAR da glândula mamária passa por diferentes fases de crescimento, com destaque para o período dos cinco aos nove meses, quando o parênquima cresce de forma alométrica em relação aos demais tecidos corporais (AKERS, 2017). No presente estudo, observou-se maior intensidade de pixels no PAR dos quartos mamários posteriores próximo à puberdade, em comparação com idades mais jovens, próximas ao desmame.

Outros autores (ESSELBURN et al., 2015; FURINI et al., 2018) relataram uma relação de crescimento entre os quartos mamários anteriores e posteriores na proporção de 47:53. Esse crescimento diferencial dos quartos posteriores provavelmente está relacionado à sua maior irrigação sanguínea, favorecendo maior produção de leite. Em bovinos, a vascularização do úbere inclui irrigação pela artéria pudenda externa e, na porção superior dos quartos posteriores, pela artéria perineal (ramo da íliaca interna), o que assegura maior fornecimento de nutrientes essenciais para o desenvolvimento e a produção láctea adequada (PANDEY et al., 2018).

5 CONCLUSÕES

Os dados indicam que ganhos maternos entre 500 e 750 g/dia durante os dois últimos terços da gestação são igualmente eficazes para garantir o desempenho zootécnico adequado das progênes no período pré e pós-púbere, reforçando que planos nutricionais gestacionais moderados não comprometem o potencial produtivo de novilhas da raça Girolando.

REFERÊNCIAS

- AKERS, R. M. A 100-year review: Mammary development and lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 10332-10352, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12.983>
- ALBINO, R. L.; MARCONDES, M. I.; AKERS, R. M.; DETMANN, E.; CARVALHO, B. C.; SILVA, T. E. Mammary gland development of dairy heifers fed diets containing increasing levels of metabolisable protein: metabolisable energy. **Journal of Dairy Research**, v. 82, p. 113-120, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029914000697>
- ALBINO, R. L.; SGUIZZATO, A. L.; DANIELS, K. M.; DUARTE, M. S.; LOPES, M. M.; GUIMARÃES, S. E. F.; WELLER, M. M. D. C. A.; MARCONDES, M. I. Performance strategies affect mammary gland development in prepubertal heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 8033-8042, 2017a. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12489>
- ALBINO, R. L.; GUIMARÃES, S. E. F.; DANIELS, K. M.; FONTES, M. M. S.; MACHADO, A. F.; SANTOS, G. B.; MARCONDES, M. I. Technical note: Mammary gland ultrasonography to evaluate mammary parenchymal composition in prepubertal heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 1588-1597, 2017b. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11668>
- AMORIN, F. C. S.; ALMEIDA, J. Programação fetal bovina: possíveis implicações na reprodução e na progênie. **Revista Saber Digital**, v. 17, n. 3, e20241707, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24859/SaberDigital.2024v17n3.1598>
- AZEVEDO, R. A.; TEIXEIRA, A. M.; SILVA, A. L.; BITTAR, C. M.; FERREIRA, G. C.; ZAMBRANO, J. A.; SANTOS, J. E. P.; COSTA, J. H. C.; ANTUNES, L. C. M. S.; CAMPOS, M. M.; TIVERON, P. M.; ROTTA, P. P.; MENESES, R. M.; SILVA, R. O. S.; COELHO, S. G.; CHIOGNA JÚNIOR, V.; GOMES, V. **Alta Cria**. 2022. DOI: <https://doi.org/10.26626/978655668098-9.2022B0001>
- BAZELEY, K. J.; BARRETT, D. C.; WILLIAMS, P. D.; REYHER, K. K. Measuring the growth rate of UK dairy heifers to improve future productivity. **Veterinary Journal**, v. 212, p. 9-14, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2015.10.043>
- BUSANELLO, M.; SANTO, M. C.; ALMEIDA, R. Are the recommended proportions of mature body weight being achieved in different stages of growth in Brazilian Holstein and Jersey dairy cattle. **JDS Communications**, v. 6, n. 4, p. 522-526, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3168/jdsc.2024-0380>
- BUSANELLO, M.; SOUSA, D. G.; POCZYNYEK, M.; ALMEIDA, R. de; BITTAR, C. M. M.; MENDONÇA, F. A. C.; LANNA, D. P. D. Body growth of replacement dairy heifers from 3 distinct genetic groups from commercial Brazilian dairy herds. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 4, p. 3222–3233, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21197>

CATON, J. S.; CROUSE, M. S.; DAHLEN, C. R.; WARD, A. K.; DINIZ, W. J. S.; HAMMER, C. J.; SWANSON, R. M.; HAUXWELL, K. M.; SYRING, J. G.; SAFAIN, K. S.; REYNOLDS, L. P. International Symposium on Ruminant Physiology: Maternal nutrient supply—Impacts on physiological and whole-animal outcomes in offspring. **Journal of Dairy Science**, v. 108, p. 7696–7709, 2025. <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25788>

CLARK, J. H.; OLSON, K. C.; SCHMIDT, T. B.; LINVILLE, M. L.; ALKIRE, D. O.; MEYER, D. L.; RENTFROW, G. K.; CARR, C. C.; BERG, E. P. Effects of dry matter intake restriction on diet digestion, energy partitioning, phosphorus retention, and ruminal fermentation by beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 12, p. 3383-3390, 2007. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2006-741>

CUE, R. I.; PIETERSMA, D.; LEFEBVRE, D.; LACROIX, R.; WADE, K.; PELLERIN, D.; PASSILLÉ, A.-M. de; RUSHEN, J. Growth modeling of dairy heifers in Québec based on random regression. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 92, n. 1, p. 33-47, 2012. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjas2011-083>

DETMANN, E.; SILVA, L. F. C.; ROCHA, G. C.; PALMA, M. N. N.; RODRIGUES, J. P. P. Matéria seca, matéria mineral, nitrogênio e fibra indigestível. In: **Métodos para análise de alimentos**. 2. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2021. p. 55-231.

DUARTE, M. S.; GIONBELLI, M. P.; PAULINO, P. V. R.; SERÃO, N. V. L.; MARTINS, T. S.; TÓTARO, P. I. S.; NEVES, C. A.; VALADARES FILHO, S. C.; DODSON, M. V.; ZHU, M.; DU, M. Effects of maternal nutrition on development of gastrointestinal tract of bovine fetus at different stages of gestation. **Livestock Science**, v. 153, n. 1-3, p. 60-65, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.01.006>

DUPLESSIS, M.; CUE, R. I.; SANTOSCHI, D. E.; LEFEBVRE, D. M.; LACROIX, R. Weight, height, and relative-reliability indicators as a management tool for reducing age at first breeding and calving of dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 3, p. 2063–2073, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8279>

ELLIS, S.; AKERS, R. M.; CAPUCO, A. V.; SAFAYI, S. Bovine mammary epithelial cell lineages and parenchymal development. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 1666-1673, 2012. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4671>

ESSELBURN, K. M.; HILL, T. M.; BATEMAN, H. G.; FLUHARTY, F. L.; MOELLER, S. J.; O'DIAM, K. M.; DANIELS, K. M. Examination of weekly mammary parenchymal area by ultrasound, mammary mass, and composition in Holstein heifers reared on 1 of 3 diets from birth to 2 months of age. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 5280-5293, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-9061>

FERREIRA, T.; RASBAND, W. S. ImageJ User Guide – IJ 1.46, 2011. DOI: <http://imagej.nih.gov/ij/docs/index.html>

FERREIRA, E. C.; ROSSI, A. V. A quimiluminescência como ferramenta analítica: do mecanismo a aplicações da reação do luminol em métodos cinéticos de análise. **Química Nova**, v. 25, p. 1003-1011, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-4140422002000600018>

FURINI, P. M.; AZEVEDO, R. A.; RUFINO, S. R. A.; MACHADO, F. S.; CAMPOS, M. M.; PEREIRA, L. G. R.; TOMICH, T. R.; CARVALHO, B. C.; SANTOS, G. B.; COELHO, S. G. The effects of increasing amounts of milk replacer powder added to whole milk on mammary gland measurements using ultrasound in dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 767-773, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12798>

HANDCOCK, R. C.; VILLALOBOS, N. L.; McNAUGHTON, L. R.; BACK, P. J.; EDWARDS, G. R.; HICKSON, R. E. Body weight of dairy heifers is positively associated with reproduction and stayability. **Journal of Dairy Science**, v. 103, p. 4466-4474, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17545>

HEINRICHS, A. J.; HARGROVE, G. L. Standards of weight and height for Holstein heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 70, p. 653-660, 1987. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80055-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80055-3)

HEINRICHS, A. J.; LOSINGER, W. C. Growth of Holstein dairy heifers in the United States. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 1254-1260, 1998. DOI: <https://doi.org/10.2527/1998.7651254x>

LAGE, H. F.; BORGES, A. L. d. C. C.; SILVA, R. R. e; BORGES, A. M.; RUAS, J. R. M.; CARVALHO, P. H. A. d.; et al. Energy metabolism of pregnant zebu and crossbred zebu dairy cattle. **PLOS ONE**, v. 16, n. 2, p. e0246208, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246208>. Acesso em: 2 set. 2025.

LITTELL, R. C. et al. SAS® for mixed models. 2. ed. Cary: SAS Institute Inc., 2006. 814 p.

MURRAY, C. F.; HALEY, D. B.; DUFFIELD, T. F.; PEARL, D. L.; DEELEN, S. M.; LESLIE, K. E. A field study to evaluate the effects of meloxicam NSAID therapy and calving assistance on newborn calf vigor, improvement of health and growth in pre-weaned Holstein calves. **The Bovine Practitioner**, v. 49, p. 1-12, 2015. DOI: <https://doi.org/10.21423/bovine-vol49no1p1-12>

NASEM. Nutrient requirements of dairy cattle. 8th rev. ed. Washington: The National Academies Press, 2021.

NISHIMURA, M.; YOSHIDA, T.; EL-KHODERY, S.; MIYOSHI, M.; FURUOKAM, H.; YASUDA, J.; MIYAHARA, K. Ultrasound imaging of mammary glands in dairy heifers at different stages of growth. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 73, p. 19-24, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1292/jvms.09-0503>

NOYA, A.; CASASÚS, I.; FERRER, J.; SANZ, A. Effects of developmental programming caused by maternal nutrient intake on postnatal performance of beef heifers and their calves. **Animals**, v. 9, p. 1072, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9121072>

OCKENDEN, E. M.; RUSSO, V. M.; LEURY, B. J.; GIRI, K.; WALES, W. J. Early-life nutrition and its effects on the developing heifer: growth, nutritive intakes, and metabolism. **Journal of Dairy Science**, v. 108, n. 4, p. 3515-3528, abr. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24107>. Acesso em: 2 set. 2025.

OLIVEIRA, K. R.; OLIVEIRA NETO, A. P.; DIAMANTINO, C. A.; EITERER, I. O.; ARAÚJO, R. D.; SANCLER-SILVA, Y. F.; ROTTA, P. P. Differential average daily gain of pregnant Holstein × Gyr dairy heifers causes placental adaptations to support fetal growth and development. **Journal of Dairy Science**, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2022-23201>

OLIVEIRA NETO, A. P.; OLIVEIRA, K. R.; BRAGA, M. Q.; SILVA, L. H. R.; SILVA, A. L.; GUIMARÃES, S. F.; MARCONDES, M. I. Differential average daily gain of pregnant Holstein × Gyr heifers: I. Effects on future milk production. **Journal of Dairy Science**, In press, 2024.

OLIVEIRA, A. S. Meta-analysis of feeding trials to estimate energy requirements of dairy cows under tropical condition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 210, p. 94-103, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.10.006>

PANDEY, Y.; TALUJA, J. S.; VAISH, R.; PANDEY, A.; GUPTA, N.; KUMAR, D. Gross anatomical structure of the mammary gland in cow. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 6, p. 728-733, 2018

PÉREZ-CABAL, M. A.; GARCÍA, C.; GONZÁLEZ-RECIO, O.; ALENDA, R. Genetic and phenotypic relationships among locomotion type traits, profit, production, longevity, and fertility in Spanish dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 1776–1783, 2006. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72246-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72246-9)

ROTTA, P. P.; VALADARES FILHO, S. C.; GIONBELLI, T. R. S.; COSTA, L. F. S.; ENGLE, T. E.; MARCONDES, M. I.; CAMPOS, M. M.; MENEZES, A. C. B.; LOBO, A. A. G. Effects of day of gestation and feeding regimen in Holstein × Gyr cows: II. Maternal and fetal visceral organ mass. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 3211-3223, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8282>

SACRAMENTO, J. P.; OLIVEIRA, A. S.; LEO, A. E.; FONSECA, A. P.; COELHO, S. G.; TOMICH, T. R.; MACHADO, F. S.; FERREIRA, A. L.; CAMPOS, M. M.; SILVI, R. R.; ROWNTREE, J. E.; RODRIGUES, J. P. P.; PEREIRA, L. G. R. Energy requirement for primiparous Holstein × Gyr crossbred dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 107, p. 6686–6695, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24393>. Acesso em: 2 set. 2025.

SEIBT, K. D.; SCHEU, T.; KOCH, C.; GHAFARI, M. H.; SAUERWEIN, H. Ultrasound characterization of mammary gland development in heifer calves fed at two different levels until weaning. **Anatomia, Histologia, Embryologia**, v. 52, p. 500-511, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/ahc.12907>

SGUIZZATO, A. L. L.; MARCONDES, M. I.; DIJKSTRA, J.; VALADARES FILHO, S. de C.; CAMPOS, M. M.; MACHADO, F. S.; SILVA, B. C.; ROTTA, P. P. Energy requirements for pregnant dairy cows. **PLOS ONE**, v. 15, n. 7, e0235619, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235619>

SILVA, A. L.; DEVRIES, T. J.; FERNANDES, E. C.; MARCONDES, M. I. Short communication: Development and evaluation of equations to predict growth of Holstein

dairy heifers in a tropical climate. **Journal of Dairy Science**, v. 104, p. 525-531, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18624>

SHOKROLLAHI, B.; PARK, M.; JANG, G.-S.; JIN, S.; MOON, S.-J.; UM, K.-H.; JANG, S.-S.; BAEK, Y.-C. Maternal Overnutrition in Beef Cattle: Effects on Fetal Programming, Metabolic Health, and Postnatal Outcomes. **Biology**, v. 14, n. 6, p. 645, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/biology14060645>. Acesso em: 2 set. 2025.

VALENTE, T. N. P.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; CUNHA, M.; QUEIRÓZ, A. C.; SAMPAIO, C. B. In situ estimation of indigestible compounds contents in cattle feed and feces using bags made from different textiles. **Brazilian Journal of Animal Science**, v. 40, p. 666-675, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000300027>

VON KONIGSLOW, T. E.; DUFFIELD, T. F.; BEATTIE, K.; WINDER, C. B.; RENAUD, D. L.; KELTON, D. F. Navel healing in male and female Holstein calves over the first 14 days of life: a longitudinal cohort study. **Journal of Dairy Science**, v. 105, p. 7654-7667, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21666>

WANG, Y.; SACCENTI, E.; GOSELINK, R.; BURGERS, E.; GROSS, J.; BRUCKMAIER, R.; KEMP, B.; KNEGSEL, A. van. Investigating the relationship between dairy dam preconception and gestation characteristics and heifer offspring variables from birth to lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 108, n. 7, p. 7758–7774, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2024-26138>

WELLER, M.M.D.C.A.; ALBINO, R. L.; MARCONDES, M.I. ; SILVA, W.; DANIELS, K.M. ; CAMPOS, M.M.; DUARTE, M.S.; MESCOUTO, M.L.; Silva, F.F.; GUIMARÃES, S.E.F.. Effects of nutrient intake level on mammary parenchyma growth and gene expression in crossbred (Holstein × Gyr) prepubertal heifers, **Journal of Dairy Science**, 9962-9973, 2016. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11532>

CAPÍTULO 2

GANHO MÉDIO DIÁRIO DIFERENCIAL NA GESTAÇÃO DE MATRIZES HOLANDÊS × GIR: Desenvolvimento sexual e expressão gênica em ovócitos da prole

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos do ganho materno de peso durante a gestação sobre o desenvolvimento sexual de novilhas 3/4 Holandês × Gir. Foram utilizadas dez novilhas 5/8 Holandês × Gir, prenhes de embriões 3/4 Holandês × Gir, mantidas sob as mesmas condições experimentais desde os 70 dias de gestação até o parto. As novilhas foram distribuídas aleatoriamente em dois tratamentos conforme o ganho médio diário de peso corporal: MOD (500 g/dia) e ALT (750 g/dia). Após o nascimento, as bezerras foram criadas e recriadas sob manejo padronizado até os 10 meses de idade, quando foram selecionadas nove fêmeas (MOD: n=4; ALT: n=5), com peso médio de $234 \pm 10,34$ kg, para as avaliações reprodutivas. O número de folículos antrais foi significativamente maior no grupo ALT em comparação ao grupo MOD ($27,10 \pm 1,94$ vs. $14,51 \pm 2,47$; $P=0,0041$). Essa diferença foi observada apenas dois meses antes da puberdade, não havendo variação significativa na idade à puberdade entre os tratamentos (MOD: $14,38 \pm 0,73$; ALT: $14,96 \pm 0,39$ meses; $P=0,4660$). As características reprodutivas avaliadas por ultrassonografia, diâmetro do corno uterino, folículo pré-ovulatório e duração do ciclo estral, não diferiram entre os grupos ($P>0,05$). Também não foram encontradas diferenças na expressão gênica dos genes GDF9, BMP15, NPPC e SOD1 entre os tratamentos ($P>0,05$). Conclui-se que o maior ganho materno de peso durante os dois últimos terços da gestação melhorou a contagem de folículos antrais nas progênie, sem comprometer a competência oocitária ou a expressão gênica dos oócitos aspirados.

Palavras-chave: puberdade, contagem de folículos antrais, competência oocitária, expressão gênica, novilhas leiteiras.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento fetal tem sido amplamente estudado por sua influência no desempenho produtivo e reprodutivo futuro da prole (AMORIN e ALMEIDA., 2024; CATON et al., 2025; WANG et al., 2025). A reserva folicular ovariana, por exemplo, é definida no primeiro terço da gestação (CUSHMAN et al., 2024). Com o estoque de ovogônias em formato folículos primordiais em repouso podendo chegar a 2,1 milhões (SMITZ e CORTVRINDT, 2002). Contudo, nos terços finais da gestação, essa população se reduz drasticamente, o que coincide com períodos de possível estresse nutricional materno (AERTS e BOLS, 2010).

A nutrição materna durante a gestação é um fator determinante na programação fetal (CATON et al., 2025). Diferentes ganhos de peso diários das matrizes durante a gestação variam conforme o tipo de sistema produtivo e seu grau de tecnificação, tornando relevante compreender de que forma a vida intrauterina pode ou não impactar a fase adulta da futura novilha de reposição. Estudos como o de Weller et al. (2016) demonstram que vacas submetidas a superalimentação apresentaram fetos com menor número de folículos ovarianos, indicando prejuízos à foliculogênese fetal. Evans et al. (2012) complementam que o ambiente intrauterino afeta a CFA na vida adulta das fêmeas, o que impacta diretamente a fertilidade.

Apesar desses avanços, a maioria dos estudos tem se concentrado em extremos nutricionais de subnutrição ou superalimentação, havendo ainda escassez de informações sobre os efeitos de ganhos maternos intermediários durante a gestação, particularmente em rebanhos leiteiros mestiços criados em condições tropicais.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do ganho de peso materno durante os dois últimos terços da gestação sobre o desenvolvimento sexual e a competência oocitária de novilhas 3/4 Holandês × 1/4 Gir. A hipótese testada foi que novilhas provenientes de mães com ganho de peso moderado (500 g/dia) terão pior desempenho reprodutivo no período pré e pós-púbere, em comparação com as progênes de vacas com alto ganho de peso (750 g/dia) durante a gestação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Gado de Leite (UEPE-GL) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em conformidade com a legislação brasileira vigente para o uso de animais em pesquisa. O projeto foi

aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFV (protocolo nº 083/2022 – CEUAP/UFV) em 4 de agosto de 2022.

2.1 Gestação

2.1.1 Tratamento nutricional materno

O manejo nutricional durante a gestação das novilhas foi descrito por Oliveira et al. (2023). Foram utilizadas 10 novilhas mestiças 5/8 Holandês × 3/8 Gir, com peso corporal médio de $445,5 \pm 46,7$ kg e idade média de $25 \pm 3,9$ meses. As novilhas foram inovuladas com embriões 3/4 Holandês × 1/4 Gir, provenientes da mesma fazenda leiteira, e mantidas até o parto.

Aos 70 dias de gestação, os animais foram distribuídos aleatoriamente em dois tratamentos experimentais. A definição dos tratamentos foi baseada no ganho médio diário (GMD) proposto por Azevedo et al. (2022) para animais mestiços tropicais: MOD (GMD de 500 g/dia) e ALT (GMD de 750 g/dia). As novilhas foram alimentadas com silagem de milho e dieta concentrada, fornecida duas vezes ao dia (07 e 16 h). Para alcançar os ganhos moderado e alto, a oferta alimentar foi equivalente a 1,08% e 1,41% do peso vivo (PV), respectivamente, com base na matéria seca (MS).

2.2 Manejo da cria

Imediatamente após o nascimento, a vitalidade das bezerras foi avaliada segundo os critérios descritos por Murray et al. (2015), modificados por von Konigslow (2022). Em seguida, o cordão umbilical foi tratado com solução de iodo a 10%, e os animais foram pesados.

As bezerras receberam colostro em volume equivalente a 15% do PV ao nascer, dividido em duas mamadas: a primeira, correspondente a 10% do PV, administrada nas primeiras 2 horas de vida, e a segunda, equivalente a 5% do PV, entre 2 e 4 horas após o nascimento. A qualidade do colostro foi padronizada para uma concentração mínima de 25% de Brix.

O manejo nutricional subsequente foi descrito por Oliveira Neto et al. (2025). No 1º e 2º dias de vida, as bezerras receberam leite de transição, em volume diário de 6 L, dividido em duas mamadas de 3 L, fornecidas às 09 h e às 16 h. A partir do 3º dia de vida, os animais passaram a receber leite cru, mantendo a ingestão diária (6 L/dia, divididos

em duas mamadas às 09 h e às 16 h). Feno e concentrado foram fornecidos *ad libitum* durante toda a fase de aleitamento.

2.3 Manejo da Recria

Após o período de cria foram selecionadas um total de nove animais ($160 \pm 10,34$ kg de peso e 180 dias de vida), foram agrupadas segundo o manejo nutricional que recebeu a mãe durante a gestação (MOD, n=4 ou ALT, n=5), o período experimental foi em total de 270 dias. O GMD das filhas durante a recria foi 600 g/dia para os dois grupos durante todo o período experimental. Todos os animais receberam a mesma dieta composta por silagem de milho e ração concentrada numa proporção 55:45 respectivamente. A dieta (Tabela 1) em termos gerais foi formulada com 17 % de proteína Bruta (PB), sendo fornecido uma vez ao dia, com 100 % da dieta no turno da manhã. A quantidade de silagem e concentrado fornecidas foram registradas diariamente.

Os animais foram pesados em uma balança individual apropriada e, em seguida, aleatoriamente alocados em um sistema tiestall (14 m²). Todas as condições de manejo e ambiente foram padronizadas, garantindo que todos os animais tivessem as mesmas condições durante todo o período experimental.

Além dos dados coletados para o capítulo 1 foi realizada a coleta de dados para a elaboração do capítulo 2, com manejos adicionais (Dinâmica folicular, Aspiração folicular, Expressão gênica de ovócitos) a partir dos 10 meses de vida nas novilhas, ressaltando que o manejo durante a gestação das mães, a cria e recria das proles foi padronizado para todos os animais.

2.4 Dinâmica folicular

Aos dez meses de idade, as novilhas foram submetidas a avaliações ultrassonográficas semanais dos órgãos reprodutivos, com o objetivo de determinar o momento da primeira ovulação e, conseqüentemente, a idade à puberdade. Após a estabilização do ciclo estral, foi realizado o acompanhamento da dinâmica folicular ao longo de um ciclo estral completo, definido como o intervalo entre duas ovulações consecutivas. Essa avaliação visou quantificar o número de ondas foliculares por ciclo, o número de folículos antrais por onda de crescimento, bem como mensurar o diâmetro dos dois maiores folículos de cada onda (obtido pela média entre os eixos horizontal e vertical).

As avaliações ultrassonográficas foram realizadas sempre no período da manhã. As novilhas foram contidas em tronco individual, e as imagens obtidas com o auxílio de um aparelho de ultrassom Mindray® DP 2200 Vet, equipado com transdutor linear transretal de 5 e 7 MHz. Durante cada exame, foram efetuadas todas as mensurações previamente descritas. Aos 10 meses de idade os animais foram submetidos semanalmente a avaliações ultrassonográficas dos órgãos reprodutivos para verificar o dia da primeira ovulação ou idade à puberdade. Após a regularização do ciclo estral foi realizada a dinâmica folicular por meio de avaliações ultrassonográficas durante um ciclo estral completo, compreendido como o intervalo entre duas ovulações consecutivas, no intuito de obter o número de ondas foliculares por ciclo estral, número de folículos antrais por onda de crescimento folicular, diâmetro dos 1º e 2º maiores folículos (média das medidas horizontais e verticais) de cada onda folicular durante o ciclo estral.

2.5 Aspiração folicular (*Ovum pick-up* - OPU)

Após o monitoramento completo de um ciclo estral, as fêmeas foram submetidas ao procedimento de aspiração folicular (OPU) no sexto dia após a ovulação, previamente identificada por avaliação ultrassonográfica. Para a realização da OPU, utilizou-se um aparelho de ultrassom Mindray® DP 2200 Vet, no modo B, equipado com microtransdutor convexo operando na frequência de 6,5 MHz, acoplado a um guia (WTA®). O sistema de aspiração consistiu em um circuito a vácuo de 1,2 m de comprimento e 1 mm de diâmetro, conectado a uma agulha de calibre 20 G e a um tubo coletor em sistema fechado.

Antes da aspiração, os folículos antrais presentes em cada ovário foram contados (CFA). Somente folículos com diâmetro ≥ 3 e ≤ 8 mm foram aspirados. O fluido folicular foi coletado em frascos de 50 mL contendo 10 mL de solução fisiológica 0,9% acrescida de 10 UI/mL de heparina sódica, sendo mantido a 38,5 °C até o processamento. Todos os procedimentos da OPU seguiram o protocolo descrito por Machado et al. (2020).

Após a filtração do conteúdo aspirado, os complexos cúmulo-oócito (CCOs) foram transferidos para placas de Petri contendo solução PBS suplementada com 0,4% de BSA (albumina sérica bovina), mantida a 38,5 °C. Os CCOs foram, então, rastreados e classificados morfolologicamente, conforme os critérios de Viana et al. (2004), nos seguintes graus:

Grau I: CCOs compactos, com mais de três camadas de células do cúmulo, e oócito com citoplasma homogêneo;

Grau II: CCOs compactos com até três camadas de células do cúmulo, ou oócito com citoplasma levemente heterogêneo;

Grau III: Parcialmente desnudos, com remoção de células do cúmulo inferior a 1/3 da superfície da zona pelúcida;

Grau IV: Desnudos e/ou degenerados, com ausência de células do cúmulo na maior parte da zona pelúcida e/ou presença de vacúolos e retração citoplasmática.

2.6 Coloração dos CCOs com Azul Cresil Brillante (BCB)

Imediatamente após a classificação morfológica, os complexos cúmulo-oócito (CCOs) de cada animal foram reunidos em pools e transferidos para placas de Petri contendo 40 μ L de PBS, devidamente identificadas. Em seguida, foram adicionados 20 μ L de solução de Azul Cresil Brillante (BCB), diluído em PBS na concentração de 26 μ M. As placas foram incubadas em estufa com atmosfera controlada (5% de CO₂ em ar) a 38 °C por 60 minutos, conforme descrito por Queiroz Neta et al. (2019).

Após o período de incubação, os CCOs foram avaliados quanto à coloração do citoplasma. Os que apresentaram citoplasma azul foram classificados como BCB+, enquanto os com citoplasma incolor foram classificados como BCB-. Cada pool foi então transferido individualmente para criotubos contendo 20 μ L de PBS, devidamente identificados com o número do animal, grupo experimental, número de estruturas, classificação morfológica dos CCOs e resultado da coloração com BCB. Os criotubos foram armazenados em botijões de nitrogênio líquido para posterior análise de expressão gênica.

2.7 Expressão gênica

Os oócitos obtidos por OPU foram agrupados em pools de acordo com o resultado da coloração com Azul Cresil Brillante (BCB), formando um pool BCB+ e um pool BCB- por animal, cada um contendo cinco complexos cúmulo-oócito (CCOs).

A extração de RNA, o tratamento com DNase e a transcrição reversa para síntese de cDNA foram realizados utilizando o kit Cells-to-cDNA™ II (Invitrogen™, Waltham, MA, EUA), conforme as instruções do fabricante. Para a extração do RNA, adicionaram-se 50 μ L do tampão de lise celular a cada criotubo contendo os CCOs, com incubação a

75 °C por 10 minutos. Em seguida, as amostras foram tratadas com DNase I (0,04 U/ μ L) a 37 °C por 15 minutos, para degradação do DNA genômico. Posteriormente, cada amostra foi submetida à inativação da DNase por aquecimento a 75 °C por 5 minutos.

Para a síntese de cDNA, 10 μ L do lisado celular foram transferidos para microtubos de 0,2 mL, juntamente com 4 μ L de dNTP Mix e 2 μ L de oligo(dT). Os tubos foram resfriados em gelo por 1 minuto e, em seguida, aquecidos a 70 °C por 3 minutos. Após novo resfriamento em gelo, foram adicionados: 2 μ L de tampão RT (10 \times), 1 μ L de transcriptase reversa M-MLV e 1 μ L de inibidor de RNase. A reação de transcrição reversa foi realizada a 42 °C por 60 minutos, seguida de incubação a 92 °C por 10 minutos para inativação da enzima. O cDNA sintetizado foi armazenado a -20 °C até a realização das reações de PCR em tempo real.

As concentrações de cDNA foram quantificadas por fluorescência, utilizando o Qubit® BR Assay Kit (Thermo Fisher Scientific®), conforme especificações do fabricante, com leitura no equipamento Qubit®.

Os genes selecionados para análise de expressão estão relacionados à competência oocitária, conforme revisão apresentada por Straczynska et al. (2022). Foram escolhidos devido ao seu papel nos processos de maturação oocitária e regulação da fertilidade feminina: Bone morphogenetic protein 15 (BMP15), Growth differentiation factor 9 (GDF9), Natriuretic peptide C (NPPC), Superoxide dismutase 1 (SOD1) e o gene endógeno de controle 18S rRNA.

2.7.1 Reação em cadeia da polimerase quantitativa (qPCR)

A reação de qPCR para os transcritos dos genes-alvo foi realizada em termociclador CFX96 (Bio-Rad Laboratories, EUA), utilizando o kit GoTaq® qPCR Master Mix (Promega, EUA), conforme as instruções do fabricante.

As condições de amplificação para os genes BMP15, GDF9, SOD1 e para o gene de referência 18S rRNA foram as seguintes: desnaturação inicial a 95 °C por 5 minutos, seguida de 40 ciclos de desnaturação a 95 °C por 15 segundos, anelamento e extensão a 60 °C por 60 segundos. Ao término dos ciclos, realizou-se a curva de dissociação por meio de aumento gradual da temperatura de 60 °C a 94 °C (0,01 °C/s), com o objetivo de verificar a especificidade da reação.

Para o gene NPPC, as condições de amplificação foram ajustadas devido à presença de múltiplos picos na curva de dissociação com temperatura de anelamento de 60 °C. Assim, as reações foram conduzidas com desnaturação inicial a 95 °C por 5

minutos, seguida de 40 ciclos de desnaturação a 95 °C por 15 segundos, e anelamento/extensão a 58 °C por 60 segundos. A curva de dissociação para esse gene foi obtida com elevação da temperatura de 64 °C a 94 °C (0,01 °C/s).

As reações para os genes-alvo e o gene de referência foram realizadas em diferentes poços na mesma placa de qPCR, sendo executadas com réplicas técnicas para cada condição experimental. Os dados de expressão foram obtidos como valores de Ct (threshold cycle), utilizados nas análises estatísticas subsequentes.

2.8 Análise estatística

Para análise dos dados foi utilizado o *Statistical Analysis System* (SAS OnDemand). As variáveis quantitativas foram submetidas aos testes de Bartlett e Shapiro-Wilk, para verificar a homogeneidade das variâncias e normalidade dos erros, respectivamente.

As características reprodutivas foram analisadas por meio de análise de variância (ANOVA), utilizando o procedimento GLM (General Linear Model), conforme o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Em que: Y_{ij} , resposta; μ , constante; T_i , efeito do tratamento; e e_{ij} , erro,

Os valores médios do número de ondas foliculares nos dois grupos experimentais foram comparados pelo teste de Kruskal-Wallis (*Npar1way procedure*). Os dados de número de folículos antrais foram normalizados pela idade à puberdade e analisados de acordo com o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A_j + (TA)_{ij} + e_{ijk}$$

Em que: Y_{ijk} , resposta; μ , constante; T_i , efeito do tratamento; A_j , efeito da idade (meses); $(TA)_{ij}$, interação; e e_{ijk} , erro,

Os dados das taxas de viabilidade dos oócitos recuperados (BCB+ e BCB-) foram dispostos em tabelas de contingência e analisados pelo teste Qui-quadrado (*Freq procedure*). O nível de confiança adotado foi de $\alpha = 0,05$.

As análises dos dados de expressão gênica foram realizadas pelo *fold-change*, calculado por $2^{-\Delta\Delta Ct}$ (Livak e Schmittgen, 2001). Os dados foram analisados utilizando o seguinte modelo linear misto proposto por Steibel et al. (2009):

$$Y_{ijkl} = \mu + A_{(ij)l} + D_{ijk} + (RIG)_{ijk} + e_{ijkl}$$

Em que: Y_{ijkl} : é a expressão do gene k, no animal l, tratamento i e BCB j; μ é a constante geral; $A_{(ij)l}$ é o efeito aleatório do animal l no tratamento i e BCB j, $A_{(ij)l} \sim N(0, \sigma^2_e)$; D_{ijk} é o efeito aleatório amostra-específico, $D_{ijk} \sim N(0, \sigma^2_D)$; $(RIG)_{ijk}$ é o efeito de interação entre tratamento e BCB; e e_{ijkl} : é o erro aleatório, $e_{ijkl} \sim N(0, \sigma^2_e)$,

As análises foram realizadas no SAS OnDemand por meio do QPCR_MIXED macro (Steibel et al., 2009). Os efeitos dos tratamentos, BCB e interação foram avaliados pelo teste F e as comparações foram realizadas pelo teste t de Student. O nível de significância adotado foi de $\alpha = 0,05$.

3 RESULTADOS

O número médio de folículos antrais foi superior no grupo ALT em comparação ao grupo MOD ($27,10 \pm 1,94$ vs. $14,51 \pm 2,47$; $p = 0,0041$). Quando avaliada a evolução do número de folículos antrais nos cinco meses que antecederam a puberdade, observou-se diferença entre os tratamentos apenas no segundo mês anterior à puberdade, momento em que o grupo ALT apresentou maior número de folículos ($p < 0,05$; figura 1).

Não foram observadas diferenças entre os tratamentos em relação à idade à puberdade (MOD: $14,38 \pm 0,73$ vs. ALT: $14,96 \pm 0,39$ meses; $P = 0,4660$). De forma semelhante, as variáveis reprodutivas avaliadas por meio de avaliações ultrassonográficas, como o diâmetro do corno uterino (MOD: $18,03 \pm 1,66$ vs. ALT: $20,49 \pm 1,00$ cm), o diâmetro do folículo pré-ovulatório (MOD: $13,58 \pm 1,43$ vs. ALT: $13,37 \pm 1,03$ mm) e a duração do ciclo estral (MOD: $19,00 \pm 1,15$ vs. ALT: $20,80 \pm 0,58$ dias), também não apresentaram diferenças entre os grupos de animais estudados ($P > 0,05$; tabela 1).

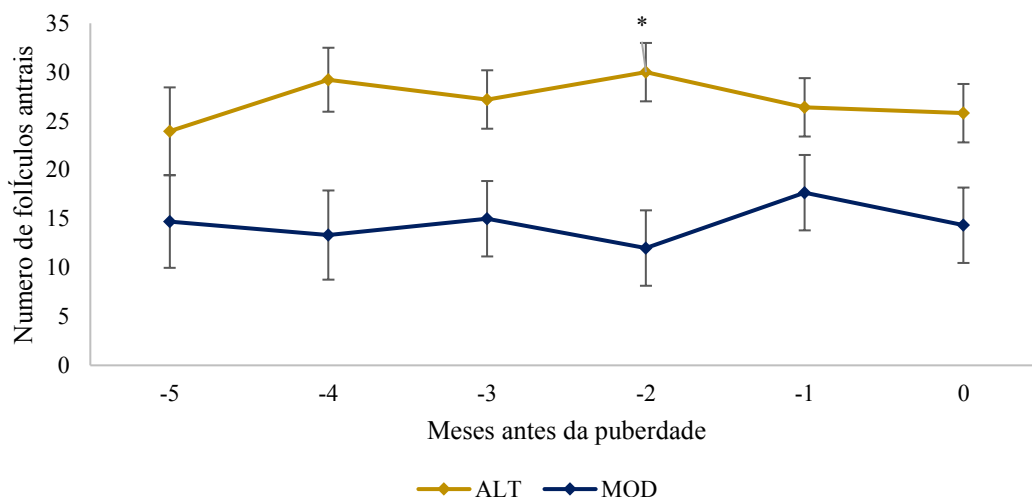


Figura 1: Número de folículos antrais antes da puberdade em novilhas da raça Girolando, de acordo com os grupos de tratamentos (MOD e ALT). Barras= EP, * $p < 0,05$ pelo teste de Tukey.

Em relação à aspiração folicular (OPU), o número total de oócitos recuperados por animal (MOD: $26,00 \pm 7,00$ vs. ALT: $19,60 \pm 5,05$) e a média de oócitos recuperados por sessão (MOD: $8,67 \pm 2,33$ vs. ALT: $16,60 \pm 6,23$) não diferiram entre os grupos de animais estudados ($P > 0,05$).

Tabela 1: Medias \pm EP dos efeitos da nutrição materna para idade à puberdade, características de útero e ovários, eficiência de aspiração folicular e ondas foliculares peri-puberais em novilhas Girolando

Variável	GMD ¹		P-Valor ⁴
	MOD ²	ALT ³	
Idade à puberdade (meses)*	$14,38 \pm 0,73$	$14,96 \pm 0,39$	0,4660
Diâmetro do corno uterino (cm)*	$18,03 \pm 1,66$	$20,49 \pm 1,00$	0,2217
Diâmetro do folículo pré-ovulatório (mm)*	$13,58 \pm 1,43$	$13,37 \pm 1,03$	0,9058
Duração do ciclo (dias)*	$19,00 \pm 1,15$	$20,80 \pm 0,58$	0,1676
Total de ovócitos recuperados (n)*	$26,00 \pm 7,00$	$19,60 \pm 5,05$	0,4775
Média de ovócitos recuperados (n)*: ***	$8,67 \pm 2,33$	$16,60 \pm 6,23$	0,3859
Ondas foliculares (n)**	2 (2 – 2)	2 (2 – 3)	0,2367

¹GMD= ganho médio diário imposto as mães durante a gestação.

²MOD = grupo GMD moderado (0,50 kg/dia).

³ALT = grupo GMD alto (0,75 kg/dia).

⁴A significância adotada em $P \leq 0,05$,

* Média \pm EP, ANOVA,

** Mediana (interquartil), teste de Kruskal-Wallis,

*** Número de ovócitos totais dividido pelo número de aspirações foliculares.

A taxa geral de oócitos classificados como BCB+ foi de 58,79% (102/175), conforme apresentado na Tabela 2. No grupo ALT, a proporção de oócitos BCB+ foi de 59,79% (58/97), enquanto no grupo MOD foi de 56,41% (44/78). Não foi observada diferença entre os grupos de animais quanto à proporção de oócitos BCB+ ($P = 0,6518$).

Tabela 2: Classificação de ovócitos aspirados e corados pela técnica de azul cresil brilhante (BCB) de novilhas da raça Girolando, de acordo com os grupos de tratamentos (MOD e ALT)

Classe/Tratamento	GMD ¹	
	MOD ²	ALT ³
BCB+	44	58
BCB-	34	39
Total	78	97

¹GMD= ganho médio diário imposto as mães durante a gestação.

²MOD = grupo GMD moderado (0,50 kg/dia).

³ALT = grupo GMD alto (0,75 kg/dia).

Foi possível amplificar com sucesso os quatro genes propostos no presente estudo por meio da técnica de qPCR. No entanto, os resultados de expressão relativa (fold-change), apresentados na Figura 2, indicaram valores semelhantes entre os grupos de animais estudados para todos os genes analisados. Não foram observadas diferenças na expressão gênica entre oócitos classificados como BCB+ e BCB-, nem entre os grupos nutricionais MOD e ALT ($P > 0,05$).

Mudanças positivas no fold-change significam que o primeiro termo da comparação apresenta maior expressão que o segundo. Alterações negativas no fold-change significam que o segundo termo da comparação apresenta maior expressão que o primeiro.

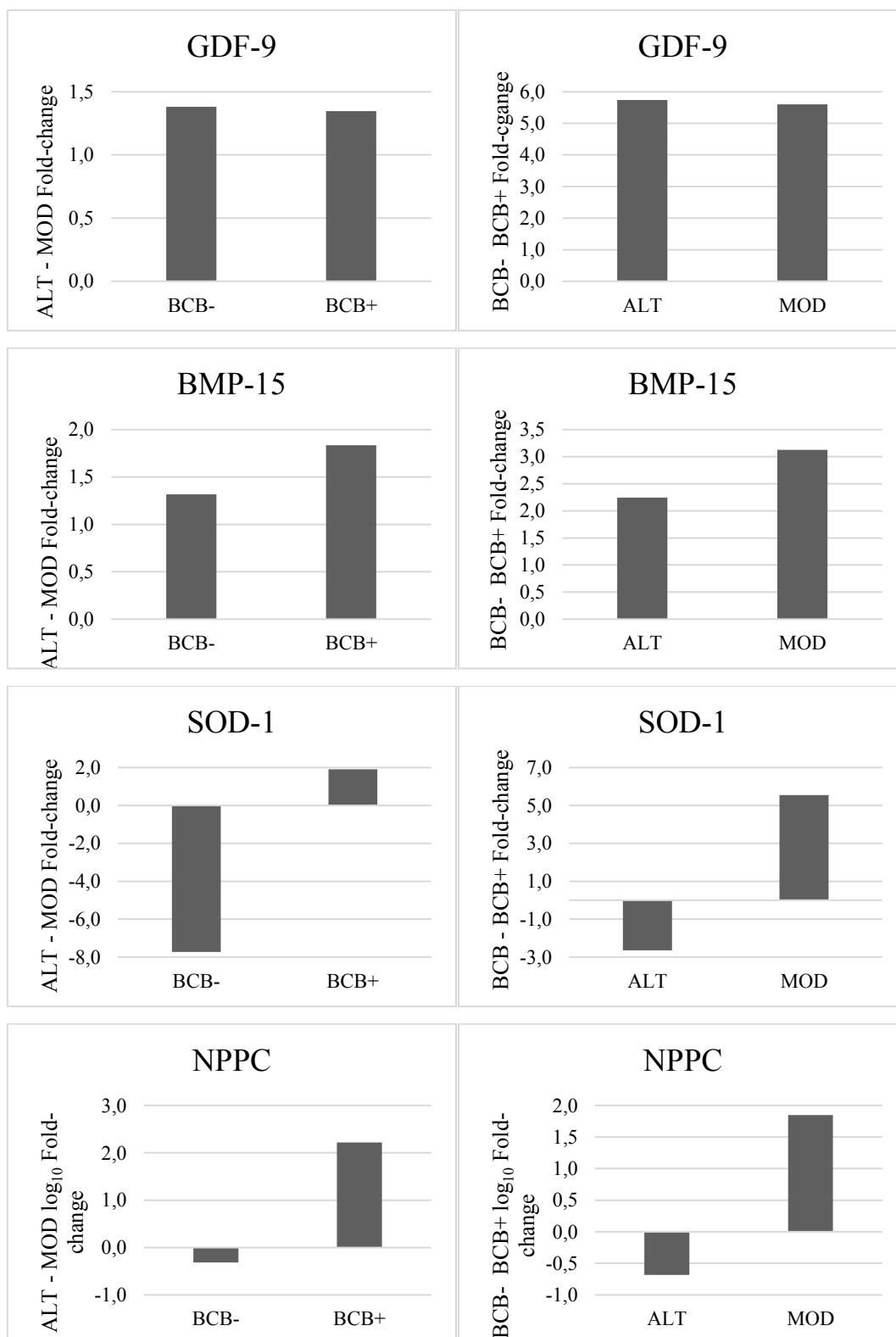


Figura 2: Fold-change da expressão dos genes fator diferenciador do crescimento 9 (GDF9), proteína morfogenética óssea 15 (BMP15), superóxido dismutase 1 (SOD1), precursor peptídeo natriurético C (NPPC), em complexos *cumulus oophorus* (CCOs) de novilhas da raça Girolando de acordo com o tratamento (ALT ou MOD) e coloração BCB (BCB- ou BCB+) ($P > 0,05$).

4 DISCUSSÃO

O presente estudo investigou os efeitos de um ganho médio diário (GMD) elevado em novilhas durante os dois últimos terços da gestação, em comparação com novilhas adequadamente alimentadas no mesmo período, sobre o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos das progênies. São poucos os estudos (WANG et al., 2025) que buscam estabelecer essa relação entre o ambiente gestacional e a resposta do indivíduo no crescimento pós-natal, especialmente em novilhas leiteiras. Neste estudo não foram observadas diferenças no desenvolvimento sexual. No entanto, foi identificada diferença na CFA no período peri-puberal.

A reserva ovariana pode ser estimada pela CFA, por meio de avaliações ultrassonográficas, via transretal em bovinos (MOSSA et al., 2012). No presente estudo, os dados obtidos indicam que a nutrição materna durante a gestação influenciou a constituição da reserva ovariana nas progênies, refletida por maior número de folículos antrais com diâmetro ≥ 3 mm em novilhas filhas de vacas com maior ganho de peso ($27,10 \pm 1,94$ vs. $14,51 \pm 2,47$).

A reserva ovariana fetal é formada por células germinativas primordiais que, progressivamente, dão origem ao início do crescimento folicular passando por diferentes estágios de desenvolvimento. Estudos indicam que a formação dessa reserva ocorre entre os 90 e 140 dias de vida fetal em bovinos (YANG e FORTUNE, 2008; CUSHMAN et al., 2024).

Diversas pesquisas têm investigado os efeitos da restrição alimentar materna durante o período pré-natal, especialmente nos primeiros 114 dias de gestação, sobre a CFA durante a recria (EVANS et al., 2012; CATON et al., 2025). De forma geral, os resultados apontam consequências negativas, com redução na CFA em novilhas oriundas de vacas submetidas à restrição nutricional, em comparação com aquelas do grupo controle (MOSSA et al., 2013). No mesmo estudo, os autores verificaram que a restrição alimentar materna elevou as concentrações séricas de testosterona, o que possivelmente favoreceu um recrutamento folicular excessivo, resultando em depleção precoce da reserva ovariana fetal.

Por outro lado, Weller et al. (2016) investigaram os efeitos da superalimentação materna em vacas Holandês \times Gir sobre o desenvolvimento gonadal de fetos bovinos, nos períodos médio e final da gestação. Os fetos oriundos de vacas superalimentadas apresentaram menor reserva ovariana, com redução no número total de folículos

primordiais observados em cortes histológicos aos 199 e 268 dias de gestação, os autores sugerem que o principal mecanismo envolvido seja o estresse oxidativo, resultante do excesso nutricional, levando à perda de células germinativas.

Os resultados verificados na literatura consultada são, portanto, conflitantes e ainda carecem de elucidação por meio de mais estudos experimentais. No presente estudo, realizado com novilhas mestiças *Bos primigenius taurus* × *Bos primigenius indicus*, os tratamentos testados propiciaram valores intermediários de GMD, evitando os extremos da subnutrição e da superalimentação. Esse delineamento permitiu avaliar os efeitos de uma nutrição materna adequada versus levemente acima do ideal, situação compatível com a realidade de muitas propriedades leiteiras tropicais.

De maneira geral, os dados da literatura (CHAVATTE-PALMER et al., 2014; MOSSA et al., 2017; NOYA et al., 2019; TENLEY et al., 2019) apontam que o ambiente gestacional tem papel determinante na modulação da reserva ovariana e, por consequência, no desempenho reprodutivo da fêmea.

Em um levantamento com vacas leiteiras, Mossa et al. (2012) classificaram os animais em três categorias de acordo com a CFA determinada por meio de exames ultrassonográficos (baixa, média e alta), e avaliaram o desempenho reprodutivo por meio da taxa de prenhez, número de serviços por concepção e intervalo parto-concepção. Os melhores indicadores reprodutivos foram observados em vacas com CFA intermediária e alta.

Com base nas evidências obtidas neste estudo e nas referências consultadas (EVANS et al., 2012; MARTINEZ et al., 2016; ALWARD et al., 2023), animais com baixa CFA tendem a apresentar menor desempenho reprodutivo, o que reforça a importância do ambiente intrauterino na determinação do potencial reprodutivo das fêmeas.

A nutrição materna durante os dois últimos terços da gestação não influenciou a idade à puberdade da progênie, de acordo com Azevedo et al. (2022), que avaliaram 9.706 novilhas 3/4 Holandês × Gir em condições tropicais, a média de idade ao primeiro serviço em fazendas especializadas no Brasil é de $17,3 \pm 3,6$ meses, com peso corporal médio de 373 ± 32 kg. Esses valores são superiores aos observados no presente estudo ($14,67 \pm 0,56$ meses e 343,5 kg), o que sugere que o manejo nutricional pós-natal foi eficiente em compensar eventuais limitações oriundas da gestação, por meio de um planejamento adequado do GMD durante a recria.

Com base nos dados obtidos, a idade estimada ao primeiro parto para as novilhas avaliadas neste estudo seria em torno de 25 meses, valor considerado muito satisfatório e condizente com metas desejáveis em sistemas de produção leiteira. Esse resultado é inferior ao relatado por outros estudos com novilhas mestiças Holandês × Gir no Brasil (CANAZA-CAYO et al., 2018; AZEVEDO et al., 2022), o que reforça o impacto positivo de um manejo nutricional eficiente na fase de recria.

Foi observado que a CFA foi maior em novilhas oriundas de mães submetidas a maior suprimento nutricional durante a gestação. No entanto, o rendimento na aspiração folicular (OPU) não apresentou diferença estatística entre os grupos, o que pode ser atribuído ao número reduzido de animais utilizados neste estudo, limitando o poder estatístico da análise. Pesquisas futuras devem considerar o aumento do tamanho amostral, a fim de reduzir o risco de erro tipo II e detectar diferenças potencialmente relevantes.

A eficiência da aspiração folicular é um fator determinante para o sucesso da produção *in vitro* de embriões (PIVE), uma vez que animais com maior número e melhor qualidade de oócitos apresentam desempenho superior nesta biotecnologia reprodutiva (VIANA et al., 2004; ZANGIROLAMO et al., 2018; ALWARD et al., 2023;). Embora neste estudo não tenha sido observada diferença significativa entre os grupos de animais, as novilhas do grupo com GMD materno ALT apresentaram, em média, 1,9 vezes mais oócitos recuperados por sessão de OPU.

Quanto ao potencial de desenvolvimento dos oócitos, avaliado por meio da coloração com Azul Cresil Brilhante (BCB), observou-se que 58,79% das estruturas recuperadas foram classificadas como BCB+, indicando competência oocitária. Não houve diferença significativa na proporção de CCOs BCB+ entre os grupos de animais estudados, o que sugere que os efeitos da nutrição materna afetaram a quantidade, mas não a qualidade dos oócitos.

Estudos conduzidos por Weller et al. (2016), comparando a expressão gênica do GDF9 em ovários de fetos Holandês × Gir sob condição de sobrenutrição materna, identificaram maior expressão desse gene aos 199 e 268 dias de gestação. Esses resultados sugerem que o status metabólico materno oriundo do excesso nutricional pode influenciar a foliculogênese fetal. Contudo, no presente estudo, a diferença de GMD materno entre os grupos foi 3,9 vezes menor do que a aplicada por Weller et al. (2016), o que possivelmente explica a ausência de alterações na expressão gênica nos oócitos. Assim, a

dieta utilizada para promover o GMD elevado (grupo ALT) pode não ter sido suficiente para induzir mudanças na qualidade dos complexos cúmulo-oócito (CCOs).

5 CONCLUSÕES

A hipótese de que novilhas oriundas de vacas com ganho materno moderado (500 g/dia) apresentaria pior desempenho reprodutivo foi parcialmente confirmada, uma vez que essas progênes apresentaram menor CFA em comparação com as filhas de vacas com maior ganho de peso (750 g/dia).

Apesar da diferença na CFA, não foram observadas alterações significativas na idade à puberdade, no rendimento da OPU, nem na competência oocitária avaliada por coloração com Azul Cresil Brilhante, o que sugere que o efeito da nutrição materna se concentrou na quantidade, mas não na qualidade dos oócitos disponíveis nas progênes.

REFERENCIAS

- AERTS, J.; BOLS, P. Ovarian follicular dynamics: a review with emphasis on the bovine species. Part I: Folliculogenesis and pre-antral follicle development. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 45, p. 171-179, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01302.x>.
- ALWARD, K. J.; COCKRUM, R. R.; EALY, A. D. Associations of antral follicle count with fertility in cattle: A review. *JDS Communications*, v. 4, n. 2, p. 132–137, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0283>.
- AMORIM, F. C. S.; ALMEIDA, J. Programação fetal bovina: possíveis implicações na reprodução e na progênie. **Revista Saber Digital**, v. 17, n. 3, e20241707, 2024. DOI: <https://doi.org/10.24859/SaberDigital.2024v17n3.1598>.
- AZEVEDO, R. A.; TEIXEIRA, A. M.; SILVA, A. L.; BITTAR, C. M.; FERREIRA, G. C.; ZAMBRANO, J. A.; SANTOS, J. E. P.; COSTA, J. H. C.; ANTUNES, L. C. M. S.; CAMPOS, M. M.; TIVERON, P. M.; ROTTA, P. P.; MENESES, R. M.; SILVA, R. O. S.; COELHO, S. G.; CHIOGNA JÚNIOR, V.; GOMES, V. **Alta Cria**. 2022. DOI: <https://doi.org/10.26626/978655668098-9.2022B0001>.
- CANAZA-CAYO, A. W.; LOPES, P. S.; COBUCI, J. A.; MARTINS, M. F.; SILVA, M. V. G. B. Genetic parameters of milk production and reproduction traits of Girolando cattle in Brazil. **Italian Journal of Animal Science**, v. 17, p. 22-30, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1335180>.
- CATON, J. S.; CROUSE, M. S.; DAHLEN, C. R.; WARD, A. K.; DINIZ, W. J. S.; HAMMER, C. J.; SWANSON, R. M.; HAUXWELL, K. M.; SYRING, J. G.; SAFAIN, K. S.; REYNOLDS, L. P. Maternal nutrient supply—impacts on physiological and whole-animal outcomes in offspring. **Journal of Dairy Science**, v. 108, p. 7696-7709, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2024-25788>.
- CHAVATTE-PALMER, P.; DUPONT, C.; DEBUS, N.; CAMOUS, S. Nutritional programming and the reproductive function of the offspring. **Animal Production Science**, v. 54, p. 1166-1176, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN14470>.
- CUSHMAN, R. A.; AKBARINEJAD, V.; PERRY, G. A.; LENTS, C. A. Developmental programming of the ovarian reserve in livestock. **Animal Reproduction Science**, v. 264, 107458, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2024.107458>.
- EVANS, A.; MOSSA, F.; WALSH, S.; SCHEETZ, D.; JIMENEZ-KRASSEL, F.; IRELAND, J.; SMITH, G.; IRELAND, J. Effects of maternal environment during gestation on ovarian folliculogenesis and consequences for fertility in bovine offspring. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 47, p. 31-37, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2012.02052.x>.
- LIVAK, K. J.; SCHMITTGEN, T. D. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2- $\Delta\Delta$ CT method. **Methods**, v. 25, p. 402-408, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1006/meth.2001.1262>.

MACHADO, A. F.; GUIMARÃES, S. E. F.; GUIMARÃES, J. D.; SANTOS, G. M.; SILVA, A. L.; SILVA, Y. F. R. S.; NETO, D. S. L.; CORREA, P. V. F.; MARCONDES, M. I. Effect of protein supplement level on the productive and reproductive parameters of replacement heifers managed in intensive grazing systems. **PLOS ONE**, v. 15, e0239786, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239786>.

MARCELO, F. M.; SANDERSON, N.; LAUREL, D.; LAWRENCE, B. S.; JUENGL, J. L. Association between antral follicle count and reproductive measures in New Zealand lactating dairy cows maintained in a pasture-based production system. **Theriogenology**, v. 85, p. 466-475, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.09.026>.

MOSSA, F.; CARTER, F.; WALSH, S. W.; KENNY, D. A.; SMITH, G. W.; IRELAND, J. L. H.; HILDEBRANDT, T. B.; LONERGAN, P.; IRELAND, J. J.; EVANS, A. C. O. Maternal undernutrition in cows impairs ovarian and cardiovascular systems in their offspring. **Biology of Reproduction**, v. 88, p. 1-9, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1095/biolreprod.112.107235>.

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. Low numbers of ovarian follicles ≥ 3 mm in diameter are associated with low fertility in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 95, p. 2355-2361, 2012. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4325>.

MOSSA, F.; CARTER, F.; WALSH, S. W.; EVANS, A. C. O.; JIMENEZ-KRASSEL, F.; IRELAND, J. J. Early developmental programming of the ovarian reserve, ovarian function, and fertility. In: CONSTANTINESCU, G.; SCHATTEN, H. (ed.). **Animal Models and Human Reproduction**. Hoboken: Wiley, 2017. cap. 4. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118881286>.

NOYA, A.; CASASÚS, I.; FERRER, J.; SANZ, A. Effects of developmental programming caused by maternal nutrient intake on postnatal performance of beef heifers and their calves. **Animals**, v. 9, p. 1072, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9121072>.

QUEIROZ NETA, L. B.; SANTOS, M. V. O.; BORGES, A. A.; PEREIRA, A. F. Otimização do ensaio de azul cresil brilhante visando à seleção qualitativa de oócitos bovinos derivados de ovários submetidos a diferentes temperaturas e tempos de transporte. **Jornal Interdisciplinar de Biociências**, v. 4, p. 5-9, 2019.

SMITZ, J.; CORTVRINDT, R. The earliest stages of folliculogenesis in vitro. **Reproduction**, v. 123, p. 185-202, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1530/rep.0.1230185>.

STEIBEL, J. P.; POLETTI, R.; COUSSENS, P. M.; ROSA, G. J. A powerful and flexible linear mixed model framework for the analysis of relative quantification RT-PCR data. **Genomics**, v. 94, p. 146-152, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2009.04.008>.

STRĄCZYŃSKA, P.; PAPIS, K.; MORAWIEC, E.; CZERWINSKI, M.; GAJEWSKI, Z.; OLEJEK, A.; BEDNARSKA-CZERWINSKA, A. Signaling mechanisms and their regulation during in vivo or in vitro maturation of mammalian oocytes. **Reproductive Biology and Endocrinology**, v. 20, p. 37, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12958-022-00906-5>.

TENLEY, S. C.; GOMES, R. S.; ROSASCO, S. L.; NORTHROP, E. J.; RICH, J. J. J.; McNEEL, A. K.; SUMMERS, A. F.; MILES, J. R.; CHASE, C. C.; LENTS, C. A.; PERRY, G. A.; WOOD, J. R.; CUPP, A. S.; CUSHMAN, R. A. Maternal age influences the number of primordial follicles in the ovaries of yearling Angus heifers. **Animal Reproduction Science**, v. 200, p. 105-112, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.12.004>.

VIANA, J. H. M.; CAMARGO, L. S. A.; FERREIRA, A. M.; SÁ, W. F.; FERNANDES, C. A. C.; JUNIOR, A. P. M. Short intervals between ultrasonographically guided follicle aspiration improve oocyte quality but do not prevent establishment of dominant follicles in the Gir breed (*Bos indicus*) of cattle. **Animal Reproduction Science**, v. 84, p. 1-2, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2003.12.002>.

WANG, Y.; SACCENTI, E.; GOSELINK, R.; BURGERS, E.; GROSS, J.; BRUCKMAIER, R.; KEMP, B.; KNEGSEL, A. van. Investigating the relationship between dairy dam preconception and gestation characteristics and heifer offspring variables from birth to lactation. *Journal of Dairy Science*, v. 108, n. 7, p. 7758–7774, jul. 2025. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2024-26138>

WELLER, M. M. D. C. A.; FORTES, M. R. S.; MARCONDES, M. I.; ROTTA, P. P.; GIONBELI, T. R. S.; VALADARES FILHO, S. C.; CAMPOS, M. M.; SILVA, F. F.; SILVA, W.; MOORE, S.; GUIMARÃES, S. E. F. Effect of maternal nutrition and days of gestation on pituitary gland and gonadal gene expression in cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 3056-3071, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9673>.

YANG, M. Y.; FORTUNE, J. E. The capacity of primordial follicles in fetal bovine ovaries to initiate growth in vitro develops during mid-gestation and is associated with meiotic arrest of oocytes. **Biology of Reproduction**, v. 78, p. 1153-1161, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1095/biolreprod.107.066688>.

ZANGIROLAMO, A. F.; MOROTTI, F.; DA SILVA, N. C.; SANCHES, T. K.; SENEDA, M. M. Ovarian antral follicle populations and embryo production in cattle. **Animal Reproduction**, Londrina, v. 15, n. 3, p. 310–315, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21451/1984-3143-AR2018-0072>. Acesso em: 2 set. 2025

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese aborda com rigor técnico e relevância científica os efeitos da nutrição materna durante a gestação sobre o desempenho zootécnico e o desenvolvimento reprodutivo de novilhas da raça Girolando, em condições tropicais. Sendo demonstrado que diferentes ganhos médios diários maternos, dentro de uma faixa considerada moderada, não impactaram negativamente o consumo e digestibilidade dos nutrientes, o desempenho ponderal, as características biométricas nem o desenvolvimento da glândula mamária das novilhas dos 6 aos 15 meses de idade.

Os efeitos da nutrição gestacional foram evidentes no desenvolvimento do sistema reprodutor das progênes. O aumento da CFA, reconhecida como biomarcador da reserva ovariana sugere que mesmo variações moderadas no estado nutricional materno podem modular o potencial reprodutivo das filhas, independentemente de alterações na idade à puberdade ou na competência oocitária.