

**UNIVERSIDADE EVANGÉLICA DE GOIÁS – UniEVANGÉLICA**  
**CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA**

**Bruno Antônio da Silva**  
**Claudio Moura de Oliveira Borges**  
**Gustavo Martins Assunção**  
**João Vitor da Cunha Sousa**  
**João Vitor Godinho de Oliveira**  
**Lucas Pereira Costa**  
**Maria Clara Leite Hanna**  
**Maria Luiza Coloca**

**ESTRATÉGIAS GENÉTICAS E NUTRICIONAIS APLICADAS NAS**  
**FASES DO DESENVOLVIMENTO PARA ANTECIPAR A PUBERDADE**  
**EM NOVILHAS**

Anápolis – GO

2024

**Bruno Antônio da Silva**  
**Claudio Moura de Oliveira Borges**  
**Gustavo Martins Assunção**  
**João Vitor da Cunha Sousa**  
**João Vitor Godinho de Oliveira**  
**Lucas Pereira Costa**  
**Maria Clara Leite Hanna**  
**Maria Luiza Coloca**

**ESTRATÉGIAS GENÉTICAS E NUTRICIONAIS APLICADAS NAS  
FASES DO DESENVOLVIMENTO PARA ANTECIPAR A PUBERDADE  
EM NOVILHAS**

Monografia apresentada a Universidade Evangélica de  
Goiás - UniEvangélica, para obtenção do título de Bacharel  
em Medicina Veterinária.

Área de concentração: Produção e Reprodução Animal.

Orientador: Prof. Dr. João Malaquias Darós.

Anápolis – GO

2024

Bruno Antônio da Silva  
Claudio Moura de Oliveira Borges  
Gustavo Martins Assunção  
João Vitor da Cunha Sousa  
João Vitor Godinho de Oliveira  
Lucas Pereira Costa  
Maria Clara Leite Hanna  
Maria Luiza Coloca

**ESTRATÉGIAS GENÉTICAS E NUTRICIONAIS APLICADAS NAS  
FASES DO DESENVOLVIMENTO PARA ANTECIPAR A PUBERDADE  
EM NOVILHAS**

Monografia apresentada a Universidade Evangélica de  
Goiás - UniEvangélica, para obtenção do título de Bacharel  
em Medicina Veterinária.

**Área de concentração:** Produção e Reprodução Animal

Aprovada em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2024.

Banca examinadora

---

Prof. (titulação) (nome do orientador)

---

Prof. (titulação) (nome do orientador)

---

Prof. (titulação) (nome do orientador)

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b>	Pág. 6
2	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	
2.1	ASPECTOS FISIOLÓGICOS RELACIONADOS À PUBERDADE EM NOVILHAS	Pág. 8
2.1.1	<b>Fisiologia da puberdade em novilhas</b>	Pág. 9
2.2	FATORES QUE INFLUENCIAM A PUBERDADE EM NOVILHAS	Pág. 11
2.2.1	<b>Genética e idade</b>	Pág. 11
2.2.2	<b>Nutrição</b>	Pág. 14
2.3	AS ESTRATÉGIAS QUE SÃO APLICADAS PARA ANTECIPAR A PUBERDADE EM NOVILHAS	Pág. 17
2.3.1	<b>Bioestimulação</b>	Pág. 17
2.3.2	<b>Protocolos Hormonais</b>	Pág. 19
3	<b>CONCLUSÃO</b>	Pág. 24
	<b>REFERÊNCIAS</b>	Pág. 26

## ABREVIATURAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IATF	Inseminação artificial em tempo fixo
LH	Hormônio luteinizante
FSH	Hormônio folículo estimulante
GnRH	Hormônio libertador de gonadotrofinas
PGF's	Prostaglandinas
PGF-2 $\alpha$	Prostaglandina alfa-2
E2	Estradiol
IPP	Idade ao primeiro parto
IGF-1	Fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1
GABA	Ácido gama-aminobutírico
ECC	Escore de condição corporal
hCG	Gonadotrofinas coriônicas humanas
MGA	Acetato de melengestrol
ECP	Cipionato de estradiol

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo dados do IBGE em 2023 o Brasil contava com um rebanho bovino de 238.626.442 cabeças distribuídos em 2.554.415 propriedades rurais. O crescimento do rebanho nos últimos 5 anos foi de aproximadamente 11,1% considerando que em 2019 o total de bovinos no rebanho era de 214,7 milhões de cabeças, indicando o grande valor econômico da bovinocultura de corte no país. Apesar das mais diversas atividades econômicas girando o capital do país, a agropecuária é a grande base do comercial nacional e internacional brasileiro, o que torna indispensável sua dinamicidade e otimização (SANTIAGO *et al.*, 2019).

O rebanho bovino brasileiro alcançou um novo recorde, totalizando 234,4 milhões de animais, o que representa um aumento de 4,3% em relação ao ano anterior. Esses dados foram divulgados na última quinta-feira (21) pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), por meio da Pesquisa Produção da Pecuária Municipal 2022. A pesquisa abrangeu os efetivos da pecuária nos municípios, além de informações sobre a produção de origem animal e os valores referentes ao ano de 2022. O país se destaca não apenas pela quantidade de gado, mas também pelo seu potencial de expansão. Dentro desse rebanho, há cerca de 20 milhões de novilhas entre 1 e 2 anos e 12 milhões de novilhas entre 2 e 3 anos (ANUALPEC, 2023).

Esse índice pode parecer alarmante, mas revela que há uma demanda significativa por melhorias na eficiência da pecuária. Considerando que a área atual dedicada às atividades agroindustriais não deve ser ampliada, a produção precisará ser aumentada verticalmente, ou seja, aumentando a produtividade sem expandir a área de pastagens, focando na eficiência. Nas fazendas de cria, o principal objetivo é a produção de um bezerro por matriz anualmente, e qualquer atraso na gestação impacta negativamente na produção desses bezerros, comprometendo o sucesso econômico da atividade (RIBEIRO *et al.*, 2012).

Algumas raças bovinas são consideradas tardias para a reprodução, com a primeira prenhez acontecendo por volta dos dois anos de idade. Da mesma forma, sistemas de produção que não propiciam um bom desenvolvimento ponderal da fêmea bovina do nascimento à puberdade, têm pouco sucesso em produzir prenhez precoce, em idade entre 12 e 16 meses. Adicionalmente, falhas no manejo nutricional e reprodutivo, mesmo com uso de protocolos de inseminação artificial em tempo fixo (IATF), aumentam o custo de produção, sem que haja incrementos na porcentagem de fêmeas prenhes. Tais fatos levam a pecuária brasileira a apresentar índices de idade ao primeiro parto elevados, geralmente acima dos 36 meses, com

consequente redução na taxa de desfrute dos rebanhos de cria, o que está, muitas vezes, relacionado à menor rentabilidade da atividade (NOGUEIRA, *et al* 2023).

A elevada quantidade de novilhas que ainda não atingiram a puberdade no início da temporada de reprodução representa um obstáculo para os agricultores maximizarem seus lucros nessa atividade. Novilhas que dão à luz mais cedo tendem a ter uma vida reprodutiva mais longa, que pode durar em torno de 6 a 8 anos, em comparação àquelas que têm seu primeiro parto tardiamente. Isso resulta em maior produtividade ao longo da vida do animal, contribuindo para o aumento da eficiência reprodutiva e econômica da fazenda. Portanto, novilhas que realizam seu primeiro parto por volta dos 24 a 25 meses de idade, ou seja, com a primeira cobertura ou inseminação artificial aos 15 meses, atingem o auge de sua produtividade, uma vez que conseguem gerar mais bezerros ao longo de sua vida produtiva (MARTINS, *et al* 2011).

O objetivo da presente revisão é analisar os meios genéticos e nutricionais utilizados para antecipar a puberdade em novilhas.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 ASPECTOS FISIOLÓGICOS RELACIONADOS À PUBERDADE EM NOVILHAS

As glândulas endócrinas que desempenham um papel na reprodução de bovinos incluem o hipotálamo, a hipófise e as gônadas. O hipotálamo tem a função de liberar GnRH (hormônio libertador de gonadotrofinas), que atua sobre a hipófise para estimular a adeno-hipófise a produzir gonadotrofinas, como LH (hormônio luteinizante), FSH (hormônio folículo estimulante) e prolactina. Essas gonadotrofinas influenciam as gônadas, promovendo a síntese de hormônios esteroides e proteicos, além de serem fundamentais na formação de oócitos (HALMOS *et al.*, 2020).

O FSH desempenha um papel crucial no desenvolvimento inicial dos folículos. À medida que os folículos se desenvolvem, eles começam a gerar estrógeno e inibina. O LH, por sua vez, é responsável pelo crescimento final, levando à ovulação que ocorre em seu auge. Após a ovulação, forma-se o corpo lúteo, que inicia a produção de progesterona (WEBB *et al.*, 2019).

Os ovários têm a função de gerar folículos e hormônios esteroides, como o estradiol e a progesterona. O estradiol, que é gerado pelos folículos, desempenha um papel fundamental na provocação do comportamento de cio, além de promover o aumento da espessura do útero e a manifestação de características sexuais secundárias. Já a progesterona, que é secretada pelo corpo lúteo, é essencial para a implantação do embrião e a continuação da gravidez, e seus níveis elevados inibem o cio e a fase pré-ovulatória (HALMOS *et al.*, 2020).

A inibina é uma substância reguladora do tipo parácrino, gerada pelas células da granulosa, que funciona como um mensageiro químico para a hipófise, reduzindo a secreção de FSH e ajudando a manter a quantidade de ovulações adequada para cada espécie (HAFEZ *et al.*, 2004).

As prostaglandinas (PGF's) são geradas por vários tecidos do corpo e desempenham funções tanto localmente quanto através da circulação sanguínea até alcançarem o tecido desejado. A PGF-2 $\alpha$  é fundamental na reprodução, pois induz a luteólise. O aparecimento do primeiro cio funcional é indicativo do início da puberdade na novilha em reprodução (URBANO, 2017).



### 2.1.1 Fisiologia da puberdade em novilhas

O aumento das frequências dos pulsos do hormônio luteinizante tem sido reportado como fator determinante no desencadeamento da puberdade. Tal fato é obtido por meio de redução do número de receptores do estradiol (E2) nas regiões anterior e médiobasal do hipotálamo, provocando redução do feedback negativo a tal hormônio. A aplicação de progesterona exógena, o aumento da taxa de crescimento e da cobertura de gordura por meio de manejo alimentar adequado, a sazonalidade, a presença do touro e a genética são fatores que podem influenciar o eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal, desencadeando a puberdade em novilhas (EMERICK, *et al* 2009).

O desenvolvimento do sistema reprodutivo da novilha é influenciado por mudanças hormonais regulares que ocorrem após o nascimento, sendo dividido em três fases. A primeira fase, que ocorre na primeira semana de vida, é caracterizada pela interação entre hormônios esteroides e gonadotrofinas, que desempenham um papel essencial no início desse processo (BRAGANÇA, 2017). Na segunda fase, que acontece aproximadamente na quarta semana de vida, observa-se um aumento dos hormônios LH, estradiol, testosterona e inibina imunorreativa. Por fim, na terceira e última fase, que abrange as cinco semanas que antecedem a primeira ovulação, nota-se um aumento nos níveis de estradiol, seguido pelo crescimento dos níveis de LH. Assim, considera-se que o animal atinge a puberdade quando é capaz de liberar gametas e manifestar comportamento sexual (HAFEZ *et al.*, 2004).

Durante a fase de desenvolvimento, há uma elevação na liberação de GnRH pelo hipotálamo, o que resulta em um aumento na produção de LH. Esse hormônio é responsável por promover o crescimento final dos folículos e por elevar as concentrações de estradiol na periferia (SEMMELMANN *et al.*, 2001). Observa-se a ocorrência de feedback negativo do estradiol sobre a liberação de LH, evidenciado pela redução desse hormônio entre 3 e 6 meses. Após esse intervalo, os níveis de LH se mantêm baixos e estáveis, sinalizando o início da fase estática. A diminuição do efeito negativo do estradiol na fase peri-puberal leva a um aumento na secreção de LH, seguida por uma maior produção de estradiol, culminando em um pico de LH e na ovulação (RODRIGUES *et al.*, 2002).

A puberdade em vacas pode ser entendida como o momento em que elas ganham a habilidade de se reproduzir. Contudo, essa fase não deve ser vista como um acontecimento

isolado, mas sim como a conclusão de várias mudanças fisiológicas e morfológicas que levam ao primeiro cio e à ovulação (SILVA FILHO *et al.*, 2011).

Os mecanismos que compõem o sistema endócrino desempenham um papel crucial no início da puberdade e na sua regulação (SILVA FILHO *et al.*, 2007). Após a ocorrência do primeiro estro acompanhado de ovulação fértil, inicia-se uma fase lútea fisiológica, que se distingue em função da espécie. Na vaca, essa etapa compreende a passagem de um intervalo de inatividade dos ovários para um novo período, onde as ovulações se tornam regulares (ALMEIDA *et al.*, 2013).

Neste contexto, a função reprodutiva da fêmea é um processo fisiológico complexo, que envolve a interação do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadotrófico. Os hormônios mais relevantes nesse processo são os estrógenos, as gonadotrofinas e o hormônio liberador de gonadotrofinas, conhecido como GnRH (LAZARINI *et al.*, 2021).

À medida que a puberdade se aproxima, há um desenvolvimento do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal, o que provoca uma diminuição na sensibilidade do hipotálamo ao estrógeno, em decorrência da redução da quantidade de receptores disponíveis para esse hormônio (BRUNES *et al.*, 2018).

Após essa dessensibilização do hipotálamo em relação ao feedback negativo do estrógeno, ocorre a mudança desse feedback, agora tornando-se positivo. A elevação da resposta de feedback positivo ao estrógeno resulta no aumento das concentrações de GnRH, FSH e na frequência de pulsatilidade de LH, favorecendo um maior desenvolvimento dos folículos (ARANA, 2019).

A capacidade reprodutiva da vaca é caracterizada pela interação hormonal e retroalimentação, onde a concentração de um hormônio reprodutivo pode inibir ou estimular a secreção de outros hormônios, além de modificações na quantidade de receptores em certos tecidos e influências de fatores ambientais e de outros hormônios (ALMEIDA *et al.*, 2013).

Além dos elementos hormonais mencionados, vários outros aspectos, como saúde, hereditariedade e nutrição durante a gestação, podem impactar diretamente o início da puberdade (BARUSELLI *et al.*, 2019).

Os fatores que mais influenciam o eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal e o início da puberdade incluem: a utilização de hormônios externos, taxas elevadas de crescimento, a quantidade de gordura corporal, uma gestão nutricional adequada, a sazonalidade, a presença de machos e a genética. É fundamental ressaltar que as idades para a puberdade e o início do

primeiro estro podem apresentar grandes variações, influenciadas por fatores como a raça, a alimentação dos animais e a taxa de crescimento, e que a qualidade da nutrição está intimamente ligada ao momento da puberdade, sendo que uma alimentação melhorada pode precipitar seu surgimento (MAGI *et al.*, 2020).

A puberdade não é sinônimo de maturidade sexual. Mesmo que as fêmeas entrem na puberdade, elas só atingem a maturidade sexual após passarem por três ou quatro ciclos estrais completos e consecutivos, e só estão aptas ao chegarem na massa corporal adequada. Dessa forma, a puberdade inicia um processo de aumento gradual da fertilidade, de modo que a chance de concepção e a capacidade reprodutiva se elevam a cada ciclo estral que se sucede (BRUNES *et al.*, 2018). Desse modo, a taxa de reprodução entre novilhas cresce aproximadamente 21% desde a sua primeira ovulação até o terceiro ciclo de cio, evidenciando uma evolução na fertilidade (DAY; NOGUEIRA, 2013).

## 2.2 FATORES QUE INFLUENCIAM A PUBERDADE EM NOVILHAS

### 2.2.1 Genética e idade

A genética é vista como o fator primordial que afeta a idade da puberdade, evidenciando a disparidade de idade entre as raças *Bos indicus* e *Bos taurus* ao atingirem a maturidade sexual. No entanto, ressalta-se que em situações em que as condições são inadequadas, como nutrição deficiente e ambiente impróprio para a categoria, a manifestação do genótipo sofrerá impactos negativos. As novilhas híbridas atingem a puberdade em uma idade mais avançada se comparadas às novilhas das raças taurinas, mas antes em relação às zebuínas, ocorrendo aproximadamente aos 15 meses de idade (SILVA, 2022).

A idade ao primeiro parto (IPP) é um fator crucial para a efetividade reprodutiva das fêmeas. Novilhas que parem mais precocemente tendem a ter uma vida produtiva mais longa, enquanto aquelas que atingem a puberdade tardiamente apresentam menor desempenho reprodutivo. Estimativas de herdabilidade para a chance de uma prenhez precoce em fêmeas da raça Nelore variam, com estudos mais recentes mostrando valores que podem ser utilizados em programas de seleção. A herdabilidade para a IPP foi estimada em 0,30 a 0,46, indicando uma resposta positiva à seleção para esse parâmetro (LÔBO *et al.*, 2020).

A IPP também serve como um parâmetro de fertilidade e maturidade sexual, e o momento em que a novilha tem seu primeiro bezerro está intimamente ligado ao desempenho

produtivo do rebanho. A IPP contribui para a diminuição do intervalo entre gerações dos animais em crescimento, resultando, assim, em uma maior taxa de aproveitamento do rebanho (YOKOO, 2012).

Além disso, a composição genética, como o grau de sangue de taurinos e zebuínos, também influencia a idade da puberdade e a probabilidade de prenhez na primeira estação de monta. Novilhas com maior percentual de sangue taurino tendem a atingir a puberdade mais cedo e com maior taxa de fertilidade, em comparação com aquelas com maior componente zebuíno (MOTA *et al.*, 2014).

Estudos recentes ao analisarem fêmeas das raças *Bos taurus* x *Bos indicus* observaram uma maior porcentagem de novilhas taurinas atingindo a puberdade no início da estação de acasalamento (aproximadamente 90%) em comparação com cruzamentos (cerca de 70%). Além disso, as taxas de concepção após os primeiros 45 dias da estação foram significativamente maiores nas taurinas, com índices médios acima de 85% contra cerca de 70% nas cruzadas (ROCHA *et al.*, 2012).

O limite de idade para a puberdade é amplamente determinado pela composição genética da raça, com características específicas associadas a diferentes linhagens. A exemplo, uma pesquisa demonstrou que a raça e a genética desempenham um papel crucial na determinação da precocidade sexual e do potencial reprodutivo em bovinos jovens (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Para que o primeiro parto ocorra aos dois anos, é essencial adotar uma estratégia integrada que leve em conta a nutrição adequada, o manejo do peso ideal e a seleção genética para precocidade sexual. Esse objetivo ainda representa um desafio considerável para a pecuária brasileira, especialmente na região Centro-Oeste, onde sistemas extensivos predominam (RECH, 2016).

Raças de corte com maior potencial genético para a produção de leite tendem a atingir a puberdade em idade mais precoce em comparação às raças que produzem menos leite. Apesar das raças zebuínas apresentarem um início da puberdade mais tardio em relação às europeias, um manejo nutricional e sanitário apropriado, juntamente com hormonioterapia, pode diminuir a idade de puberdade para cerca de 18 a 20 meses (ALMEIDA *et al.*, 2013).

Assim, o aprimoramento genético voltado para atributos associados à fertilidade tende a ser um processo mais gradual em comparação com aqueles relacionados ao crescimento e à qualidade da carcaça. A taxa de concepção no primeiro acasalamento é outra variável

reprodutiva analisada para reconhecer novilhas com potencial genético em fertilidade (MOOREY; BIASE; AZEREDO, 2024).

Essa taxa indica novilhas que conseguem engravidar no primeiro acasalamento, distinguindo-as das que o fazem mais tarde na temporada de reprodução. No entanto, a herdabilidade da concepção no primeiro serviço entre novilhas é considerada baixa, com variação entre 0,03 e 0,18. Os sistemas de criação de gado de corte têm obtido vantagens significativas com a heterose, entretanto, há poucos estudos que investiguem o impacto da heterose na fertilidade das novilhas. Sabe-se, contudo, que o cruzamento afeta o peso mínimo necessário para o início da puberdade e da atividade reprodutiva (MOOREY; BIASE, 2020).

A puberdade em novilhas da raça *Bos taurus* X *Bos indicus* ocorre em uma idade mais avançada em comparação às novilhas da raça *Bos taurus* X *Bos taurus* (RODRIGUES *et al.*, 2002). Embora as novilhas de origem europeia atinjam a maturidade sexual mais rapidamente, as novilhas zebuínas demonstram uma maior longevidade reprodutiva em relação às *Bos taurus* var. *taurus* (CARDOSO; NOGUEIRA, 2007).

Na raça Nelore, é comum que a maioria das novilhas se torne pré-púbere após os dois anos de idade, possivelmente devido ao peso corporal reduzido, baixo nível de gordura e falta de seleção genética (ALVES; AZEREDO, 2024).

Dessa forma, é necessário considerar a influência genética na antecipação da idade da puberdade, uma vez que apenas melhorar a alimentação não será suficiente para acelerar esse processo. As novilhas têm um limite de idade para a puberdade que é determinado geneticamente pela raça a qual pertencem. Porém, embora as raças zebuínas apresentem um desenvolvimento mais lento em comparação às raças europeias, a implementação de uma nutrição adequada, combinada com intervenções hormonais, pode diminuir a idade de início da puberdade desses animais para um período entre 18 e 20 meses (ALMEIDA *et al.*, 2013).

Embora as novilhas possuam um potencial genético adequado para alcançar a ciclicidade precoce e estarem preparadas para a estação de reprodução, é essencial considerar também outros aspectos, como nutrição, saúde, bem-estar dos animais e manejo reprodutivo adequado. Isso se deve ao fato de que o ambiente exerce uma influência significativa na manifestação da puberdade, exigindo um comprometimento considerável para que todas as necessidades sejam atendidas e que os animais consigam obter o desempenho desejado (MARSON; FERRAZ, 2001).

O aumento dos índices de reprodução e da precocidade sexual desempenha um papel significativo na lucratividade e na eficácia dos sistemas de criação de bovinos para corte. Uma

abordagem para alcançar esse objetivo é incluir traços que sinalizem a precocidade sexual nos programas de seleção genética (BRUNES *et al.*, 2018).

Diversas características reprodutivas têm sido empregadas com o objetivo de melhorar o desempenho das fêmeas, incluindo a idade em que atingem a puberdade, a idade ao terem sua primeira cria, a taxa de prenhez entre novilhas, entre outras. Contudo, ainda não há um acordo sobre qual dessas características é a mais apropriada (SILVA *et al.*, 2005).

### 2.2.2 Nutrição

A nutrição desempenha um papel crucial no início da puberdade e é um dos principais elementos que influencia o êxito dos resultados produtivos. Isso ocorre porque a nutrição controla a resposta reprodutiva e afeta diretamente aspectos como a ocorrência do cio, o desenvolvimento dos folículos, a taxa de ovulação e a taxa de gestação, entre outros (AYRES *et al.*, 2014).

No contexto da reprodução de bovinos, a alimentação tem um impacto direto e significativo, especialmente em sistemas baseados em pastagens tropicais, como os predominantes no Brasil. As limitações químicas dos solos tropicais, como baixa matéria orgânica e deficiências minerais (ex.: fósforo, zinco e cobre), muitas vezes resultam em pastagens de qualidade inferior, prejudicando o desempenho reprodutivo do rebanho. Essa condição exige suplementação mineral e estratégias de manejo adequadas para melhorar a produtividade e garantir a saúde animal. Melhorias no manejo, como o planejamento da rotação de pastos e o ajuste na densidade animal, são essenciais para aumentar a eficiência da forrageira e da previsão reprodutiva dos bovinos em ambientes tropicais (MACHADO; PEREIRA, 2023).

Além disso, avanços na genética de forrageiras, como o desenvolvimento de cultivares mais resistentes e nutritivas (ex.: *Brachiaria* e *Panicum*), têm contribuído para mitigar os desafios apresentados pelas condições tropicais, promovendo maior produtividade e melhor desempenho reprodutivo dos rebanhos (MACHADO; PEREIRA, 2023).

O peso do animal desempenha um papel mais significativo do que a sua idade no início da puberdade, já que uma má gestão nutricional pode resultar no adiamento desse processo nas novilhas. Em contrapartida, um aumento na oferta de nutrientes impulsiona o crescimento e o desenvolvimento do animal, resultando na antecipação da puberdade. Além disso, a alocação

de nutrientes no corpo segue uma hierarquia de prioridades que está ligada às fases de produção e reprodução dos animais (NOGUEIRA *et al.*, 2004).

No que diz respeito aos aspectos ambientais, a alimentação é o principal condicionante da reprodução em bovinos, com a falta de energia e proteína sendo as principais responsáveis por complicações nessa área. As pastagens tropicais, que são comuns no Brasil, muitas vezes apresentam baixa qualidade devido à fertilidade limitada dos solos (ANUALPEC, 2023).

O sistema de recria de bovinos, predominantemente baseado na alimentação à pasto, frequentemente pode resultar em um retardo no crescimento e na idade de início da puberdade, uma vez que a limitação na dieta interfere na pulsatilidade do LH. A alimentação desempenha um papel significativo na definição da idade de puberdade, embora os mecanismos envolvidos ainda não estejam completamente esclarecidos. Vários estudos indicam que novilhas com diferentes taxas de ganho de peso apresentam variações na idade de puberdade, já que a maturidade sexual é codependente do peso do animal (MELLO *et al.*, 2016).

A alimentação adequada supre a demanda por substâncias que estimulam e se relacionam com os hormônios da puberdade. Entre essas substâncias, destacam-se a leptina, IGF-1, GABA, glutamato, neuropeptídeo Y, ativina e inibina. Recentemente, um novo peptídeo e seus receptores foram reconhecidos como potenciais reguladores fundamentais na ativação dos neurônios que produzem GnRH, sendo o kisspeptin e o receptor GPR54 os mais citados. Também é importante mencionar que 7 neurônios que liberam GnRH não apresentam receptores para o estradiol, o que leva à suposição de uma rede de comunicação entre os neurônios do hipotálamo e a influência de diversos hormônios mencionados, modulando assim essa resposta (CARDOSO *et al.*, 2007).

A leptina é uma proteína produzida pelas células de gordura (adipócitos) e desempenha um papel crucial na regulação da alimentação, no equilíbrio energético e na comunicação neuroendócrina. Entre suas funções mais significativas, destaca-se o papel de atuar como um indicador de saciedade para o hipotálamo, enviando dados sobre a condição nutricional do corpo (URBANO, 2017).

Em vacas que passam por limitação na alimentação, a produção de leptina cai significativamente, o que está associado a uma redução do ECC e a uma diminuição na liberação de LH. A leptina está conectada aos neurônios  $\beta$ -endorfina, que afetam os neurônios que produzem GnRH, além de atuar sobre os neuropeptídios Y, os quais regulam a sensação de saciedade (EMERICK *et al.*, 2009).

A glicose é o carboidrato empregado no metabolismo dos animais, servindo como a principal fonte de energia para o sistema nervoso central. Em situações de baixa disponibilidade de glicose, ocorre uma diminuição na liberação de GnRH pelo hipotálamo. Nos últimos anos, estudos revelaram que, além dos hormônios gonadotróficos, a insulina e o IGF-I (Fator de Crescimento Semelhante à Insulina-1) desempenham um papel significativo na fisiologia dos ovários (BERCHIELLI *et al.*, 2011).

A insulina desempenha um papel crucial na sinalização dos efeitos dos nutrientes na dinâmica dos folículos e, quando associada à glicose, promove a liberação de GnRH. Nos ovários, a insulina impulsiona a multiplicação celular e a síntese de hormônios esteroides. Portanto, a limitação da glicose, resultando na redução dos níveis de insulina, impacta a função da hipófise e do corpo lúteo (BERCHIELLI *et al.*, 2011).

Outro hormônio que desempenha um papel crucial na função reprodutiva é o IGF-I, cuja produção é regulada pela insulina e impactada pelo estado nutricional. Esse hormônio contribui para aumentar a sensibilidade dos folículos ao FSH e LH, além de influenciar o funcionamento do corpo lúteo. No entanto, a atuação desses mediadores metabólicos na regulação das funções ovarianas requer mais investigação (DAFTARY; GORE; ROSA, 2013).

Os lipídeos também desempenham uma função importante na regulação da reprodução, especialmente devido à influência dos ácidos graxos que compõem os hormônios. A pregnenolona atua como precursor da progesterona, sendo gerada pela degradação da cadeia lateral do colesterol, que é estimulada hormonalmente pelo LH, angiotensina II e hormônio adrenocorticotrófico (SOUSA, 2017).

Para otimizar a produção na pecuária de corte, é essencial que o produtor atente para a eficiência alimentar, aplicando métodos de seleção e aprimoramento genético, a fim de aumentar a rentabilidade do setor (ROSA *et al.*, 2013).

Portanto, a acumulação de reservas de energia no corpo é essencial para a fertilidade dos animais, o alcance da maturidade sexual e a eficácia reprodutiva dos grupos (SOUSA, 2017).

Dessa forma, a gestão da nutrição é vista como um fator crucial para a reprodução, uma vez que a carência de nutrientes impacta o crescimento dos órgãos reprodutivos e o funcionamento do sistema endócrino relacionado à reprodução. Dessa forma, a suplementação se revela uma estratégia vital para aprimorar a eficiência reprodutiva dos animais, promovendo a elevação dos níveis nutricionais (SOUTO *et al.*, 2009).



Uma pesquisa realizada para investigar como a gordura na alimentação e a raça do touro influenciam a puberdade em novilhas F1 que ainda não atingiram a maturidade, originárias de mães mestiças cruzadas com touros das raças Hereford, Limousin ou Piemontês (LAMMOGLIA, 2000). As novilhas foram fornecidas com uma dieta contendo 1,9% ou 4,4% de gordura, extraída de sementes de cártamo, sendo que essas sementes continham 37% de óleo, dos quais 79% eram ácidos linoleicos (ALMEIDA, 2013).

Pesquisas indicaram que novilhas cujas mães enfrentaram uma ingestão alimentar que limitou em até 60% suas necessidades básicas no primeiro trimestre de gestação apresentaram uma diminuição de 60% na quantidade de folículos antrais, em comparação com aquelas cujas mães tiveram acesso total à energia necessária durante o mesmo período. Assim, a nutrição materna durante a gravidez pode influenciar a contagem de folículos antrais nas novilhas (ALMEIDA *et al.*, 2013).

## 2.3 AS ESTRATÉGIAS QUE SÃO APLICADAS PARA ANTECIPAR A PUBERDADE EM NOVILHAS

### 2.3.1 Bioestimulação

O impacto da bioestimulação, também conhecido como efeito-touro, tem sido amplamente investigado como um meio de antecipar a idade em que novilhas atingem a puberdade. Este método envolve a presença de machos entre as fêmeas antes da temporada de acasalamento, com o intuito de estimular a atividade reprodutiva por meio da ativação do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal (QUADROS; LOBATO, 2004).

A bioestimulação é desencadeada por feromônios, estimulação genital ou outros estímulos sensoriais vindos de outros membros do grupo, especialmente potenciais parceiros sexuais, que ao serem detectados, provocam alterações em diversos processos fisiológicos e comportamentais, incluindo os relacionados à reprodução (ROBERSON *et al.*, 1991; ROSA *et al.*, 2013).

O órgão vomero-nasal é considerado um quimiorreceptor especializado na identificação do estro e na modulação da atividade sexual, devido a suas conexões nervosas com o hipotálamo, atuando como regulador dos efeitos dos feromônios sobre a função ovariana (REKWOT *et al.*, 2001; ROSA *et al.*, 2013).

As novilhas percebem a presença dos touros através dos feromônios, o que resulta na geração de pulsos que controlam a liberação de GnRH, transmitidos por neurônios até o hipotálamo, culminando na liberação de LH (ARANA, 2019).

Os feromônios podem provocar uma resposta comportamental imediata ou gerar mudanças fisiológicas, além de acelerar a puberdade ou induzir e sincronizar o estro (ALMEIDA *et al.*, 2013).

A bioestimulação é capaz de modificar o comportamento reprodutivo das novilhas de corte em sua primeira estação de monta. O experimento foi realizado 50 dias antes da estação de acasalamento, envolvendo 60 novilhas de dois anos (Hereford x Nelore), que foram divididas aleatoriamente em dois grupos: um grupo bioestimulado, com a presença de um rufião Jersey com desvio lateral de pênis, e outro que não recebeu estímulos (NE), que serviu como controle (QUADROS; LOBATO, 2004).

As taxas de novilhas cíclicas antes do início da estação de monta foram de 76,0% para as bioestimuladas e 56% para as do grupo NE. As taxas de prenhez após o término da estação de monta foram de 90,0% para as bioestimuladas e 73,0% para o grupo NE. Os autores concluíram que a bioestimulação, ao longo de um período de 50 dias, resultou em uma maior taxa de novilhas cíclicas antes do início da temporada reprodutiva, assim como uma maior taxa de prenhez (QUADROS; LOBATO, 2004).

Observou-se que a resposta das novilhas à presença do macho depende da idade e da condição corporal; as novilhas mais velhas conseguiram engravidar com mais facilidade, estando mais próximas da puberdade, enquanto as mais jovens, com menor desenvolvimento, possivelmente ainda apresentavam um "bloqueio" que impedia a plena atividade do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal, o que não poderia ser superado durante esse período (QUADROS; LOBATO, 2004).

Um possível mecanismo de ação dos feromônios é a diminuição da sensibilidade à retroalimentação negativa do estradiol na liberação de GnRH e LH. A presença de touros com novilhas antes do processo de puberdade pode influenciar a faixa etária em que estas atingem a puberdade, especialmente quando experimentam um ganho de peso moderado a elevado durante o processo de maturação sexual (ARANA, 2019).

Outra abordagem aplicada é a administração de urina de touro por via oro-nasal em novilhas que ainda não menstruaram. Um estudo revelou que 67% das novilhas que tiveram contato com a urina de touros (1 mL em cada narina e 1 mL na boca) atingiram a puberdade

mais precocemente em comparação com aquelas que não foram expostas, corroborando a ideia de que a urina de touro pode acelerar a puberdade através dos feromônios (ARANA, 2019).

Um outro trabalho concluiu que a bioestimulação nos 75 dias que antecederam a estação de monta antecipou a maturidade sexual. Entretanto, Rosa *et al.* (2013) não encontrou o mesmo impacto sobre a maturidade sexual de novilhas, embora tenha notado uma melhoria na taxa de concepção no primeiro acasalamento (ASSIS *et al.*, 2000)

### 2.3.2 Protocolos Hormonais

Com o objetivo de antecipar a idade da puberdade em novilhas, diversos protocolos têm sido aplicados. Essa abordagem visa aumentar a eficiência reprodutiva do rebanho ao reduzir a idade do primeiro parto. Estes protocolos podem envolver a utilização combinada ou isolada de hormônios como progesterona (P4), GnRH, gonadotrofinas coriônicas humanas (hCG), gonadotrofinas coriônicas equinas (eCG), E2 e prostaglandinas (PGF2 $\alpha$ ). O equilíbrio entre benefícios e custos deve ser vantajoso para o produtor e alinhado com a realidade do rebanho, pois o uso inadequado dessa técnica pode comprometer os custos de produção e prejudicar a relação entre investimentos e resultados, tornando o procedimento inviável (Pfeifer *et al.*, 2009).

Novilhas em estágio pré-púbere apresentaram ciclos estrais mais curtos, com luteólise precoce. Também foi observado que a taxa de fertilidade é maior no terceiro estro após o início da puberdade. Por conta desse processo fisiológico de maturação pós-puberdade, novilhas pré-púberes que entram na estação de monta enfrentam limitações em sua fertilidade (NOGUEIRA *et al.*, 2004). Portanto, é crucial que elas já estejam ciclando ao iniciar a estação de monta, o que pode aumentar a taxa de prenhez. A hormonioterapia tem proporcionado benefícios na sincronização e indução da puberdade em novilhas pré-púberes, sendo útil na utilização da primeira ovulação, que tem menor fertilidade, em programas de IATF, ou na antecipação da terceira ovulação, que apresenta maior taxa de fertilidade (MELLO *et al.*, 2016).

O êxito da hormonioterapia depende da raça, idade e peso das novilhas na hora da aplicação. A indução da puberdade está ligada ao peso corporal, com novilhas mais pesadas respondendo melhor ao tratamento. Um aspecto relevante relacionado à puberdade induzida por P4 é o impacto da dose e/ou do tempo de exposição ao progestágeno, especialmente em novilhas de origem zebuína. Doses elevadas ou períodos longos de exposição à P4 estão

associados a baixas taxas de prenhez, pois os zebuínos possuem uma menor taxa metabólica da P4 em comparação aos taurinos (AZEREDO *et al.*, 2007).

Segundo Sá Filho e Vasconcelos (2008), Em raças *Bos taurus indicus*, altas concentrações iniciais de P4 podem reduzir a secreção pulsátil de LH, o que diminui a produção de androstenediona pelas células da teca e afeta o crescimento folicular, resultando em uma menor secreção de estradiol pelas células da granulosa do folículo dominante e, consequentemente, impactando o processo ovulatório (SÁ FILHO, VASCONCELOS, 2008).

A administração de progestinas diminui o número de receptores de estradiol no hipotálamo, provocando, assim, uma diminuição na retroalimentação negativa do estradiol na secreção de GnRH. Isso leva a um aumento na liberação de LH, o que é o mecanismo que induz a puberdade em tratamentos com progestinas (DAY *et al.*, 1998).

No entanto, a liberação de LH durante o tratamento foi menor nas novilhas com três implantes, embora fosse maior que a do grupo controle 12 horas após a remoção dos dispositivos. Vários outros estudos também mostraram resultados positivos do norgestomet na indução da puberdade (ROSA *et al.*, 2013).

O uso do acetato de melengestrol (MGA), uma progestina de uso oral, também foi testado para a indução da puberdade. Sousa *et al.* (2017) aplicaram MGA por oito dias e observaram um aumento na frequência dos pulsos de LH durante o tratamento. Dez dias após o término da aplicação, todas as novilhas (n = 8) tornaram-se púberes, enquanto apenas quatro do grupo controle (n = 9) atingiram a puberdade. Da mesma maneira, Patterson et al. (Mello *et al.*, 2016) relataram que o tratamento com MGA por sete dias em novilhas *Bos taurus* e em cruzamentos de *Bos indicus* com *Bos taurus* pode induzir a puberdade. O uso de dispositivos intravaginais de P4 também foi analisado para a indução da puberdade.

O efeito do tratamento com um dispositivo intravaginal que continha 1,9 g de P4 por sete dias, associado ao benzoato de estradiol 24 a 30 horas após a remoção do dispositivo. Novilhas que receberam a combinação de P4 e benzoato de estradiol (BE) mostraram uma proporção maior de estro em comparação com as novilhas dos grupos tratados apenas com P4 e as controle (68,3% [n = 101] vs 44,1% [n = 102] vs 12% [n = 108], respectivamente) (SOUSA *et al.*, 2017).

O efeito do tratamento com um dispositivo intravaginal contendo 1,9 g de P4 por dez dias para induzir puberdade. A inclusão de BE no início ou cipionato de estradiol (ECP) no final do tratamento com P4 não resultou em melhora na indução em comparação às novilhas tratadas somente com P4. Contudo, em outro estudo, a adição de ECP ou BE no final do protocolo

melhorou as taxas de indução em relação às novilhas tratadas apenas com P4 (BARUSELLI *et al.*, 2009).

A combinação do tratamento com P4 à administração de prostaglandina (PGF2 $\alpha$ ) no ato da retirada dos dispositivos. As novilhas que receberam PGF2 $\alpha$  nesse momento apresentaram uma taxa de ovulação significativamente maior (73%; 8/11) do que as novilhas do grupo controle (7%; 1/14), enquanto as tratadas apenas com o dispositivo de P4 ficaram em uma posição intermediária (31%; 4/13) (PFIFER *et al.*, 2009).

De acordo com os autores, o aumento da sensibilidade da hipófise ao GnRH devido à aplicação de PGF2 $\alpha$  explicaria esses resultados. Recentemente, Claro Junior *et al.* (2009) examinaram o efeito de um dispositivo intravaginal com 1,9 g de P4 (CIDR) novo ou já utilizado por 27 dias (quarto uso) durante 12 dias, visando incentivar o estro e a prenhez em novilhas pré-púberes. As novilhas tratadas com CIDR apresentaram uma taxa de detecção de estro superior à das novilhas controle, e os parâmetros como diâmetro folicular, escore uterino na retirada do CIDR e taxa de concepção foram mais favoráveis nas novilhas submetidas ao CIDR de quarto uso em comparação às tratadas com o CIDR novo (PFIFER *et al.*, 2009).

Os estudiosos atribuíram esses resultados a uma menor concentração de P4 no CIDR de quarto uso, que pode ter estimulado a liberação de LH, resultando em maior crescimento folicular, elevação dos níveis de estradiol e um melhor escore uterino (PFIFER *et al.*, 2009).

Os protocolos para a indução da puberdade que utilizam progestágenos antes dos tratamentos de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) visam aumentar o número de novilhas que alcançam a puberdade e ficam prenhes após a inseminação (LIMA *et al.*, 2020). A administração de progesterona pré-reprodução elevou as taxas de prenhez em novilhas de corte nos estágios de peripuberdade ou pré-puberdade (MERCADANTE *et al.*, 2000).

Os progestágenos são substâncias com estrutura semelhante à progesterona (P4), podendo ser administrados oralmente (como o acetato de melengestrol - MGA), por meio de implantes subcutâneos de norgestomet (Crestar) ou através de dispositivos intravaginais com P4 (CIDR-DIB e PRID) (SILVA *et al.*, 2018).

Este mecanismo é fundamental para a indução da puberdade nos tratamentos envolvendo progestinas. Atualmente, a administração de progesterona exógena em novilhas é frequentemente realizada com a inserção de dispositivos intravaginais por um período de 10 a 12 dias, isoladamente ou em combinação com outros hormônios, como ésteres de estradiol, gonadotrofina coriônica equina (eCG), GnRH e seus análogos (SÁ FILHO; VASCONSELOS 2008).

O GnRH é liberado de maneira pulsátil pelo hipotálamo e atua em locais específicos da hipófise anterior, promovendo a liberação de FSH e LH, o que pode induzir a ovulação ou estimular a luteinização do folículo dominante presente no momento da aplicação (SOUSA, 2017).

Ésteres de estradiol, como o benzoato, cipionato ou valerato de estradiol, são amplamente usados para o controle do ciclo estral; quando aplicados sem a presença de P4, eles promovem a liberação de GnRH e LH, induzindo a ovulação do folículo dominante (D'aAVILA *et al.*, 2019; AZEREDO, 2024).

A gonadotrofina coriônica equina é um hormônio produzido pelos cálices endometriais de éguas gestantes, com efeito similar ao FSH e ao LH. O eCG contribui para o crescimento dos folículos, resultando em um folículo pré-ovulatório maior e, conseqüentemente, em um corpo lúteo ampliado (OLIVEIRA *et al.*, 2019).

Nas novilhas, o eCG estimula o crescimento dos folículos ovarianos de maneira dependente da dose, ajudando a evitar a atresia de certos folículos. A utilização de dispositivos intravaginais com progesterona de liberação controlada e GnRH em novilhas de corte não sexualmente maduras aumentou a ciclicidade e a fertilidade durante a IATF (BRAGANÇA, 2017).

A aplicação de dispositivos intravaginais de quarto uso em novilhas Nelore entre 16 e 18 meses, levando em conta o peso e o escore de condição corporal adequados e a qualidade da forragem, estimulou o estro, elevando as taxas de concepção (PEREIRA *et al.*, 2019).

Novilhas zebuínas têm um metabolismo de P4 mais lento em comparação com raças europeias; portanto, o uso de dispositivos intravaginais de quarto uso é recomendado para elas. Altas doses ou um longo período de exposição a P4 estão associados a taxas de prenhez reduzidas (SILVA *et al.*, 2018).

Novilhas pré-púberes que receberam um dispositivo intravaginal de P4 de quarto uso demonstraram uma pontuação uterina superior, maior diâmetro folicular e melhores taxas de concepção em comparação com aquelas que utilizaram um dispositivo de primeiro uso. Isso sugere que novilhas que utilizaram o dispositivo usado apresentaram concentrações mais baixas de progesterona, o que poderia explicar a elevação nas concentrações de LH (RODRIGUES *et al.* 2013).

Já o tratamento com dispositivos intravaginais por 7 dias, seguido da aplicação de benzoato de estradiol no dia seguinte à remoção do dispositivo, resultou na indução da puberdade em muitas novilhas peripuberais. Esse resultado apoia a hipótese de que a

administração de estradiol em novilhas peripuberais diminui o feedback negativo do estradiol no hipotálamo, provocando um aumento na liberação de GnRH. Também foi observada uma maior liberação de pulsos de LH durante o tratamento com progestágeno, promovendo o desenvolvimento do folículo dominante e resultando em uma produção maior de estradiol (SOUSA *et al.*, 2017).

A aplicação de eCG e/ou cipionato de estradiol (ECP) após 12 dias de exposição a P4, através de um dispositivo intravaginal em novilhas pré-púberes, resultou em uma indução de ovulação superior em comparação com o grupo controle (RODRIGUES *et al.* 2013). O emprego do eCG é considerado uma estratégia valiosa para intensificar o crescimento folicular e a ovulação, aumentando, assim, o tamanho do corpo lúteo. Outro esquema de tratamento com progestágenos, como o norgestomet, também demonstrou eficácia na indução da puberdade em novilhas (SOUZA *et al.*, 2017).

Além disso, observou-se que o tratamento com implante subcutâneo de 6 mg de norgestomet por 10 dias acelerou a puberdade em novilhas (Angus vs. Simental). Embora o crescimento folicular não tenha sido afetado pelo uso do progestágeno, houve um desenvolvimento uterino mais acentuado após a remoção do implante de progesterona. O aumento do desenvolvimento uterino foi significativo (ANDERSON, 1996; SOUSA, 2017).

### 3 CONCLUSÃO

O estudo acerca de abordagens genéticas e nutricionais pertinentes para a antecipação da puberdade em novilhas de corte durante as etapas de crescimento, visando antecipar a puberdade em novilhas, evidenciou a relevância de uma gestão integrada a demanda econômica e a marginalização de prejuízos. Essa estratégia é fundamental para melhorar o desempenho reprodutivo e aumentar os resultados financeiros na pecuária de corte e de leite.

A precocidade reprodutiva em novilhas revelou-se viável e efetiva com a implementação de intervenções adequadas, especialmente durante a fase de recria, associadas a uma seleção genética, nutrição e manejo técnico focados na precocidade sexual. Observou-se que a fisiologia de uma fêmea é diretamente ligada a gestão sanitária, fornecimento de dietas ricas em energia, incluindo a suplementação de nutrientes fundamentais para o crescimento dos tecidos reprodutivos, e a bioestimulação.

Uma boa gerência fisiológica do rebanho não apenas promove o amadurecimento sexual das novilhas, mas também contribui para a formação de uma condição corporal adequada para o início do ciclo reprodutivo, diminuindo o tempo de recria e, conseqüentemente, os gastos associados à criação.

Os achados também mostraram que a escolha genética para a precocidade sexual, apesar de ter um efeito mais gradual, tem uma influência significativa no desempenho reprodutivo do animal durante sua vida. A seleção de linhagens mais precoces, que costumam manifestar puberdade mais cedo, resulta em um rebanho com melhor eficiência reprodutiva, que reage de maneira mais vigorosa a estímulos nutricionais e hormonais.

A integração de táticas nutricionais revelou-se uma estratégia eficiente para aprimorar o crescimento das novilhas de forma harmoniosa, prevenindo questões como a obesidade em estágios iniciais ou o déficit no desenvolvimento de outros sistemas fundamentais para o saudável crescimento do animal.

Especificamente, a combinação de um manejo nutricional adequado com dietas equilibradas e um aprimoramento genético estratégico gera novilhas que alcançam a maturidade sexual mais rapidamente e exibem uma condição fisiológica que favorece uma alta taxa de concepção logo nas primeiras tentativas de inseminação.

Sob a perspectiva do emprego de hormônios para estimular a puberdade, a investigação mostrou que intervenções como a aplicação de progesterona podem promover a liberação de hormônios reprodutivos, como o hormônio luteinizante (LH), crucial para iniciar o primeiro



ciclo estral. No entanto, a aplicação de hormônios deve ser feita com rigor e acompanhada por uma base nutricional e genética adequada, a fim de assegurar que o desenvolvimento das novilhas ocorra de maneira saudável e sustentável, sem prejudicar o crescimento e o desempenho a longo prazo.

A adoção dessas estratégias integradas não apenas torna o sistema de produção mais eficaz, mas também favorece a sustentabilidade da pecuária. Diminuir o tempo para a inserção das novilhas no ciclo produtivo traz resultados positivos para o desempenho econômico, ao cortar os gastos com alimentação e manejo prolongado, além de elevar a produtividade do rebanho. A longo prazo, um rebanho que foi geneticamente aprimorado e bem alimentado apresenta maior resistência e habilidade para se adaptar a condições desfavoráveis, como mudanças climáticas e variações na disponibilidade de alimentos, tornando a pecuária mais sustentável e menos dependente de recursos externos.

Assim, esta investigação destaca a relevância de adotar uma perspectiva abrangente, que considere tanto as intervenções de manejo nutricional e hormonal quanto os avanços genéticos para antecipar a puberdade em novilhas. Ao harmonizar esses aspectos, os produtores podem estabelecer um sistema de produção que seja não só eficiente, mas também economicamente rentável, otimizando o potencial de produção do rebanho e favorecendo a evolução das práticas pecuárias no Brasil. Além disso, conclui-se que a implementação de políticas públicas e programas de fomento à pesquisa pode amplificar essas descobertas, facilitando o desenvolvimento de novas tecnologias e permitindo que os produtores acessem essas práticas, fortalecendo a competitividade e a sustentabilidade do setor agropecuário brasileiro.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, O. M.; *et al.* Endocrinologia da puberdade em fêmeas bovinas. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária** - Ano XI - Número 20 - janeiro de 2013. Disponível em: <http://faef.revista.inf.br/>. Acesso: 22 set.
- ANUALPEC - **Anuário da Pecuária Brasileira**, Instituto FNP, São Paulo, 2023.
- ARANA, D. G. **Comparação de critérios para predição da precocidade em novilhas nelores.** (Doutorado em Ciência Animal), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Araçatuba, São Paulo. 2019.
- ASSIS, R. R.; *et al.* Influência da bioestimulação com machos vasectomizados na eficiência reprodutiva de novilhas Aberdeen angus. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.6, n. 226, p. 226-231. set-dez, 2000.
- AZEREDO, L.C. **Fatores associados com a taxa de prenhez de novilhas taurinas submetidas à IATF**, 43f. 2024. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS, RS, Porto Alegre – RS, 2024.
- BARUSELLI, P. S.; *et al.* Evolução e perspectivas da inseminação artificial em bovinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 43, n. 2, p. 308-314, 2019.
- BERCHIELLI, T.T.; *et al.* Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds). **Nutrição de Ruminantes**. 2.ed. Jaboticabal: Funep, 2011. p.565-600.
- BOLIGON, A.A.; *et al.* Correlações genéticas entre medidas de perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas de fêmeas da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.565-571, 2007.
- BRAGANÇA, J. F. **Estratégias hormonais de indução/sincronização de estro em novilhas de corte entre 12 e 14 meses de idade**. 124p. 2017. Tese (Doutorado em Fisiopatologia da Reprodução). Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, RS. Santa Maria-RS, 2017.
- BRUNES, L. C.; *et al.* **Seleção genética para características de precocidade sexual em bovinos Nelore**. Embrapa Cerrados Planaltina, DF, 2018.
- CARDOSO, D.; NOGUEIRA, G. P. Mecanismos neuroendócrinos envolvidos na puberdade de novilhas. **Arquivo Ciência Veterinária Zoologia**, v. 10, n. 1, p. 59-67, 2007.
- CATUSSI, B. L. C.; *et al.* Influência da nutrição e seleção genética para puberdade na resposta reprodutiva de novilhas Nelore submetidas à IA em tempo fixo e recuperação de oócitos com fertilização in vitro, **Revista Ciência Pecuária**, v. 274, p. 257-264, 2023.
- DAY, M. L.; NOGUEIRA, G. P. Gestão da idade da puberdade em novilhas de corte para otimizar a eficiência da produção de carne. **Revista Animal Frontiers**, Oxford, v. 3, p. 6-11, 2013. Disponível em: <https://academic.oup.com/af/article/3/4/6/4638672?login=true>. Acesso em: 15 out. 2024.
- DIAS, H. R. S.; *et al.* Desenvolvimento reprodutivo de novilhas leiteiras em sistema integrado pecuária-floresta durante o verão, **Revista Reprodução Animal**, v. 20, n. 3. 2023.
- EMERICK, L. L.; *et al.* Aspectos relevantes sobre a puberdade em fêmeas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.33, n.1, p.11-9, 2009.

- FÁTIMA, L. A. **Análise diferencial da expressão gênica e proteica no corpo lúteo de bovinos submetidos a tratamentos de eCG**, 2012. 176f. (Tese de Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.
- FERNANDES, H. S.; *et al.* Influência da idade e do peso de novilhas Girolando no desenvolvimento uterino e ovariano, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, 2020
- FILHO, M. F. S.; *et al.* **Manejo reprodutivo em novilhas de corte: importância e fatores que influenciam a ciclicidade ao início da estação reprodutiva**. Tese (Doutorado em Reprodução Animal). FMVZ-USP, São Paulo SP, 2011.
- HALMOS, G., HALMOS, G., DOBOS, N., *et al.*, "Hypothalamic Releasing Hormones". [S.l: s.n.], 2020. . DOI: 10.1016/B978-0-12-813814-4.00003-1.
- HAFEZ, E. S. E; *et al.* Hormônios, Fatores de Crescimento e Reprodução. *In*: HAFEZ, E. S. E.; HAFEZ, B. **Reprodução Animal**. Kiawah Island, South Carolina, USA: Manole. p. 33-54, 2004.
- HUGHES, L. A.; SENGER, P. L. Fisiologia reprodutiva do gado. **Revista de Ciência de Laticínios**, v. 105, n. 3, p. 1107-1123, 2022.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Rebanho de Bovinos (bois e vacas) no Brasil, 2023.
- LAZARINI, I.S.; *et al.* Prenhez em novilhas Nelore induzidas à puberdade, criadas na Amazônia Oriental. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, [S. l.], v. 12, pág. 119012–22, 2021.
- LIMA, R. S. *et al.* Efeito de um protocolo de indução da puberdade baseado em progesterona injetável de ação prolongada no sucesso da prenhez de novilhas de corte atendidas por IATF. **Teriogenologia**, v. 154, p. 128-134, 2020.
- LÔBO, R. B. *et al.* Raças zebuínas brasileiras: Origem, conservação e melhoramento genético. **Saúde e Produção de Animais Tropicais**, v. 52, p. 113-122, 2020.
- MACHADO, J. C.; PEREIRA, J. F. **Pastagens tropicais**: opções de cultivo e os desafios no melhoramento das plantas. Anuário da Pecuária Brasileira - ANUALPEC 2023. São Paulo: Informa Economics FNP, 2023. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 26 nov. 2024
- MAGI, L. H. R.; *et al.* **Efeito de diferentes métodos de indução à puberdade sobre a resposta reprodutiva em novilhas nelore**. *Nativa*, Sinop, v. 8, n. 5, p. 658- 662, set./out, 2020.
- MAQUIVAR, M.G.; *et al.* Efeito da dextrose intrauterina no desempenho reprodutivo de vacas leiteiras lactantes diagnosticadas com corrimento vaginal purulento sob manejo orgânico certificado. **Revista de Ciência de Laticínios**, v. 98, p. 3876–3886, 2015. DOI: 10.3168/jds.2014-9081. 25828665.
- MOTA, L. F. M. *et al.* Utilização da conectabilidade em avaliações genéticas de bovinos de corte. **Boletim Técnico PPGZOO UFVJM**, v.2, n. 2, p. 55, 2014.
- MOOREY, S.E., BIASE, F.H. Beef heifer fertility: importance of management practices and technological advancements. **J Animal Sci Biotechnol.**, 11, 97 (2020).
- NICIURA, S. C. M. Anatomia e fisiologia da reprodução de fêmeas bovinas. *In*: **EMBRAPA PECUARIA SUDESTE**, 2008.
- NOGUEIRA, E.; NICACIO, A. C.; MENEZES, G. R. de O.; *et al.*: Protocolo Embrapa +Precoce P14: Estratégias recomendadas para reduzir a idade à reprodução e aumentar a taxa

de prenhez precoce em fêmeas bovinas de rebanhos comerciais e de seleção. **Comunicado Técnico n.168**. EMBRAPA. Brasília/DF, agosto 2023, 18p.

NOGUEIRA, G. P. Puberdade em bovinos *Bos Indicus* (zebu) da América do Sul. **Ciência da Reprodução Animal**. v. 82, n. 83, p.361-372, 2004.

OLIVEIRA, B. R.; *et al.* Validação de um sistema para monitoramento do comportamento individual de alimentação e ingestão de líquidos em bovinos jovens, **Revista Animal**, v.12, p.634-639, 2018.

OLIVEIRA, L.G.; *et al.* Associação da atividade da calpaína e da calpastatina com a degradação da proteína miofibrilar post-mortem e alterações do proteoma sarcoplasmático em Longissimus lumborum e Triceps brachii bovinos, **Revista Meat Ciencia**, v.155, p.50-60, 2019.

PANSANI, M. A.; BELTRAN, M. P. Anatomia e fisiologia do aparelho reprodutor de fêmeas bovinas. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**. n. 12, 2009.

PEREIRA, E.; *et al.* Correlação genética entre perímetro escrotal e algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1676–1683, 2019.

PFEIFER, L.F.M.; *et al.* Efeito da progesterona exógena e do cloprostenol no desenvolvimento folicular ovariano e na primeira ovulação em novilhas pré-púberes. **Teriogenologia**, v. 72, p. 1054-1064, 2009.

PIAU, T. B.; *et al.* Desempenho do fator de crescimento semelhante à insulina (IGF) na função ovariana e aplicações em biotecnologias reprodutivas, **Growth Hormone & IGF Research**, v. 72–73, outubro–dezembro de 2023.

PIRES, M. F. A.; VALADARES FILHO, S. C. Impacto de feromônios e estímulos sociais no desempenho reprodutivo em bovinos, **Revista Ciência Pecuária**, v.56, 104855, 2022.

QUADROS, S.A.F.; LOBATO, J.F.P. Bioestimulação e comportamento reprodutivo de novilhas de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 679-683, 2004.

RECH, A. F. Importância dos minerais para bovinos de corte criados à base de pasto no Planalto Sul Catarinense. Agropecuária Catarinense. Florianópolis, v.29, n.2, p.34-37, 2016. Disponível em: <<http://publicacoes.epagri.sc.gov.br/index.php/RAC/article/viewFile/55/1>>

REIS, J. F.; *et al.* Perfil sérico proteico de vacas Holandesas no período de transição. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 3, p. 587-595, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-8772>> DOI:10.1590/1678-4162-8772

RIBEIRO, E. S., GALVÃO, K. N., THATCHER, W. W., *et al.* Economic aspects of applying reproductive technologies to dairy herds. **Animal reproduction**, v. 9, n. 3, p. 370 – 387, 1 jan. 2012.

ROCHA, D.R. *et al.* Impacto do estresse térmico na reprodução da fêmea bovina. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.36, n.1, p.18-24, 2012.

RODRIGUES, A. D. P.; *et al.* Efeito do intervalo entre a indução da puberdade e o início de um protocolo de IA programada na taxa de regência em novilhas Nelore. **Teriogenologia**, Amsterdam, v. 82, n. 5, p. 760- 766, 2013.

RODRIGUES, H. D., KINDER, J. E., FITZPATRICK, L. A. "Estradiol Regulation of Luteinizing Hormone Secretion in Heifers of Two Breed Types That Reach Puberty at Different Ages", **Biology of Reproduction**, 1 mar. 2002. DOI: 10.1095/BIOLREPROD66.3.603.

ROSA, A. N.; *et al.* **Melhoramento genético aplicado em gado de corte** - Programa Geneplus-Embrapa. Embrapa Brasília, DF 2013.

- SANTIAGO, T. *et al.* Cadeia produtiva da bovinocultura de corte no município de Altamira, PA", 10 jun. 2019.
- SARTORI, R.; GUARDIEIRO, M.M. Fatores nutricionais associados à reprodução da fêmea bovina, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, jul. 2010.
- SÁ FILHO, O.G., VASCONCELOS, J.L.M. Regressão prematura do corpo lúteo em bovinos. **Revista Veterinária e Zootecnia**, v. 15, p. 220-233, 2008.
- SÁ FILHO, M. F. S.; *et al.* **Manejo reprodutivo em novilhas de corte: importância e fatores que influenciam a ciclicidade ao início da estação reprodutiva**. Tese (Doutorado em Reprodução Animal). FMVZ-USP, São Paulo SP, 2011.
- SEMMELMANN, C.E.N.; *et al.* Efeito de sistemas de alimentação no ganho de peso e desempenho reprodutivo de novilhas Nelore acasaladas aos 17-18 meses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.835-843, 2001.
- SILVA FILHO, A. H. S.; *et al.* Indução da puberdade em novilhas com uso da hormonioterapia. **Ciência Animal**, Ceará, p.83-89, 2007.
- SILVA, E. P. *et al.* Otimizando protocolos de IA programada para novilhas de corte Angus: comparação da indução da ovulação sincronizada com cipionato de estradiol ou GnRH. **Teriogenologia**, Los Altos, v. 121, p. 7-12, 2018.
- SILVA, M. E. R. **Efeito da indução de puberdade em novilhas de corte sobre a taxa de gestação ao final da estação de monta**. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Medicina Veterinária). Universidade Federal de Uberlândia. 2022.
- SOUSA, S. R. S. **Indução da ciclicidade com progesterona injetável em novilhas da raça Nelore**. 2017. 45f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2017.
- SOUTO, P. F. P.; *et al.* Avaliação da influência do escore de condição corporal sobre o status ovariano em vacas leiteiras na microrregião de Garanhuns. In: **Semana Nacional de Ciência e Tecnologia**, 2009, Recife. Anais JEPEX 2009, 2009.
- URBANO, S.; *et al.* Estratégias de alimentação de cordeiros durante o período de desmame pré-sistemas intensivos de produção de carne. **Tropical e subtropical Agroecossistemas**, v. 20, p. 49-63, 2017.
- VIEIRA-NETO, A.; *et al.* Efeitos individuais e combinados da anovulação e da endometrite citológica no desempenho reprodutivo de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Laticínios**, v. 97, p. 5415–5425, 2014. DOI: 10.3168/jds.2013-7725. 24996269.
- WEBB, R., NICHOLAS, B., GONG, J. G., *et al.* Mechanisms regulating follicular development and selection of the dominant follicle, **Genes**, v. 1, n. 40, 5 abr. 2019. DOI: 10.1530/BIOSCIPROCS.5.007.