

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**VANESSA DE LIMA**

**IDADE AO DESMAME E SUPLEMENTAÇÃO COM BIOCOLINA NO  
CRESCIMENTO PÓS DESMAME E DESENVOLVIMENTO REPRODUTIVO  
EM NOVILHAS DE CORTE**

CIP - Catalogação na  
Publicação

de Lima, Vanessa  
IDADE AO DESMAME E SUPLEMENTAÇÃO COM BIOCOLINA NO  
CRESCIMENTO PÓS DESMAME E DESENVOLVIMENTO REPRODUTIVO  
EM NOVILHAS DE CORTE / Vanessa de Lima. -- 2021.  
63 f.  
Orientador: Julio Otavio Jardim Barcellos.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Idade ao desmame. 2. Biocolina. I. Otavio Jardim  
Barcellos, Julio, orient. II. Título.

Vanessa de Lima  
Médica Veterinária

## DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### **MESTRE EM ZOOTECNIA**

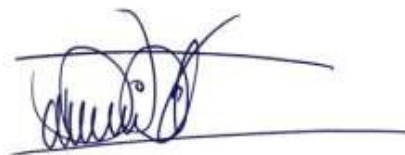
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovada em: 17.03.21  
Pela Banca Examinadora

Homologado em: **07/04/2021**  
Por



JÚLIO OTÁVIO JARDIM BARCELLOS  
PPG Zootecnia/UFRGS  
Orientador



DANILO PEDRO STREIT JR.  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia



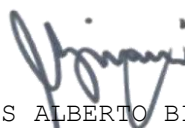
Gilson Antonio Pessoa  
UFSM



Gabriel Ribas Pereira  
UFRGS



Graciela Quintans Ilaria  
INIA Uruguay



CARLOS ALBERTO BISSANI  
Diretor da Faculdade de Agronomia

**Porto Alegre/RS- Março, 2021**

**VANESSA DE LIMA**

**IDADE AO DESMAME E SUPLEMENTAÇÃO COM BIOCOLINA NO  
CRESCIMENTO POS DESMAME E DESENVOLVIMENTO REPRODUTIVO  
EM NOVILHAS DE CORTE**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Zootecnia, na Faculdade de Agronomia, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**Orientador:** Prof. Dr. Júlio Otávio Jardim Barcellos

## AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus por me conceder saúde e sabedoria para seguir sempre em frente. À minha família pelo apoio e incentivo em todos os momentos da minha vida. Ao Prof. Júlio Barcellos, meu orientador, por acreditar e investir seu tempo na minha formação. Sem sua orientação, apoio, confiança e amizade, em todo caminho percorrido até aqui, nada disso seria possível, muito obrigada por tudo!

Aos demais colegas do Núcleo de Estudos em Sistemas de Produção de Bovinos de Corte e Cadeia Produtiva (NESPro), que auxiliaram nas infinitas atribuições do experimento, em especial à Tamara, Marcela, Júlia, Helena e Vanessa, que não mediram esforços para que a coleta de dados fosse realizada. Ao apoio recebido da direção da Estação Experimental da UFRGS, representada pelo Prof. Dr. Rafael Dionello, juntamente com sua equipe, que nos receberam e abriram as portas para que o experimento fosse realizado com excelência.

Aos órgãos de fomento à pesquisa, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do RS (FAPERGS) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), os quais financiaram o nosso projeto de pesquisa, e este último pela concessão da bolsa de mestrado. As empresas Puro Trato e Nutriquest, nossas parceiras neste experimento.

A presente dissertação de mestrado não poderia chegar a bom porto sem o apoio de várias pessoas que não foram mencionadas, mas elas sabem que ajudaram a construir este trabalho, seja por meio de uma palavra, de um gesto carinhoso ou através de pensamentos positivos. Por isso, a minha gratidão será eterna a todos que me incentivaram e nos pequenos detalhes me auxiliaram a chegar até aqui.

Muito obrigada!

# IDADE AO DESMAME E SUPLEMENTAÇÃO COM BIOCOLINA NO CRESCIMENTO POS DESMAME E DESENVOLVIMENTO REPRODUTIVO EM NOVILHAS DE CORTE<sup>1</sup>

Autora: Vanessa de Lima

Orientador: Júlio Otávio Jardim Barcellos

## RESUMO

Este experimento foi conduzido para determinar o efeito do desmame precoce e da suplementação com biocolina na idade de puberdade de novilhas Brangus. Os bezerros Brangus foram randomizados e divididos em três grupos com idades de desmame: 30 (desmame hiperprecoce; HW), 75 (desmame precoce; EW) e 180 dias (desmame convencional; CW). Em seguida, os bezerros foram suplementados com o aditivo Biocolina (BIO) ou não (CON). Os animais foram submetidos à indução da puberdade e a presença de estro foi observada por 7 dias. Além disso, ultrassonografia transretal foi realizada para avaliar a atividade ovariana e a presença de corpo lúteo para determinar a puberdade da novilha. Avaliamos também o peso corporal (BW; Kg), altura de garupa (HH; cm), perímetro torácico (TP; cm) e a relação BW: HH durante o período experimental. O grupo BIO apresentou maior GMD ( $> 226\text{g} / \text{dia}$ ) quando os animais foram expostos a pastagem de azevém em comparação com CON ( $P < 0,05$ ). Observou-se uma interação entre desmame x biocolina na variável altura de garupa e as novilhas CW-BIO apresentaram maior HH mais em comparação com CW-CON ( $P < 0,05$ ). No geral, os animais que atingiram a puberdade no 8º dia após a indução da puberdade apresentaram  $331,0 \pm 23,14\text{kg}$  BW,  $122,0 \pm 2,58\text{cm}$  HH e  $165,4 \pm 3,45\text{cm}$  TP e  $2,7 \pm 0,14$  BW: HH. No momento da detecção da ovulação, as novilhas do grupo HW apresentavam  $32,1\text{kg}$  de BW,  $3,93\text{cm}$  de HH e  $0,18\text{cm}$  de BW: HH maior em relação ao CW ( $P < 0,05$ ). A suplementação de BIO em conjunto com a pastagem de azevém proporcionou aumento no peso do GMD ao longo do período avaliado. Concluímos que as novilhas HW apresentaram um desenvolvimento corporal adequado durante todo o período experimental até o aparecimento da puberdade, na mesma idade dos demais grupos desmamados.

**Palavras-chave:** Puberdade, Idade ao desmama, Suplementação Vitamínica, Novilhas de corte;

<sup>1</sup>Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (65p.) março, 2021.

## WEANING AGE AND BIOCHOLINE SUPPLEMENTATION TO POST-WEANING GROWTH AND REPRODUCTIVE DEVELOPMENT IN BEEF HEIFERS<sup>1</sup>

Author: Vanessa de Lima

Advisor: PhD, Júlio Otávio Jardim Barcellos

### ABSTRACT

This experiment was conducted to determine the effect of earlier weaning in addition to biocholine supplementation on age at puberty of Brangus heifers. Brangus calves were randomized and divided into three weaning ages groups, at 30 (Hyper-early weaning; HW), 75 (Early weaning; EW) and 180 days (Conventional weaning; CW). Then, calves were supplemented using the additive Biocholine (BIO) or not (CON). Animals were subjected to puberty induction and the presence of estrus was observed for 7 days. In addition, transrectal ultrasonography was performed to assess the ovarian activity and the presence of corpus luteum to determine heifer puberty. We also evaluated the body weight (BW; Kg), hip height (HH; cm), thoracic perimeter (TP; cm) and BW:HH ratio during the experimental period. BIO group showed higher ADG (>226g/day) when the animals were exposed to ryegrass pasture compared to CON ( $P<0.05$ ). We observed an interaction between weaning x biocholine and CW-BIO heifers showed greater HH more compared to CW-CON ( $P<0.05$ ). Overall, animals that have reached puberty at day 8 after puberty induction showed  $331.0\pm 23.14$ kg BW,  $122.0\pm 2.58$ cm HH and  $165.4\pm 3.45$ cm TP and  $2.7\pm 0.14$  BW:HH. At the time of ovulation detection, the heifers from the HW group had 32.1kg BW, 3.93cm HH and 0.18cm BW:HH greater compared to CW ( $P<0.05$ ). The BIO supplementation together with ryegrass pasture, led to an increase in ADG weight throughout the evaluated period. We concluded that HW heifers showed an adequate body development throughout the experimental period until puberty appearance at the same age as others weaned groups.

**Keywords:** Puberty; Weaning age; Vitamin supplementation; Beef heifers.

<sup>1</sup>Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil (65p.). March, 2021.

## LISTA DE FIGURAS

### CÁPITULO I

**Figura 1.** Alterações endócrinas e fisiológicas durante o período pré-pubere até a puberdade. Os sinais positivos (+) e negativos (-) representam o feedback do estradiol sobre o LH, bem como a largura das setas representam o grau relativo deste feedback. **Fonte:** Adaptado de Ferraz et al. (2014)..... 16

**Figura 2.** Rotas metabólicas da colina. Fonte: Adaptado de Zeisel e Costa (2009)..... 26

### CAPÍTULO II

**Fig. 1** - Summary of the experimental design study during the pre-experimental period on hyper-early weaning (HW), early weaning (EW) and conventional weaning (CW)..... 35

**Fig. 2** - Heifers submitted or not to biocholine (BIO) treatment according to weaning ages and feed management of heifers during the experimental period. .... 36

**Fig. 3** - Body weight assessment of calves subjected to different weaning treatments (A) and supplemented to BIO and CON groups (B) during the experimental period. HW: Hyper early weaning; EW: Early weaning; CW: Conventional weaning; CON: animals did not receive biocholine; BIO: animals received biocholine..... 39

**Fig. 4** - Heifers hip height means from different weaning groups subjected to treatment with or without BIO at the end of the experimental period for 150 days. .... 41



## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

**Tabela 1.** Taxas de ganho médio diário (GMD) de peso e idade a puberdade.21

### CAPÍTULO II

**Table 1.** Pasture and diet composition provided to calves during the experimental period.....36

**Table 2.** Growth trait parameters of animals in the different groups at the beginning of the experiment at 8 months of age.....39

**Table 3.** Average daily gain (AGD; Kg/d) weight of animals in the different groups during the experiment period.....39

**Table 4.** Growth trait parameters, BW and age at puberty from animals in different weaning groups and biocholine treatments at the time of puberty appearance.41

## SUMÁRIO

CAPÍTULO I .....	11
1. INTRODUÇÃO .....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	14
2.1 Puberdade.....	14
2.1.1 Mecanismos endócrinos da puberdade .....	15
2.2. Fatores que influenciam a idade à puberdade .....	17
2.2.1. Idade ao desmame .....	17
2.2.2 Peso corporal e ganho de peso diário .....	19
2.2.3. Altura de garupa e circunferência torácica.....	21
2.2.4 Desenvolvimento do trato reprodutivo .....	22
2.3 A indução hormonal da puberdade .....	22
2.4 O uso de aditivos na suplementação pós-desmame.....	24
2.4.1. Colina, nutriente associado as vitaminas do complexo B .....	25
2.4.2 Uso da colina em ruminantes .....	27
2.4.3 Biocolina .....	28
3. HIPÓTESES.....	29
4. OBJETIVO GERAL.....	29
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	29
CAPÍTULO II .....	30
The influence of weaning age and biocholine supplementation to post-weaning growth and reproductive development in Brangus heifers.....	31
Abstract.....	31
Introduction .....	32
Material and methods.....	33
<i>Animals and experimental design</i> .....	33
<i>Experimental period and nutritional management</i> .....	35
<i>Evaluation of growth traits and reproductive parameters</i> .....	37

	13
<i>Statistical analyses</i> .....	38
Results .....	38
Discussion.....	42
Statement of Animal Rights.....	46
References.....	47
CAPÍTULO III .....	52
CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	53
REFERÊNCIAS .....	54
VITA .....	64

## CAPÍTULO I

## 1.INTRODUÇÃO

A idade das novilhas ao primeiro acasalamento, dentro de um sistema de cria, é de extrema importância para a viabilidade econômica. Fêmeas que têm seu primeiro parto precocemente desmamam mais quilos de bezerros durante sua vida útil e tendem a realizar os partos sucessivos no início da estação de parição (PATTERSON et al., 1992; DAY; NOGUEIRA, 2013; BARCELLOS et al., 2019).

Novilhas que atingem a puberdade precocemente e ovulam várias vezes antes do acasalamento, aumentam a probabilidade de prenhez ao primeiro serviço (GASSER et al., 2006a). Assim, as técnicas de manejo que maximizam a frequência de novilhas púberes, antes do acasalamento, são fundamentais para a eficiência reprodutiva. Portanto, o surgimento da puberdade é o ponto crítico no desenvolvimento de estratégias para aumentar a eficiência dos sistemas de produção de bezerros (BARCELLOS et al., 2014; CARDOSO et al., 2014a).

A idade à puberdade sofre influência de diversos fatores, como a taxa de crescimento, idade, genótipo e principalmente o peso (GASSER et al., 2006b). Para dar início à fase reprodutiva, novilhas devem atingir o mínimo de 60-65% do peso adulto (GREGORY et al. 1922), conseqüentemente, o maior peso ao desmame aumenta a possibilidade de a fêmea atingir a puberdade precoce (WILTBANK et al. 1966), assim como, o maior ganho de peso pós desmame proporciona a puberdade em menor idade (ALLEN et al., 2017).

O desmame precoce não afeta o desenvolvimento corporal quando os bezerros são alimentados em níveis nutricionais adequados (RESTLE et al., 1999; BLANCO et al., 2009; GOTTSCHAL, 2009). Em situações de desmame precoce, em idade inferior aos 90 dias, se faz necessária a suplementação alimentar na fase pré-desmama (DAY & ANDERSON, 1998), o que pode proporcionar maior ganho de peso até o desmame, maior peso à desmama e a puberdade precoce (300 dias de idade) (DAY & ANDERSON, 1998; GASSER et al. 2006b).

Vários aditivos na suplementação têm possibilitado o aumento do ganho de peso pós-desmame e induzido respostas positivas no crescimento e na

eficiência alimentar (HERSON et al. 2015; VENDRAMINI et al. 2018, SALAZAR et al. 2019). As vitaminas são aditivos que realizam efeitos benéficos no sistema imune, reduzindo o estresse oxidativo, aumentando a atividade fagocítica e bactericida dos fagócitos bovinos e melhorando o desempenho geral do animal (DUFF & GALYEAN, 2007). Associado as vitaminas B, a colina é um nutriente (ZEISEL & COSTA, 2009) solúvel em água (HOLLENBACK, 2012; BISWAS & GIRI, 2015) que tem demonstrado efeitos benéficos em ruminantes (BINDEL et al. 2000; COOKE et al. 2007; GODINEZ-CRUZ et al. 2015; MENDOZA et al. 2020).

A fosfatidilcolina representa a maioria, 95%, do que a colina sintetiza. Este fosfolípido é a principal molécula presente na estrutura das membranas biológicas, principalmente as mitocondriais, e tem o potencial de afetar sua estrutura e reduzir a produção de ATP (FARINA et al. 2017), o que também pode interferir no catabolismo de gorduras ácidos, principalmente pela via de beta-oxidação (CORBIN & ZEISEL, 2012). Com papel fundamental no metabolismo lipídico do fígado, a fosfatidilcolina sintetiza e exporta triglicerídeos com lipoproteínas de baixa densidade (RODRÍGUEZ-GUERRERO et al. 2018). Ela também facilita a formação de micelas mistas menos tóxicas no intestino de ratos (BARRIOS & LICHTENBERGER 2000), no entanto, em cordeiros pode influenciar os mecanismos das vias de crescimento bacteriano, facilitando a absorção de nutrientes no rúmen (LEAL et al. 2021).

Apesar dos resultados positivos, o cloreto de colina é facilmente degradado no rúmen, resultando em baixa biodisponibilidade para absorção intestinal (BALDI & PINOTTI. 2006). A biocolina (BIO) surgiu como um produto alternativo para esse problema, é um composto de extrato vegetal e tem papel protetor contra a degradação ruminal (LEAL et al. 2021). Recentemente, a adição de BIO aos quatro meses de idade em cordeiros demonstrou um grande potencial de aditivo alimentar para cordeiros em crescimento (LEAL et al. 2021).

Contudo, as avaliações dos efeitos da suplementação com BIO e do desmame hiperprecoce, 30 dias, são escassas em novilhas de corte. Informações limitadas estão disponíveis sobre os impactos da suplementação de BIO e do desmame hiperprecoce, durante o crescimento da novilha e desenvolvimento reprodutivo. Portanto, este estudo enfatiza o crescimento corporal e os parâmetros reprodutivos de novilhas mestiças de corte submetidas

ao desmame hiperprecoce, precoce e convencional associado à adição ou não de suplementação de BIO.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Puberdade**

A idade ao primeiro acasalamento é de extrema importância para a produtividade de um sistema de cria. Fêmeas que têm seu primeiro parto mais cedo tendem a parirem sucessivamente também mais cedo e desmamam mais quilos de bezerros durante sua vida (PATTERSON et al., 1992; DAY & NOGUEIRA, 2013; BARCELLOS et al., 2019).

A idade ao primeiro acasalamento influencia na composição do rebanho, que também está ligada a produtividade do sistema. Quando a idade de fêmeas em recria é reduzida, tem-se o aumento da vida produtiva da vaca e o retorno mais rápido do investimento (DAY & NOGUEIRA, 2013). Fêmeas que têm seu primeiro parto precocemente tendem a realizar os partos sucessivos também no início da estação de parição e desmamam mais quilos de bezerros durante sua vida (PATTERSON et al., 1992; DAY & NOGUEIRA, 2013; BARCELLOS et al., 2019). Contudo, isso implica no uso de estratégias para melhor manipulação no crescimento das novilhas visando atingir sua maturação sexual antecipada (BARCELLOS et al., 2019).

Portanto, para reduzir a idade ao primeiro acasalamento é necessário adiantar a puberdade das novilhas. A puberdade é um parâmetro que expressa uma fase do desenvolvimento, demarcada pelo estabelecimento da atividade ovariana, acompanhada de ovulação (BARCELLOS et al., 2014; PERRY, 2016).

Como frequentemente, nos primeiros ciclos estrais da bezerra há regressão prematura do corpo lúteo (VRISMAN et al., 2017), é essencial que elas atinjam a puberdade e realizem mais de um ciclo estral antes da estação de monta para obter maior probabilidade de engravidarem no primeiro serviço (GASSER et al., 2006a). Diante desta realidade, fica clara a importância de observar os elementos que influenciam a manifestação da puberdade, além de desenvolver estratégias para antecipar este evento em busca de maior eficiência reprodutiva e produtividade da pecuária de cria.

### 2.1.1 Mecanismos endócrinos da puberdade

A atividade ovariana é controlada pelo eixo hipotálamo-hipófise. O hipotálamo é responsável pela secreção pulsátil do hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) que estimula a liberação de hormônios gonadotróficos como o hormônio luteinizante (LH) e o hormônio folículo estimulante (FSH) pela hipófise anterior (CUNNINGHAM, 2004). Nas fêmeas bovinas, estes dois últimos hormônios são liberados a partir dos quatro meses de idade, porém, em quantidades e frequência insuficientes para o desenvolvimento e ovulação folicular (BARCELLOS et al., 2003). A secreção de GnRH em quantidade suficiente para liberar FSH e LH depende de vários sinais metabólicos (CARDOSO et al., 2014b), que serão elucidados a seguir.

Com 15 dias de idade fêmeas bovinas já possuem folículos ovarianos (HONARAMOOZ et al., 2004) e estas estruturas secretam estradiol (GASSER et al., 2006a). O estradiol produzido exerce feedback negativo no hipotálamo e limita a secreção de GnRH. Por este motivo, a puberdade pode ser precedida de vários ciclos estrais curtos não acompanhados de ovulação (PIRES, 2010).

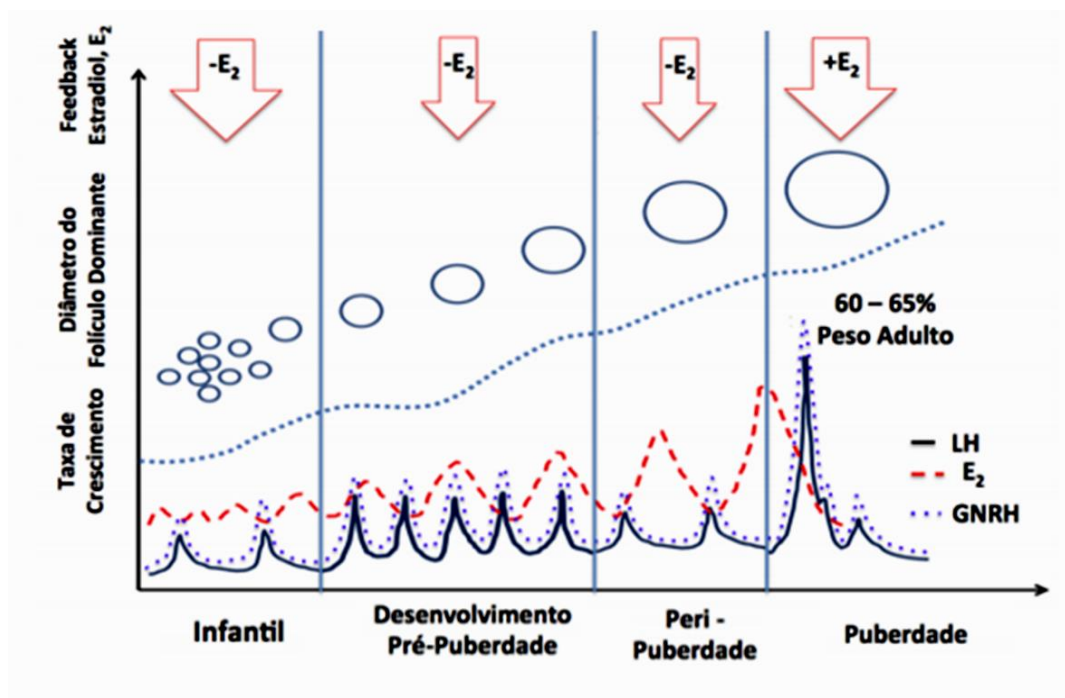
Durante o período que antecede a puberdade a sensibilidade do hipotálamo ao feedback negativo do estradiol reduz, aumentando a secreção do GnRH. Como consequência, também ocorre aumento de secreção de FSH e os folículos crescem (BERGFELD et al., 1994), aumentando a secreção de estradiol. A primeira onda folicular é estabelecida quando ao menos um folículo atinge 4mm (SCARAMUZZI et al., 2011; BERGFELD et al., 1994).

Nessa fase, o estradiol faz uma retroalimentação positiva, e a concentração deste hormônio deve atingir níveis suficientes para ativar o primeiro surto pré-ovulatório de LH (DAY et al., 1987). A secreção de LH tem um aumento constante conforme a puberdade se aproxima (BERGFELD et al., 1994), período conhecido como peripuberdade (Figura 1) (PIRES, 2010).

O LH é responsável pelo crescimento final do folículo dominante e considerado fator essencial para que a novilha se torne púbere (PIRES, 2010). A dominância de um folículo é estabelecida quando ele atinge em média 8,5mm e a partir deste momento, os demais folículos têm seu crescimento interrompido e começam a regredir (DISKIN et al., 2003). Novilhas pré-puberes contém pelo menos um folículo com no mínimo 7mm de diâmetro 100 dias antes da ovulação



(BERGFELD et al., 1994). Folículos que não atingem diâmetro maior do que 9mm tem menos do que 20% de perspectiva de ovulação (DISKIN et al., 2003).



**Figura 1.** Alterações endócrinas e fisiológicas durante o período pré-pubere até a puberdade. Os sinais positivos (+) e negativos (-) representam o feedback do estradiol sobre o LH, bem como a largura das setas representam o grau relativo deste feedback. **Fonte:** Adaptado de Ferraz et al. (2014).

Quando a ovulação ocorre, há a formação do corpo lúteo (CL), estrutura formada pelo rompimento folicular pelo colapso de suas paredes. Com este fenômeno, as células foliculares que secretavam estrógeno passam a produzir progesterona (CUNNINGHAM, 2004). A concentração sérica de progesterona é um indicador utilizado para estimar o primeiro ciclo estral normal, definindo a idade a puberdade com a primeira ovulação (DONALDSON et al., 1970; DAY et al., 1987; CARDOSO et al., 2014a). A concentração sérica deste hormônio para demarcar a puberdade deve ser superior a 1ng/ml por pelo menos duas amostras consecutivas ou uma amostra acima de 2ng/ml (DAY et al., 1984).

A puberdade depende de vários eventos neuroendócrinos (DAY et al., 1984; DAY et al., 1987; CARDOSO et al., 2014a) que podem sofrer influência de diversos fatores como a idade ao desmame, nutrição, peso, ganho médio diário de peso (GASSER et al., 2006b) e estrutura corporal (BARCELLOS et al., 2003;

PEREIRA et al., 2017). Algumas variáveis que podem interferir nestes eventos serão revisadas a seguir para melhor compreensão deste estudo.

## **2.2. Fatores que influenciam a idade à puberdade**

### **2.2.1. Idade ao desmame**

O desmame consiste na separação das matrizes dos seus filhos e vários protocolos são utilizados objetivando o favorecimento da vaca sem o prejuízo dos bezerros. O desmame convencional é realizado aos 180 a 210 dias pós-parto, este manejo é utilizado quando o rebanho possui alto nível nutricional (GOTTSCHAL, 2009). Estratégias de desmame precoce, aos 60 a 90 dias de idade, e hiperprecoce, aos 25 a 44 dias (CONTI et al., 2007), são utilizadas como ferramenta para priorizar a condição corporal das matrizes, através da redução da demanda energética para produção de leite, para garantir um bom índice reprodutivo no rebanho (ROVIRA, 1996; CONTI et al., 2007; GOTTSCHAL, 2009; ARTHINGTON & VENDRAMINI, 201).

As vacas possuem maior demanda nutricional na fase de aleitamento (NCR, 1996) e este fator associado a sistemas de cria com baixa oferta forrageira, com queda do nível nutricional, retarda o reinício da atividade ovariana resultando em maior intervalo entre partos (CONTI et al., 2007; RASBY & FUNSTON, 2016). Assim, a aplicação de tecnologias como o desmame precoce e hiperprecoce se faz necessária em sistemas em que a oferta de nutrientes não atende a exigência da matriz neste período (ARTHINGTON & KALMBACHER, 2003).

O leite é um alimento que atende as exigências de manutenção de energia líquida dos bezerros apenas até o quarto mês de idade (PIMENTEL et al., 2006). Conseqüentemente, por mais que o bezerro permaneça mamando após os quatro meses, é necessária outra fonte de nutriente para garantir bom desenvolvimento. Portanto, métodos de desmame não convencionais devem ser realizados quando há outra maneira de suprir a demanda energética dos bezerros com alimentos de boa palatabilidade (GALLI et al., 2005)

A idade ao desmame pode influenciar no temperamento, crescimento, ingestão e eficiência dos bezerros (BLANCO et al., 2009). Mas, aparentemente o desempenho de bezerros desmamados precocemente não é influenciado

quando estes animais recebem dieta com níveis nutricionais adequados (BLANCO et al., 2009; RESTLE et al., 1999).

O processo de desmame é um fator estressante para o bezerro e pode afetar a resposta fisiológica quando os mesmos são expostos a estressores no decorrer da vida (BLANCO et al., 2009). A percepção do estresse pelo animal é regulada por suas experiências prévias (MOBERG, 2000). Assim, os efeitos da desmama precoce podem influenciar os eventos da vida adulta. Arthington et al. (2005) avaliaram a concentração sérica de proteínas de fase aguda no transporte de bezerros desmamados em diferentes idades e demonstraram que os animais desmamados precocemente exibiram menor concentração sérica dessas proteínas quando expostos a fatores estressantes, sugerindo que quando a separação da mãe ocorre em menor idade, há melhor adaptação e menor expressão de estresse nos animais.

A ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal por fatores como gestação, parto, doenças metabólicas e estresse parece ser o gatilho para a produção de citocinas inflamatórias (MURATA, 2004). Estas citocinas estimulam os hepatócitos a produzirem proteínas de fase aguda, ou seja, a concentração sérica de proteínas de fase aguda aumenta em situações de estresse.

O estresse pode ocasionar uma variedade de manifestações fisiológicas, como a supressão do sistema imune aumentando a susceptibilidade do animal a enfermidades (DUFF & GALYEAN, 2006). Este estado também pode afetar o crescimento, tendo em vista que dentre as citocinas inflamatórias produzidas por estímulos estressores está a interleucina 6 (IL-6). A IL-6 possui efeito direto no crescimento animal pelo aumento do metabolismo fazendo com que os aminoácidos liberados dos tecidos corporais sejam incorporados às proteínas de fase aguda do fígado inibindo o crescimento (ARTHINGTON et al., 2005).

O contato com fatores estressantes logo no início da vida pode afetar a maneira a percepção do estresse (BLANCO et al., 2009), o que pode ser evidenciado pela menor reação de estresse de bezerros desmamados precocemente, menor correlação do efeito negativo das proteínas de fase aguda no ganho de peso (ARTHINGTON et al., 2005) assim como, melhor desempenho de bezerros desmamados precocemente em alguns estudos (MYERS et al., 1999) Além disto, animais mais calmos com menor reação ao contato humano tem melhor resposta à vacinas (DUFF & GALYEAN, 2006).

A idade à puberdade aparentemente não é influenciada pela idade ao desmame. Novilhas leiteiras que naturalmente são desmamadas logo após o nascimento, atingem a puberdade por volta dos 9 a 11 meses de idade (PIRES, 2010). Corroborando com os resultados encontrados por Gasser et al. (2006b) que avaliou a puberdade em bezerras desmamadas com  $73 \pm 3$  dias de idade, e a idade ao desmame aparentemente não interferiu na maturidade sexual. Porém, como os desmames hiperprecoce e precoce necessitam de maior tempo de manejo e contato com o ser humano (GOTTSCHAL, 2009) pode-se sugerir que este condicionamento gradual em procedimentos de manejo pode reduzir o estresse quando expostos a estímulos que provoquem esta sensação (GRANDIN, 1997).

Como o estresse também afeta a função reprodutiva por meio de ações no hipotálamo, suprimindo a liberação de gonadotrofinas (PARA et al. 2018), é esperado que bezerras desmamadas em menor idade do que o convencional, em gado de corte, pode responder menos a estímulos estressores e consequentemente acarretar que os manejos pré-puberes realizados tenham menor efeito na produção de cortisol e supressão da atividade ovariana influenciando na redução da idade a puberdade (COOKE et al., 2009).

### 2.2.2 Peso corporal e ganho de peso diário

O peso corporal e o ganho de peso médio diário são indicadores relevantes para a predição de fertilidade de novilhas (PEREIRA et al., 2017; D'OCCHIO et al., 2019). O ponto em que a curva do crescimento sofre desaceleração determina o peso para a expressão da atividade reprodutiva (BARCELLOS et al., 2003). Diversos autores mencionam que este valor seja em média 60 a 65% do peso adulto (BARCELLOS et al., 2003; AMUNDSON et al., 2015; SILVA et al., 2018; DICKINSON et al., 2019). E esta é a taxa limiar de peso que ativa processos de sinalização metabólica (PATTERSON et al., 1992) e culminam na maturação sexual (BERGFELD et al., 1994; BARCELLOS et al., 2003).

Day e Anderson (1998) demonstraram que novilhas desmamadas com média de 110 dias de idade obtiveram maior taxa de puberdade precoce (<300dias) quando comparadas a novilhas desmamadas aos 228 dias por atingirem maior peso em menor idade. Animais com ganho de peso mais elevado

atingem o 'peso alvo' mais cedo e possuem mudanças fisiológicas mais precoces. Essas mudanças são determinadas por diversos fatores como a secreção do fator de crescimento semelhante à insulina (IGF-I), fator que estimula os folículos ovarianos a desenvolverem receptores para gonadotrofinas. O IGF-I produzido no fígado é essencial para a maturação final dos folículos ovarianos (D'OCCHIO et al., 2019) e sua secreção em concentração adequada depende em um peso-estado característicos (BARCELLOS et al., 2003). Animais com maior ganho de peso possuem maior concentração de IGF-I (D'OCCHIO et al., 2019).

Quando há evolução constante do peso e as novilhas começam a depositar tecido adiposo há um aumento na concentração sérica de leptina (ALLEN et al., 2017). A leptina é um hormônio que atua no eixo hipotálamo-hipófise (GARCIA et al., 2002; D'OCCHIO et al., 2019), secretada principalmente pelos adipócitos e provoca efeito inibidor nas camadas dos folículos pré-antrais, fazendo com que estas estruturas reduzam a secreção de estradiol. De modo consequente, estimula a liberação de GnRH pela redução do feedback negativo do estradiol (BARCELLOS et al., 2003; D'OCCHIO et al., 2019). Bezerras alimentadas com dieta de alta proporção de concentrado do desmame até a fase púbere desfrutam da sinalização precoce da leptina, indicando que a presença deste hormônio nas fases iniciais do desenvolvimento do animal pode interagir com as mudanças na morfologia cerebral e facilitar o desenvolvimento puberal (ALLEN et al., 2017).

Animais alimentados com alto teor de concentrado e com maior taxa de ganho de peso possuem menor liberação central do neuropeptídeo Y (NPY) (CARDOSO et al., 2014b). O NPY inibe a liberação de GnRH e LH atrasando a puberdade (CARDOSO et al., 2014a; D'OCCHIO et al., 2019). Alterações na nutrição materna também podem resultar em modificações no número de células e expressão do NPY na sua prole, assim como alterar a capacidade da leptina de sinalizar o estado metabólico do animal (CARDOSO et al., 2014b). O NPY também é mediador da grelina no hipotálamo. A grelina é produzida pelo trato gastrointestinal, sua concentração sérica aumenta em condições de restrição alimentar e retarda a eliminação de GnRH (D'OCCHIO et al. 2019).

Em síntese, os sinais nutricionais e metabólicos são percebidos em grande parte pelo hipotálamo (CARDOSO et al., 2014b). A fuga puberal do

feedback negativo de estradiol depende de diversos elementos como a leptina e o IGF-I que estimulam a produção de GnRH e o NPY e a grelina fazem a supressão (D'OCCHIO et al., 2019). Estes efeitos podem ser regulados por uma alimentação com nível nutricional adequado, garantindo maior ganho de peso médio diário e permitindo com que as novilhas alcancem o estado metabólico desejável mais cedo e conseqüentemente, atinjam a puberdade em menor idade (Tabela 1) (GASSER et al., 2006a; GASSER et al., 2006b; CARDOSO et al., 2014a; PEREIRA et al., 2017).

**Tabela 1.** Taxas de ganho médio diário (GMD) de peso e idade a puberdade.

Fonte	GMD (kg/dia)	Idade à puberdade (dias, $\pm$ DP)	Idade de início da avaliação (dias, $\pm$ DP)
BERGFELD et al. 1994	0,300	435	240
	0,900	372	240
GASSER et al., 2006b	0,750	368 $\pm$ 10	99 $\pm$ 3
	1,500	262 $\pm$ 10	99 $\pm$ 3
BARCELLOS et al. 2014	0,500	433.1 $\pm$ 20.53	206 $\pm$ 10
	0,750	382.0 $\pm$ 24.64	206 $\pm$ 10
	1,000	334.8 $\pm$ 16.52	206 $\pm$ 10
	1,250	354.4 $\pm$ 12.33	206 $\pm$ 10

### 2.2.3. Altura de garupa e circunferência torácica

A altura de garupa (PATTERSON et al., 1992) e o perímetro torácico são características de desenvolvimento físico do animal que também são relacionados ao desempenho reprodutivo (MONTANHOLI et al., 2008). O perímetro torácico tem alta correlação com o peso do animal e o aumento desta medida tende a promover maior capacidade de consumo de matéria seca e maior desempenho do animal, possuindo potencial para ser utilizado como indicador nutricional visto que possui uma correlação positiva com o peso (MONTANHOLI et al. 2008).

A altura de garupa determina o tamanho esquelético das novilhas, e tem sido positivamente correlacionada com a idade a puberdade, admitindo que

novilhas mais altas são mais tardias a puberdade (BARCELLOS et al., 2003; PEREIRA et al., 2017). Aparentemente, novilhas atingem a puberdade com 95% da altura adulta (PATTERSON et al., 1992). A relação peso:altura é um parâmetro que influencia a puberdade, conforme esse índice aumenta há menor idade a puberdade (BARCELLOS; PRATES; LOPES, 2001).

#### 2.2.4 Desenvolvimento do trato reprodutivo

Através da ultrassonografia transretal é possível mensurar o diâmetro do corno uterino, ovários e folículos. Com a mensuração destas estruturas é possível determinar a maturidade e a ciclicidade do sistema reprodutor (HOLM; et al. 2009; MONTEIRO et al., 2013). O útero possui crescimento lento e linear, seu desenvolvimento tem correlação positiva com a atividade ovariana, aumentando seu diâmetro conforme a amplitude máxima dos folículos aumenta (HONARAMOOZ et al., 2004). O diâmetro uterino médio relatado pra novilhas definirem a puberdade é de 30mm (HOLM et al., 2009), porém diversos autores tem observado diâmetros menores à puberdade. Monteiro et al., (2013) observou ovulação em novilhas *Bos indicus* com 12,15mm de diâmetro uterino, corroborando com os achados de Johnston et al. (2009) onde o diâmetro uterino na puberdade para novilhas *Bos indicus* foi  $13,5 \pm 3,8$  e  $16,3 \pm 4,8$  para novilhas F1 (*Bos indicus* x *Bos taurus*).

Estudos comprovam que novilhas com maior taxa de ganho de peso durante a recria possuem maior diâmetro folicular no momento da puberdade (BARCELLOS et al., 2014). Como relatado anteriormente, os ovários possuem características foliculares para as fases pré-puberal e a presença do CL determina a puberdade. Diante da correlação positiva do desenvolvimento do sistema genital com a idade a puberdade (MONTANHOLI et al. 2008; D'OCCHIO et al., 2019), se faz necessária a avaliação do mesmo.

### 2.3 A indução hormonal da puberdade

Os sistemas de pecuária buscam cada vez mais a aceleração das etapas do ciclo produtivo, visando maximizar a eficiência reprodutiva do rebanho (KASIMANICKAM et al., 2020). Para o aumento da produtividade é necessário reduzir a idade a primeira cria (BARCELLOS, 2014; CARDOSO, 2014a). Com

isso, fêmeas são entouradas cada vez mais jovens. Entretanto, muitas destas novilhas apresentadas ao acasalamento ainda não realizaram a primeira ovulação ou realizaram e ainda assim, não apresentam boa taxa de prenhez (GASSER et al., 2006a).

O que ocorre é que mesmo as novilhas atingindo os parâmetros físicos acima relacionados, a baixa frequência dos pulsos de LH é insuficiente para estimular o crescimento do folículo para que ocorra o pico pré ovulatório de LH, não ocorrendo a primeira ovulação (XU et al., 2000). Novilhas em fase transicional podem apresentar ciclos curtos, estro sem formação de corpo lúteo e anestro (STHRINGER, R.C et al.1990) e essas anormalidades só se reduzem após o terceiro cio (DEL VECCHIO et al.,1992).

Visando contornar esse problema e antecipar a primeira ovulação para antes do acasalamento, foram desenvolvidos protocolos hormonais para induzir o primeiro estro e aumentar a taxa de prenhez (RODRIGUES et al. 2013). Os protocolos são baseados na associação de estrógenos a progesterona ou progestágenos para o tratamento de novilhas pré-puberes (PATTERSON, et al., 1990; BERGFELD et al., 1996; RASBY et al.,1998; COLAZO, M.G. et al., 2003)

Estrógenos são utilizados para aumentar a concentração de estradiol reduzir o efeito negativo do estrógeno na secreção de LH (RASBY et al., 1998). Já os progestágenos fazem sinalização ao eixo hipotalâmico-hipofisário para que ocorra o pico de LH e conseqüente ovulação. Isso ocorre pela relação inversa entre a frequência dos pulsos de LH e a concentração de progesterona. A progesterona reduz a expressão dos receptores de estradiol no hipotálamo fazendo com que o feedback negativo do estradiol na secreção de GnRH também diminua (DAY; ANDERSON, 1998). E quando a fonte de progesterona exógena é retirada, ocorre rápida redução de progesterona plasmática aumentando a frequência de pulsos de LH (BERGFELD et al., 1996). Contudo, estes tratamentos só funcionam quando são realizados próximos ao tempo em que a primeira ovulação ocorreria normalmente (PATTERSON, et al., 1990; RASBY et al.,1998).

Como relatado anteriormente, a concentração plasmática de estrogênio aumenta no período pré-pubere, e nesta fase a progesterona só consegue suprimir os pulsos de LH em alta concentração (BERGFELD et al., 1994). Dessa forma, tratamentos de indução com altos níveis de progesterona suprimem os



pulsos de LH (CARVALHO et al., 2008), prejudicando o desenvolvimento final o folículo dominante e a ovulação (BURKE et al., 1994; JUNIOR et al. 2010).

Há diversas alternativas de protocolos para indução. O progestágeno MGA é um tratamento fornecido por via alimentar, normalmente, misturado a uma ração. Entretanto, a dificuldade de estabelecer consumo regular entre todos os animais, e a exigência de maior estrutura e manejo é o que implica na escolha de outras alternativas de indução (PATTERSON et al., 1990).

O implante auricular de silicone que libera progesterona é outra opção (ANDERSON et al., 1996). A utilização de insertos intravaginais de liberação lenta de progesterona é outra maneira, podendo ser reutilizados implantes de protocolos de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) (JUNIOR et al., 2010). Nestes casos, a progesterona também pode evitar a luteólise precoce (SÁ FILHO et al. 2009) e aumentar a taxa de concepção (VASCONCELOS et al., 2009)

Concomitante ao uso de progestágenos e progesterona podem ser utilizados outros hormônios. O cipionato de estradiol na retirada do implante proporciona menor intervalo entre a retirada do dispositivo e o estro e a ovulação, o pico pré ovulatório de LH ocorreu mais cedo e a concentração do mesmo foi maior (COLAZO, M.G. et al., 2003). O eCG (gonadotropina coriônica equina) estimula a secreção de estradiol por estimular o desenvolvimento folicular (RAO et al. 1986). E o análogo de GnRH (gonadotropina coriônica humana) pode induzir a ovulação de folículos com diâmetro igual ou superior a 10mm (PATTERSON et al., 1992).

Com o aumento da secreção de LH nos protocolos de indução puberal, ocorre também o aumento do peso ovariano e o aumento do peso uterino (ANDERSON et al., 1996) provavelmente resultando do aumento das concentrações de estradiol associadas à fase folicular puberal (DAY et al., 1987). O aumento do peso uterino ocorre mais rápido após a retirada do inserto de progesterona (ANDERSON et al., 1996).

#### **2.4 O uso de aditivos na suplementação pós-desmame**

Como relatado anteriormente, a idade a puberdade sofre grande influência da nutrição (CARDOSO et al., 2014a; ALLEN et al., 2017). A restrição alimentar pode retardar a puberdade, protelando a liberação de diversos hormônios (CARDOSO et al., 2014a). Posto isso, fêmeas desmamadas devem

receber cuidados nutricionais até a maturação sexual conforme suas exigências para o crescimento.

A inclusão de concentrados e aditivos pode induzir respostas positivas no crescimento e na eficiência alimentar de bezerros no pós desmame (VENDRAMINI et al., 2018; HERSON et al., 2015; SALAZAR et al. 2019). Minerais orgânicos, moduladores de fermentação ruminal tem melhor biodisponibilidade e podem melhorar o desempenho dos animais (PALMA et al., 2015). As vitaminas também são aditivos que realizam efeitos benéficos no sistema imune, reduzindo do estresse oxidativo, aumentando a atividade fagocítica e bactericida dos fagócitos bovinos e melhorando o desempenho geral do animal (DUFF & GALYEAN, 2007; MARTINS et al., 2016).

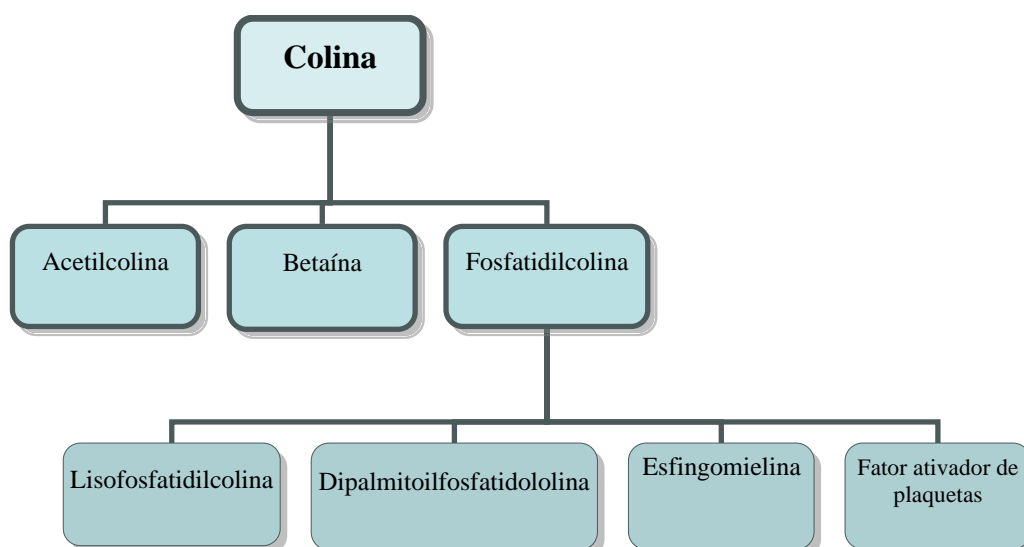
#### 2.4.1. Colina, nutriente associado as vitaminas do complexo B

A colina é um nutriente (ZEISEL & COSTA et al., 2009) solúvel em água, associado as vitaminas B (HOLLENBECK, 2012; BISWAS & GIRI, 2015). Dentre as suas funções está a síntese de acetilcolina (FARINA et al., 2017), de fosfatidilcolina e doação de metilo conforme a rota metabólica que percorre (ZEISEL & COSTA, 2009). Na forma de acetilada de colina ela é responsável pela síntese do neurotransmissor acetilcolina (HOLLENBECK, 2012) que em humanos é importante no aprendizado, memória e sono (LI & VANCE, 2008). Já na sua forma oxidada (betaína) serve como doador de metila no ciclo da metionina (FARINA et al., 2017), precursor da síntese de S-adenosilmetionina, doador do grupo de metilos necessários para a metilação do DNA, RNA e proteínas (LEE-RANGEL et al., 2018). A betaína também age como osmólito, agindo em situações de desidratação celular, ela melhora a estrutura intestinal influenciando na perda de água e na digestibilidade dos nutrientes (EKLUND et al., 2005).

A fosfatidilcolina representa 95% do que a colina sintetiza. A síntese de fosfatidilcolina ocorre principalmente no fígado através da metilação fosfatidiletanolamina (com o metabólito intermediário S-adenosilmetionina) (LI & VANCE, 2008). Os grupos metila que entram neste processo podem ser fornecidos pela metionina, betaína (FARINA et al., 2017) e folato (LI & VANCE, 2008). A fosfatidilcolina participa da constituição das membranas celulares

(BINDEL et al., 2000) e lipoproteínas plasmáticas participando da estrutura e sinalização celular de todo organismo (LEE-RANGEL et al., 2018). Ela é o principal fosfolípido da estrutura das membranas biológicas, em especial, das membranas mitocondriais, podendo afetar a estrutura e reduzir a produção de ATP pelas mitocôndrias (FARINA et al., 2017). Com a redução de ATP, também há alteração no catabolismo dos ácidos graxos, principalmente na beta-oxidação (CORBIN & ZEISEL, 2012), resultando em morte celular, estresse oxidativo e hepatocarcinogênese (GUO et al., 2005).

Com papel fundamental no metabolismo de lipídios, no fígado, ela sintetiza e exportação de triglicerídeos com as lipoproteínas de baixa densidade (VLDL) (RODRÍGUEZ-GUERRERO et al., 2018). A deficiência de colina pode causar morte de hepatócitos e esteatose hepática, pela alteração do metabolismo (FARINA et al., 2017). A colina e a fosfatidilcolina também podem afetar o tecido muscular esquelético, a solubilização de ácidos biliares (CORBIN e ZEISEL, 2012) e a proteção da mucosa intestinal. No intestino ela facilita a formação de micelas mistas menos tóxicas facilitando a absorção de... (BARRIOS & LICHTENBERGER, 2000). Em roedores possui efeito comprovado como antioxidante e de como sua deficiência altera a expressão gênica (ZEISEL & COSTA, 2009; BISWAS & GIRI, 2015) A colina, também conhecida como lecitina (BISWAS & GIRI, 2015) é precursora da dipalmitoilfosfatidololína, esfingomiéline, lisofosfatidilcolina e do fator ativador de plaquetas (Figura 2).



**Figura 2.** Rotas metabólicas da colina. Fonte: Adaptado de Zeisel e Costa (2009).

A dipalmitoilfosfatidololína é o principal componente surfactante ativo na superfície pulmonar, proporcionando estabilidade alveolar e diminuindo a tensão superficial (GUTIERREZ et al., 2015). A lisofosfatidilcolina (LEWIS et al., 2016) e os fatores ativadores de plaquetas (PRESCOTT et al., 2000) melhoram a resposta imune. Em humanos, a importância da colina na dieta já é bem definida, a ingestão insuficiente da mesma pode causar danos hepáticos, renais, pancreáticos e cerebrais (BISWAS & GIRI, 2015). Deste modo, fica clara a importância do estudo do uso de colina e seus efeitos na saúde animal.

#### 2.4.2 Uso da colina em ruminantes

Estima-se que 98% da colina não protegida proveniente da dieta é degradada no rúmen (SHARMA & ERDMAN, 1988), de modo que a fosfatidilcolina que chega ao abomaso e no duodeno é produzida por microorganismos da flora ruminal (BROAD & DAWSON, 1975). A membrana externa das bactérias gram-negativas, constituintes da flora ruminal, também é estruturada por fosfatidilcolina (AKTAS et al., 2010), entretanto, apenas 15% das bactérias sintetizam fosfatidilcolina (GEIGER; LÓPEZ-LARA; SOHLENKAMP, 2003). Diante disso, foram desenvolvidos produtos com colina protegida da degradação ruminal, visando o maior aporte de colina para o abomaso e intestino delgado com o intuito de otimizar processos metabólicos.

A colina tem ocasionado mudança dos metabólitos do sangue nas vacas em lactação, aumentando o teor de glicose e diminuindo a concentração de ácidos graxos não esterificados (AGNE) (MENDOZA et al., 2018a) e a proporção AGNE/colesterol, pelo seu efeito hepático (RODRÍGUEZ-GUERRERO et al., 2018). Com a melhora do metabolismo de lipídios (SUN et al., 2016), há prevenção do acúmulo de gordura no fígado, que poderia afetar a saúde, a produção e a reprodução destes animais (COOKE et al., 2007).

Na imunidade, o uso da colina protegida provoca aumento na concentração plasmática de interleucina-2 e na proporção de linfócitos TCD4+/CD8+ (MENDOZA et al., 2018b). É possível que a colina através da betaína possa contribuir para minimizar efeitos de estresse calórico em ruminantes, efeitos positivos da inclusão de betaína na dieta já foram relatados em não ruminantes (EKLUND et al., 2005).

Garantir o adequado ganho médio diário de peso é essencial para manter o balanço energético positivo e alcançar a puberdade em menor idade (D'OCCHIO et al., 2019). Em testes com bovinos de corte, a suplementação com colina aumentou o ganho de peso médio diário, reduziu a ingestão de matéria seca, aumentando a eficiência alimentar (BINDEL et al., 2000). A melhor eficiência foi observada em doses baixas de colina disponível, animais jovens apresentaram ganho de 0,100 a 0,140kg/dia superiores aos não suplementados (PINOTTI et al., 2010). Em cordeiros, a adição de colina protegida na dieta parece elevar o nível de triglicerídeos nas primeiras etapas da engorda e também aumentar a taxa de crescimento dos mesmos quando suplementados (RODRÍGUEZ-GUERRERO et al., 2018).

#### 2.4.3 Biocolina

A biocolina (BIO) é um produto a base de plantas que incluem *Achyranthes Aspera*, *Trachyspermum ammi*, *Azadirachta Indica* e *Citrullus Colocynthis*. Essas plantas possuem colina em sua forma conjugada, em sua maior parte em forma de fosfatidilcolina (FARINA et al., 2017), e apresentam proteção a degradação ruminal (LIMA et al., 2012). Experimentos com ovinos e vacas em lactação demonstraram que este produto possui resultados semelhantes ao cloreto de colina protegido (LEE-RANGEL et al., 2018), suplemento habitualmente utilizado como fonte de colina. A suplementação de BIO em cordeiros aumentou o ganho de peso (LEE-RANGEL et al., 2018) o peso final e algumas características da carne (GODINEZ-CRUZ et al., 2015). Em ovelhas gestantes, ocorreu aumento no peso ao parto e no peso 30 dias pós-parto, conseqüentemente, elas obtiveram cordeiros mais pesados ao nascer e com maior ganho de peso pelo maior aporte de leite (CROSBY et al., 2017). Na produção de leite verificou-se aumento da produção em vacas suplementadas (LUGO et al., 2018) em doses de 12 a 20g por dia (MENDOZA et al., 2018b).

A BIO também possui outros metabólitos com ação antibacteriana, anti-inflamatória e antisséptica atuando com efeito benéfico na saúde dos animais. Vacas suplementadas atingiram maior fertilidade e menor número de tratamentos veterinários (MENDOZA et al., 2018a). A BIO surgiu como uma alternativa ao cloreto de colina, visto que este último resultava em problemas operacionais na sua fabricação por ser altamente higroscópico (FARINA et al.,

2017). Paralelo a isso, o produto oriundo de ervas pode ser utilizado para produção de carne ou leite orgânico, o que pode permitir maior aceitabilidade do mercado (DEMATTÊ FILHO & POSSAMAI, 2015). Todos estes efeitos benéficos ressaltam a importância de realizar mais estudos em relação a colina e a BIO, como o esquema pressuposto neste projeto.

### **3. HIPÓTESES**

- A idade ao desmame não afeta o desenvolvimento corporal pós desmame.
- A idade ao desmame não afeta o desenvolvimento reprodutivo.
- A suplementação com biocolina proporciona aumento do ganho de peso e redução da idade a puberdade.

### **4. OBJETIVO GERAL**

Avaliar a influência da idade ao desmame e da suplementação com biocolina no crescimento pós desmame e desenvolvimento reprodutivo em novilhas de corte.

#### **4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Averiguar o impacto da idade ao desmame no desenvolvimento e crescimento corporal das bezerras de corte.

Analisar o desenvolvimento do trato reprodutivo em bezerras de corte com diferentes idades ao desmame (30, 75 e 180 dias).

Investigar a influência da suplementação com o aditivo biocolina no desenvolvimento de bezerras de corte com diferentes idades ao desmame.

## **CAPÍTULO II**

## **The influence of weaning age and biocholine supplementation to post-weaning growth and reproductive development in Brangus heifers**

### **Abstract**

This experiment was conducted to determine the effect of earlier weaning in addition to biocholine supplementation on age at puberty of Brangus heifers. Brangus calves were randomized and divided into three weaning ages groups, at 30 (Hyper-early weaning; HW), 75 (Early weaning; EW) and 180 days (Conventional weaning; CW). Then, calves were supplemented using the additive Biocholine (BIO) or not (CON). Animals were subjected to puberty induction and the presence of estrus was observed for 7 days. In addition, transrectal ultrasonography was performed to assess the ovarian activity and the presence of corpus luteum to determine heifer puberty. We also evaluated the body weight (BW; Kg), hip height (HH; cm), thoracic perimeter (TP; cm) and BW:HH ratio during the experimental period. BIO group showed higher ADG ( $>226\text{g/day}$ ) when the animals were exposed to ryegrass pasture compared to CON ( $P<0.05$ ). We observed an interaction between weaning x biocholine and CW-BIO heifers showed greater HH more compared to CW-CON ( $P<0.05$ ). Overall, animals that have reached puberty at day 8 after puberty induction showed  $331.0\pm 23.14\text{kg}$  BW,  $122.0\pm 2.58\text{cm}$  HH and  $165.4\pm 3.45\text{cm}$  TP and  $2.7\pm 0.14$  BW:HH. At the time of ovulation detection, the heifers from the HW group had  $32.1\text{kg}$  BW,  $3.93\text{cm}$  HH and  $0.18\text{cm}$  BW:HH greater compared to CW ( $P<0.05$ ). The BIO supplementation together with ryegrass pasture, led to an increase in ADG weight throughout the evaluated period. We concluded that HW heifers showed an adequate body development throughout the experimental period until puberty appearance at the same age as others weaned groups.



## Introduction

The heifer's age at first mating is an important event in breeding systems and has an economic impact on the production system efficiency (Barcellos et al. 2014; Cardoso et al. 2014). Thus, ensuring post-weaning growth is essential for heifers to achieve an adequate body weight condition to reach puberty at earlier stage of development (Gasser et al. 2000a,b; Cardoso et al. 2014; Pereira et al. 2017), potential early conception (Gasser et al. 2006a), and greater productivity throughout their lifetime (Patterson et al. 1992; Day and Nogueira 2013). Beef heifers must reach a minimum of 60-65% of their adult weight (Gregory, Cundiff and Koch 1922) to initiate the neuroendocrine axis to trigger the reproductive phase in bovine (Amundson et al. 2015). Indeed, heifer puberty achievement appears to be related to an adequate body weight gain at post weaning period (Wiltbank et al. 1966; Buskirk, Faulkner and Ireland 1995), which is considered the main variable to the onset of puberty (Allen et al. 2017).

Situations of early weaning, under 90 days, is compensated by food supplementation requirements to ensure a good performance of calves in the post-weaning phase. Perhaps, these supplementations can improve productivity and rumen development (Lin et al. 2018), which can provide greater body weight gain post-weaning and early puberty (Day and Anderson 1998; Gasser et al. 2006c). Several additives administrated to the supplementation phase earlier in life have been widely used to provide body weight gain and to induce positive responses in growth and feed efficiency (Herson et al. 2015; Vendramini et al. 2018; Salazar et al. 2019). Vitamins are additives that have beneficial effects on the immune system by reducing oxidative stress, increasing the phagocytic and bactericidal activity, and improving the overall performance in bovine (Duff and Galyean 2007). Associated with B vitamins, choline is a water-soluble nutrient extracted from plants that can be used as a potential feed additive for growing animals (Zeisel and Costa 2009; Hollenbeck 2012; Biswas and Giri 2015).

Phosphatidylcholine represents the majority, 95%, of what choline synthesizes. This phospholipid is the main molecule present in the structure of biological membranes, especially mitochondrial ones, and has the potential to affect its structure and to reduce the production of ATP (Farina et al. 2017), which can also interfere in the catabolism of fatty acids, mainly by the beta-oxidation pathway (Corbin and Zeisel 2012). With a fundamental role in the liver's lipid

metabolism, phosphatidylcholine synthesizes and exports triglycerides with low density lipoproteins (Rodriguez-Guerrero et al. 2018). It is also described to facilitate the formation of less toxic mixed micelles in rats intestine (Barrios and Lichtenberger 2000), however, in lambs it can influence the mechanisms of bacterial growth pathways by facilitating the absorption of nutrients in the rumen (Leal et al. 2021).

Despite the benefits results in ruminants (Bindel et al. 2000; Cooke et al. 2007; Godinez-Cruz et al. 2015; Mendoza et al. 2020), choline chloride is easily degraded in rumen, resulting in low bioavailability for intestinal absorption (Baldi and Pinotti 2006). The biocholine (BIO) surged as an alternative product for this problem, it is an herbal extract compound and has a protective role against ruminal degradation (Leal et al. 2021). Recently, the addition of BIO to four months of age in lambs demonstrated a great potential feed additive for growing lambs (Leal et al. 2021). However, assessments of the effects of BIO supplementation is scarce in beef heifers.

Limited information is available about the impacts of BIO supplementation during heifer's growth and to achieve puberty at an earlier stage of age. Therefore, this study emphasizes the body growth and reproductive parameters of crossbred beef heifers subjected to hyper early, early and conventional weaning associated with the addition or not of BIO supplementation.

## **Material and methods**

All procedures with animals during this study were approved by the Ethical Committee for Care and Use of experimental animals of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Protocol 33439; CEUA/UFRGS). The experiment was conducted at the Agronomic Experimental Station of the UFRGS located at 30°04'30"S and 30°07'30"S latitude, 51°39'18"W and 51°42'18"W longitude, at 46 m altitude and climate classified as *Cfa* type (humid subtropical), according to Köppen-Geiger classification.

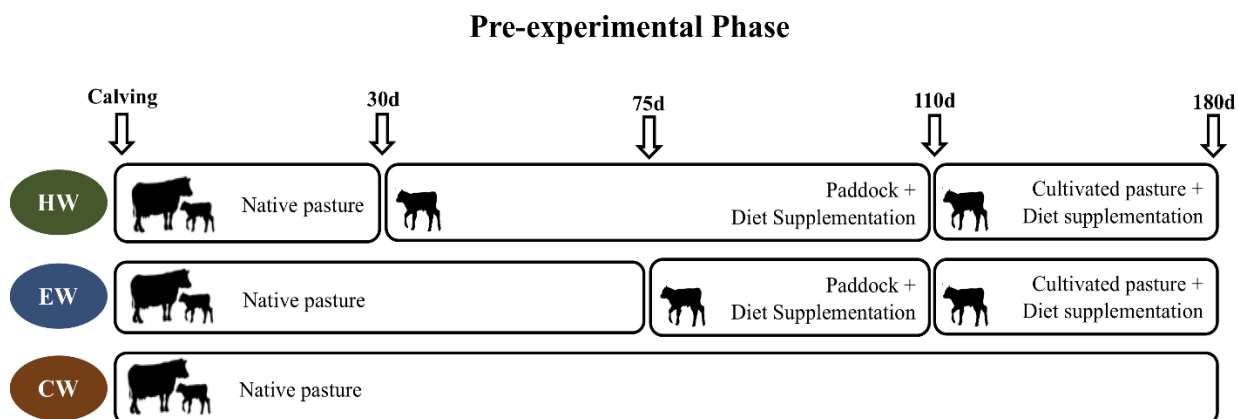
### *Animals and experimental design*

Twenty-nine Brangus (3/8 Brahman x 5/8 Angus) calves borned in November 2018 were randomly assigned to three experimental treatments according to age at weaning: hyper early weaning (HW; n = 12) consisting of calves at 30 ± 3.5

(Mean  $\pm$  SD) days of age, early weaning (EW; n = 8) consisting of calves separated at  $75 \pm 4.5$  days of age, and conventional weaning (CW; n = 9) consisting of calves at  $180 \pm 3.6$  days of age.

All calves were kept in native pasture with their dams during the pre-weaning phase and they were physically separated on the scheduled day for weaning. Cows were allocated to a native pasture at 2.6 km away from their calves, and all calves remained in the paddock at the management center. The length of stay at the paddock varied according to the weaning management. Thus, HW group remained for 80 days, EW for 35 days, and CW for 15 days. During this period, calves' diet consisted of a commercial (Puro Bov 14PB®, Puro Trato Nutrição Animal, Santo Augusto, RS, Brazil) pelleted diet consisted of 20% crude protein (CP) and 74% neutral detergent fiber (NDF), and chopped alfalfa hay 3 cm thick (16.7% CP; 45.6% NDF). Calves had access *ad libitum* and to both, feed and hay, supplemented twice a day at 7:00 and at 17:00.

Weaning management was similar for all treatments, with HW and EW performed in summer (Dec and Feb, respectively), and CW in autumn (May). Calves from the HW and EW groups received the supplementation 15 days after weaning separation to six months of age. After, calves were transferred to cultivated pasture containing *Brachiaria decumbens* and continued receiving commercial pellet supplementation containing 18% CP and 72% NDF, that comprises 1.8% live body weight. Then, from 180 days until the beginning of the experimental period, the calves remained in the native pasture receiving the same supplementation. The native pasture consisted of species of the genera *Andropogon*, *Axonopus* and *Paspalum*, with legumes such as *Trifolium polimorphum* and *Desmodium incanum*. In addition, cespituous species of low forage value such as *Eryngium horridum*, *Baccharis trimera* and *Baccharis coridifolia* were also available. The experimental design is showed in **Fig. 1**.



**Fig. 1** - Summary of the experimental design study during the pre-experimental period on hyper-early weaning (HW), early weaning (EW) and conventional weaning (CW).

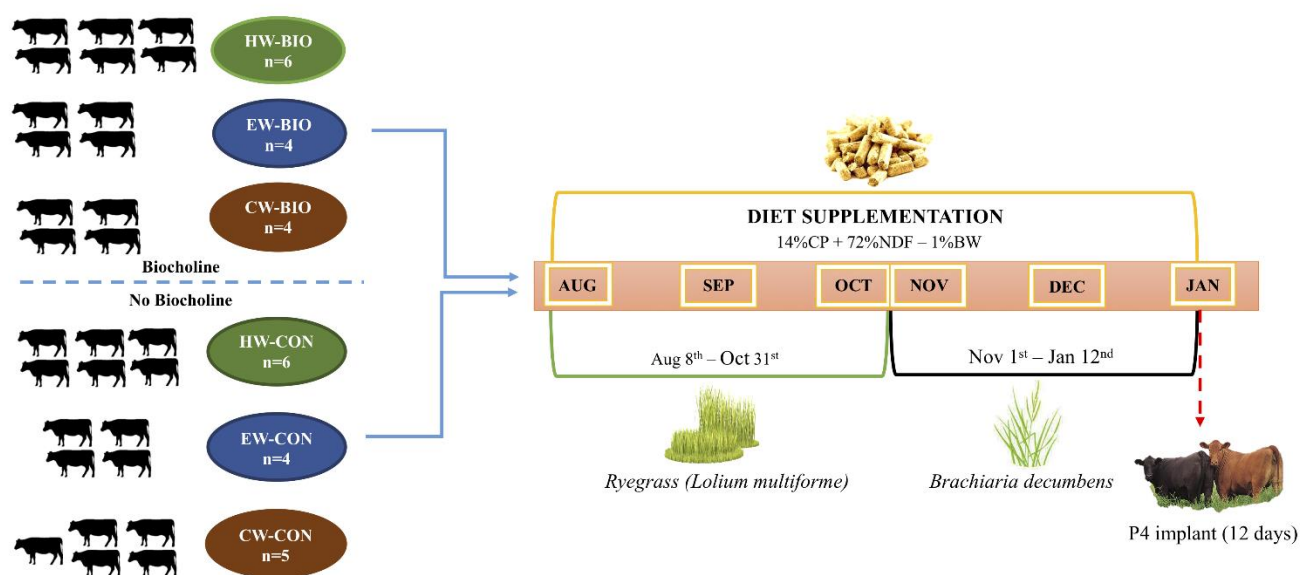
#### *Experimental period and nutritional management*

The experimental period started when the calves completed 8 months and were randomly distributed as followed: HW calves that received biocholine (HW-BIO; n =6) and its control group (HW-CON; n = 6), EW calves received biocholine (EW-BIO; n = 4) and its control group (EW-CON; n = 4), and CW calves received biocholine (CW-BIO; n = 4) and its control group (CW-CON; n = 4).

Biocholine (Biocholine FC®, NutriQuest, Campinas, SP, Brazil) is the trade name of a phosphatidylcholine product, extracted from the plants *Azadirachta indica*, *Citrullus colocynthis*, *Trachyspermum ammi* and *Achyranthes aspera*. The composition of the commercial product is: 92.6 % dry matter (DM), 9.77 % CP, 5.72 % ether extract (EE), 36.4% acid detergent fiber (ADF), and 45.1% NDF. It also contains the total levels of 16.8 g/Kg phospholipids and 9.74 g/kg of phosphatidylcholine (Leal et al. 2021).

During the experimental period, heifers were subjected to two cultivate pastures containing Ryegrass (*Lolium multiflorum*) or Brachiaria (*Brachiaria decumbens*), in addition to diet supplementation containing 14% CP and 72% NDF at 1% of live body weight. The summary of the experimental groups and nutritional regime is showed in **Fig. 2**.

## Experimental Groups and Feed System



**Fig. 2** - Heifers submitted or not to biocholine (BIO) treatment according to weaning ages and feed management of heifers during the experimental period.

Heifers remained on ryegrass pasture for 67 days at the beginning of the experimental period. Weaning groups rotated through paddocks so that the animals remained in each paddock during the same number of days. When the ryegrass supply decreased, the animals were transferred to *Brachiaria decumbens* pasture and remained until the end of the evaluations (84 days). All animals were kept outdoors under the same environmental conditions and with access to water *ad libitum* and shelter. The nutritional composition of pastures and diet supplementation is showed in **Table 1**.

**Table 1.** Pasture and diet composition provided to calves during the experimental period.

Diet Composition	DM (%)	CP (%)	NDF (%)	EE (%)	CF (%)	ADF (%)	Biocholine (%)
<i>Cultivated pasture</i>							
Reygrass	22.6	17.9	84.0	4.1	20.90	38.0	-
Brachiaria	28.1	8.2	57.1	1.8	28.5	34.0	-
<i>Supplementation</i>							
BIO	87.0	14.0	72.0	2.0	8.0	12.0	0.05
CON	87.0	14.0	72.0	2.0	8.0	12.0	-

DM: Dry matter; CP: Crude protein; NDF: Neutral detergent fiber; EE: Ethereal extract; CF: Crude fiber; ADF: Acid detergent fiber.

#### *Evaluation of growth traits and reproductive parameters*

Weaning body weight (BW) was obtained from the beginning of the experimental period and repeated every 28 days until the end of the experiment. The average daily gain (ADG; kg) was obtained by the difference in weight between two consecutive measurements and divided by the number of days. Hip height (HH; cm) measurement was performed at the hip directly over the hook bones using a scale pole that was held vertically alongside the hip of the animal. Thoracic perimeter (TP; cm) was evaluated using a measuring ruler obtained at the height of the withers and sternum, behind the shoulder. The BW:HH ratio (cm) was calculated by dividing the BW by the HH at the time of the evaluations.

The evaluation of the reproductive tract was performed by transrectal ultrasound (7.5MHz linear transducer; Sonoscape A5V model; Valinhos, SP, Brazil). The reproductive tract score (RTS) was obtained using the methodology recommended by Andersen et al. (1991) that was developed to categorize cows according to uterine and ovarian development. The RTS classification ranged from 1 (pre-pubertal, infantile tract) to 5 (pubertal, presence of corpus luteum). Briefly, the diameter of the largest follicle (mm) and ovarian area from both ovaries was measured. In addition, the diameter of the uterine horn was measured close to the bifurcation, in order to obtain the largest possible measurement (mm). Thus, the RTS classification were: uterine horn  $\leq 15$  mm and

ovaries  $\geq 8$  mm without follicles (Score 1); uterine horn  $\leq 15$  mm and ovaries  $\geq 8$  mm with follicles (Score 2); uterine horn  $\geq 15$  mm and ovaries  $\geq 8$  mm without follicles (Score 3); uterine horn  $\geq 15$  mm and ovaries  $\geq 8$  mm with follicles (Score 4); and the presence of corpus luteum (CL) (Score 5). All of these evaluations were repeated with an interval of 15 days from the beginning to the end of the experimental period.

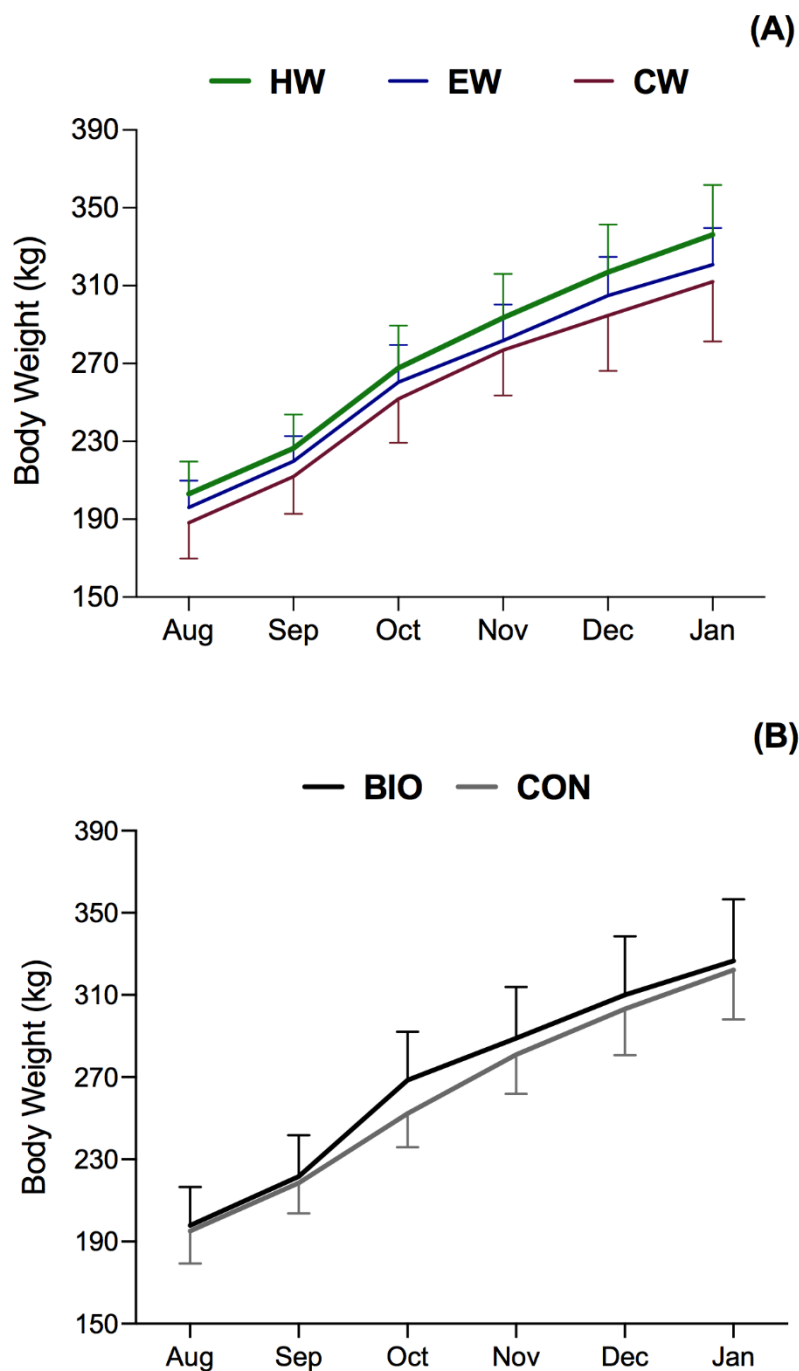
After all heifers reached the prepubertal state (Score 3), heifers were submitted to puberty induction protocol using an intravaginal progesterone device of fourth-use (CIDR - Controlled Intravaginal Drug Release, Pfizer Animal Health, São Paulo, SP, Brazil). The intravaginal device remained in heifers for 12 days, from D-12 to D0, to promote the necessary stimulus to trigger ovulation (Rodrigues et al. 2013). From D0 to D7, after the progestin implant removal, visual assessment of estrus was performed for 1 hour, twice a day (7:00 and 16:00). On D8, transrectal ultrasonography was performed and the presence of ovulation was considered by the presence of CL. The age at puberty was determined by heifers presenting estrus behavior between D0 and D7, and by the appearance of CL at D8.

### *Statistical analyses*

Data analysis was performed using the statistical program SPSS (IBM, version 20.0, Windows), and the significance level was set at 0.05. Animals were assigned to a 3x2 factorial arrangement (3 ages at weaning x 2 types of supplementation). All data were analyzed using the generalized linear model of repeated measures, where each animal represented a time-dependent sample unit. The effects of age at weaning, BIO supplementation, their interaction and comparisons of means were analyzed by Duncan's post-test. The frequency of onset of estrus/ovulation was analyzed using the *chi-square* test.

### **Results**

Before the inclusion of the additive BIO, in the pre-experimental phase, the ADG in the native pasture had no difference between weaning ( $P > 0.05$ ). In addition, there was no interaction between age at weaning x biocholine treatment ( $P > 0.05$ ). During the evaluated time period, the increased monthly BW had no difference in heifers according to weaning (**Fig. 3A**) and BIO (**Fig. 3B**) treatments.



**Fig. 3** - Body weight assessment of calves subjected to different weaning treatments (A) and supplemented to BIO and CON groups (B) during the experimental period. HW: Hyper early weaning; EW: Early weaning; CW: Conventional weaning; CON: animals did not receive biocholine; BIO: animals received biocholine.

At the beginning of the experiment period, calves showed an average of 199 kg BW, HH 112 cm HH, and 133 cm TP (**Table 2**). The ADG at the end of the experiment period had no difference between groups ( $P > 0.05$ ). However, the



BIO animals submitted to ryegrass pasture showed a gain of 226 g/day compared to CON ( $P < 0.05$ ; **Table 3**).

**Table 2.** Growth trait parameters of animals in the different groups at the beginning of the experiment at 8 months of age.

Evaluated parameters	BW (kg)	HH (cm)	TP (cm)
<i>Weaning groups</i>			
HW	209.4 ± 15.8	115.2 ± 2.1	135.6 ± 3.0
EW	200.5 ± 13.0	114.0 ± 2.3	134.6 ± 3.8
CW	200.1 ± 17.4	113.6 ± 4.9	134.6 ± 5.6
<i>Biocholine groups</i>			
CON	196.9 ± 15.3	114.4 ± 2.1	134.4 ± 4.1
BIO	199.3 ± 18.1	114.0 ± 4.7	135.0 ± 4.4

HW: Hyper precocious weaning; EP: Precocious weaning; CW: Conventional weaning; CON: animals did not receive biocholine; BIO: animals received biocholine; BW: Body weight; H: Hip height; TP: Thoracic perimeter.

**Table 3.** Average daily gain (AGD; Kg/d) weight of animals in the different groups during the experiment period.

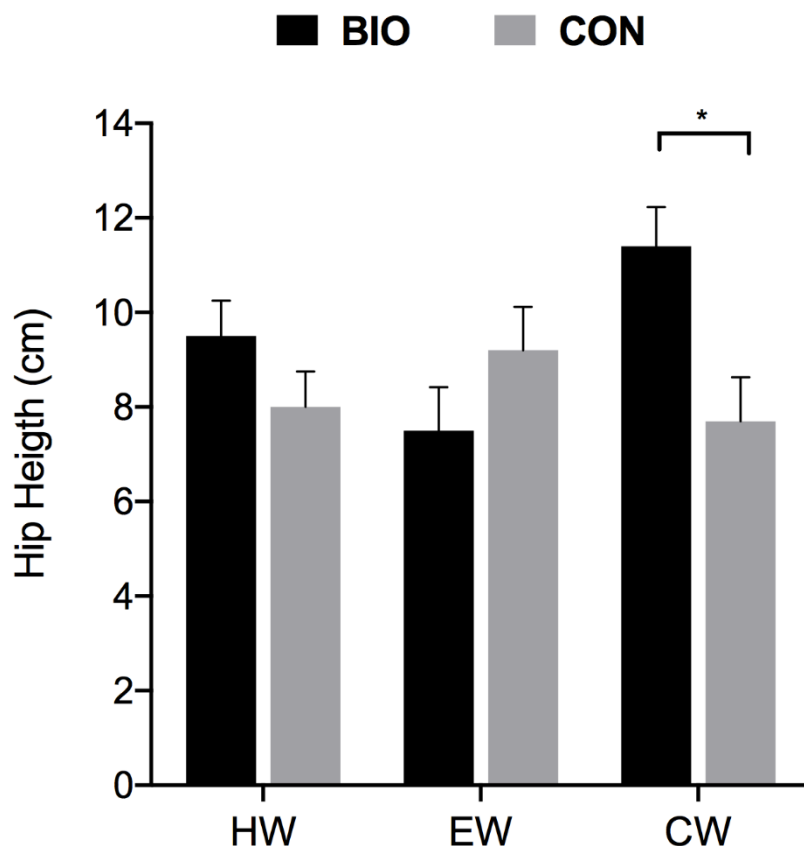
Evaluated parameters	Native pasture	Reygrass pasture	Brachiaria pasture	Final ADG
<i>Weaning groups</i>				
HW	0.423 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.080 ± 0.05 <sup>a</sup>	0.715 ± 0.10 <sup>a</sup>	0.890 ± 0.02 <sup>a</sup>
EW	0.401 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.075 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.653 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.831 ± 0.03 <sup>a</sup>
CW	0.451 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.063 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.582 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.827 ± 0.03 <sup>a</sup>
<i>Biocholine groups</i>				
CON		0.956 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.687 ± 0.07 <sup>a</sup>	0.857 ± 0.02 <sup>a</sup>
BIO		1.182 ± 0.05 <sup>b</sup>	0.628 ± 0.08 <sup>a</sup>	0.842 ± 0.02 <sup>a</sup>

HW: Hyper precocious weaning; EP: Precocious weaning; CW: Conventional weaning; CON: animals did not receive biocholine; BIO: animals received biocholine.

Within treatment, values followed by different letters within a column differ significantly ( $P < 0.05$ ).

CW-BIO heifers showed greater HH more compared to CW-CON (**Fig. 4**;  $P < 0.05$ ), and showed an interaction between weaning x biocholine ( $P < 0.05$ ). In contrast, the TP had no difference between the groups along the evaluated

periods ( $P > 0.05$ ), and showed no interaction between weaning  $\times$  biocholine ( $P > 0.05$ ).



**Fig. 4** - Heifers hip height means from different weaning groups subjected to treatment with or without BIO at the end of the experimental period for 150 days.

Overall, animals that reached puberty showed an average of  $331.0 \pm 23.14$  kg BW,  $122.0 \pm 2.58$  cm HH and  $165.4 \pm 3.45$  cm TP and  $2.7 \pm 0.14$  BW:HH at the time of ovulation detection on D8 after puberty induction protocol. We observed that the diameter of the dominant follicle at the beginning and end of prepuberal induction were not influenced neither by age at weaning or biocholine supplementation ( $P > 0.05$ ). In addition, there was no interaction between weaning  $\times$  biocholine treatments for heifers at puberty, BW, HH, TP or BW:HH parameters.

At the time of ovulation detection, the heifers from the HW group had 32.1 kg BW greater compared to CW ( $P < 0.05$ ). In addition, the HH and BW:HH from HW group were also higher compared to CW ( $P < 0.05$ ); however, the variables did not differ between BIO and CON treatments ( $P > 0.05$ ). Data from growth traits, BW and age at puberty are showed in **Table 4**. At the time of puberty

detection, heifers that showed the presence of CL were  $29.9 \pm 11.05$  kg BW more and  $7.04 \pm 1.89$  cm TP higher compared to those that did not ovulate ( $330.3 \pm 6.11$  BW;  $158.2 \pm 1.58$  TP, respectively;  $P < 0.05$ ). There was no difference in HH and BW:HH ratio between animals that ovulated and those that did not ovulate ( $P > 0.05$ ).

**Table 4.** Growth trait parameters, BW and age at puberty from animals in different weaning groups and biocholine treatments at the time of puberty appearance.

Evaluated parameters	Age at puberty (days)	TP (cm)	HH (cm)	BW (kg)	BW:HH
<i>Weaning groups</i>					
HW	$408.1 \pm 6.96$	$164.30 \pm 1.3$	$123.47 \pm 0.7$	$334.6 \pm 7.66$	$2.70 \pm 0.51$
EW	$407.0 \pm 12.04$	$163.16 \pm 1.7$	$121.77 \pm 1.0$	$323.4 \pm 10.0$	$2.65 \pm 0.67$
CW	$420.0 \pm 8.80$	$160.58 \pm 1.5$	$119.54 \pm 0.8$	$302.4 \pm 8.84$	$2.52 \pm 0.58$
<i>Biocholine groups</i>					
CON	$418.0 \pm 6.22$	$162.66 \pm 1.3$	$120.87 \pm 0.7$	$311.1 \pm 7.94$	$2.57 \pm 0.05$
BIO	$405.4 \pm 9.04$	$162.34 \pm 1.1$	$121.73 \pm 0.6$	$323.2 \pm 6.83$	$2.65 \pm 0.04$

HW: Hyper precocious weaning; EP: Precocious weaning; CW: Conventional weaning; CON: animals did not receive biocholine; BIO: animals received biocholine; BW: Body weight; H: Hip height; TP: Thoracic perimeter.

## Discussion

Interactions among growth development from different weaning groups and animals submitted to BIO treatment were only detected for HH parameter, indicating that HH change was greater for CW-BIO compared to heifers without supplementation. In this study, the body development among the weaning groups of animals submitted to BIO treatment were similar regardless of BW, TP and age at puberty. Our results on HH may reflect the respective overall ADG of each growth rate treatment, although the CW had the lowest overall ADG compared to HW heifers which had the greatest ADG among the experiment period.

Perhaps, the magnitude of differences for overall ADG among heifers would bring insights on the possible uses of earlier weaning animals to attain body weight growth that would increase the earlier puberty appearance. Studies performed by Restle et al. (1999), Arthington, Spears and Miller (2005) and

Blanco, Casasus and Palacio (2009), showed that early weaning did not affect body development when the calves were fed at adequate nutritional levels. In agreement to our results, Moriel et al. (2014) evaluating crossbred heifers weaned early (72 days of age) and feeding them a high energy diet until traditional weaning (252 days of age). They reported an increase of 29 Kg BW (287 vs 316kg) at puberty of heifers weaned earlier compared to conventional weaning; additionally, early weaning group reduced age at puberty by 102 days. Interestingly, our study using HW heifers observed an increase in BW (>32kg) compared to CW at the end of the evaluated period, thus, this practical management approach can be used to improve animal efficiency of replacement heifers.

Animals supplemented with the additive BIO did not present higher performance at the end of the experiment. However, when they were on ryegrass pasture, of better nutritional quality, their ADG weight was 226 g higher than the control group. Thus, this 11.3% increases in animals supplemented with BIO in raygrass pasture is higher than reported by Bindel et al. (2000) that observed an increase of 8.6% in BW gain in confined heifers supplemented with protected choline additive. Similar to this result, other authors also reported improved performance in beef cattle (Bryant et al. 1999; Pinotti et al. 2009) and lambs (Bryant et al. 1999; Leal et al. 2021). Bryant et al. (2021), also found changes in the metabolism of lipids and hormones mediated by them in confined lambs supplemented with protected choline. Perhaps, the mechanism by which BIO may interfere to live weight gain in heifers are still to be explore, therefore additional findings are necessary to comprehend the biological processes, at the cellular and molecularly level, to support the BIO outcome in animal production.

Appropriate nutritional consumption, as exhibited by higher body condition score, increases the appearance of estrus in heifers (Patterson et al. 1992; Gasser et al. 2006b; Cardoso et al. 2014; Pereira et al. 2017). Heifers from this experiment, gained an average of 0.850 Kg/day, which did not allow the onset of precocious puberty, but allowed them to enter the reproductive activity with less than 14 months, even though the weaning groups had no difference in BW at puberty. Additionally, the average BW of heifers in this experiment was  $331.0 \pm 23.14$  kg at puberty, in agreement with studies published by other researchers who observed a variation in BW at puberty between 320 and 340 kg in Brangus

heifers (McCartor, Randel, and Carroll 1979; Shirley et al. 2006). Given the importance of BW and ADG, genetic and progenies programs in bovine have been established to provide mandatory nutrition requirements which play a key role to improve heifer to reach the early puberty period. In that line, the diet supplementation prior and post weaning is essential to ensure the absence of morbidity between treatments and it also to demonstrate their own growth potential (Myers et al. 1999; Arthington, Spears and Miller 2005; Gonzales et al. 2019). In addition, weaning management represents an important stressor (Odeon et al. 2019) and strategies are necessary to ensure the proper development of the animals. Thus, the management of hyper early weaning beef heifers will greatly impact the future success of the cow-calf production systems and may contribute to sustainable beef production.

In the present study, animals subjected to HW management showed higher BW, HH and BW:HH compared to animals subjected to CW at the time of ovulation detection. These observations are in agreement with Myers et al. (1999) that evaluating crossbred calves and found a higher ADG and a better feeding efficiency in animals weaned early at 90 days. Similarly, Schoonmaker et al. (2001) reported that steers weaned earlier (108 days old) were more efficient and had greater ADG (1.61 vs 1.50 kg/d) than traditional weaning (202 days old). It is important to note that heifers should achieve puberty to conceive earlier during their initial breeding season, this highlights the important of age on puberty attainment when the ADG has improved among the weaning period.

We believe that this positive effect on ADG by the inclusion of BIO only on ryegrass pasture is attributed to the fact that BIO needs a high nutritional level to improve growth performance as observed in confined heifers (average initial BW = 341.5 kg) and in beef steers (average initial BW = 350.9 kg) subjected to a high level of concentrate supplementation (Bryant et al. 1999; Bindel et al. 2000). Perhaps, the consumption from 10 to 16 g/day/animal of BIO may have been insufficient to improve the performance of heifers. A study by Bindel et al. (2000) showed a higher consumption rate in finishing beef heifers by increased ADG and gain efficiency when they consumed 20 g/day of protected choline. Furthermore, the bioavailability of choline is influenced by dose, mode of administration, stage of animal development, and dietary composition (Baldi and Pinotti 2006). In a recent study, Leal et al. (2021) suggest that BIO modifies the

concentration of ruminal volatile fatty acids, probably by changing the bacterial population, it is possible because BIO improved the rumen environment, impairing the development of some groups of bacteria.

Heifer's reproductive status was evaluated by transrectal ultrasonography based on the physiological and morphological maturity of the reproductive tract. Evaluation of the reproductive tract scoring is an important tool to indicate the reproductive readiness of beef heifers and it also to select heifers with increased of estrus appearance (Monteiro et al. 2013). Heifer reproductive success is highly linked to early conception in the breeding season (Mwansa et al. 2000; Cushman et al. 2013). In addition, crossbred heifers usually displayed estrus at an earlier age than purebreds (Byerley et al. 1987; Freetly and Cundiff 1997; Cardoso et al. 2014). Thus, the uses of weaning and diet managements strategies aimed towards to increase the percentage of heifers reaching puberty earlier in lifetime.

In the present study, the puberty induction protocol had the same impact on heifer reproductive performance irrespective of the weaning groups treatment. In this experiment, age at weaning did not influence age at puberty in beef heifers, probably due to the similar development of the groups. Gasser et al. (2006c), also found no difference in age at puberty when comparing calves weaned at 104 and 208 days of age when they were fed a high-energy diet. Even though metabolic health and liver health are critical for normal ovarian function and fertility in cattle (Freetly and Cundiff 1997), the BIO supplementation also did not influence the reproductive parameters in our experiment.

The puberty depends on neuroendocrine events (Cardoso et al. 2014) that can be influenced by several factors such as age at weaning, nutrition, BW, ADG (Gasser et al. 2006c) and body structure (Pereira et al. 2017). Thus, we observed that animals with the presence of CL were, overall, 29.9 kg BW greater than heifers with no sign of estrus detection. In addition, the TP was also higher for heifers that reached puberty earlier. In this manner, Moriel et al. (2017) observed that interactions among growth rate and puberty induction protocol were not detected for any variable, but the heifers who have a high (1.0 kg/dia) and a medium (0.73kg/dia) growth rate that were heavier at the time of induction had a greater percentage of puberty achievement at an earlier stage. Likewise, the results found by Gasser et al. (2006a) using Angus and Simental heifers weaned at 73 days of age and supplemented with a high concentrate diet, increased BW

gain after 118 days of diet feeding and reached puberty earlier (226 days) compared to control (368 days). However, in the same study (Gasser et al. 2006a), showed that puberty occurred at a lesser BW than in heifers from the control treatment. Thus, our findings are in contrast to other reports in which diet supplementation aimed to reach puberty was associated with higher ADG and increased BW at puberty.

It is important to emphasize that reaching puberty at the beginning of the reproductive season allows the pregnancy rate and timing of conception to improve in the first season, and this will impact the productivity of heifer's useful life (Patterson et al. 1992; D'Occhio, Baruselli and Campanile 2013; Barcellos et al. 2014; Cardoso et al. 2014). Finally, either TP and BW impacted overall estrous detection by the presence of CL. Thus, the pubertal induction protocol can be used to enhance as an effective strategy to anticipate puberty attainment in Brangus heifers (Moriel et al. 2017; Ranches et al. 2019). Nevertheless, our results showed evidence that management of diet and animal growth parameters during early weaning can provide substantial control of puberty onset in heifers before the beginning of their first breeding season, potentially resulting in improved pregnancy rates.

We concluded that heifers submitted to HW showed an appropriated body development parameter to achieve puberty at the same age. The addition of BIO supplementation with ryegrass pasture led to an increase in ADG weight. Although the cellular mechanisms by BIO performance in ruminants are still unknown, we suggest a more intensive feeding experiments to investigate the effects of BIO on essential nutritional requirements in beef heifers.

### **Statement of Animal Rights**

All procedures with animals during this study were approved by the Ethical Committee for Care and Use of Experimental Animals of the Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Protocol 33439; CEUA/UFRGS).

## References

- Allen, C.C., Tedeschi, L.O., Keisler, D.H., Cardoso, R.C., Alves, B.R.C., Amstalden, M., Williams, G.L., 2017. Interaction of dietary energy source and body weight gain during the juvenile period on metabolic endocrine status and age at puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*; 95: 2080–2088. <https://doi.org/10.2527/jas.2016.1002>.
- Amundson, O. L., Fountain, T. H., Larimore, E. L., Richardson, B. N., McNeel, A. K., Wright, E. C., Keisler D.H., Cushman R.A., Perry G.A., Freetly H.C., 2015. Postweaning nutritional programming of ovarian development in beef heifers<sup>1,2</sup>. *Journal of Animal Science*; 93: 5232–5239. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9067>.
- Andersen, K.J., Lefever, D.G., Brinks, J.S., Odde, K.G., 1991. The use of reproductive tract scoring in beef heifers. *Agriculture Practice*; 12: 19-26.
- Arthington, J.D.; Spears, J.W.; Miller, D.C., 2005. The effect of early weaning on feedlot performance and measures of stress in beef calves<sup>1,2</sup>. *Journal of Animal Science*; 83: 933-939. <https://doi.org/10.2527/2005.834933x>.
- Baldi, A. and Pinotti, L., 2006. Choline metabolism in high-producing dairy cows: metabolic and nutritional basis. *Canadian Veterinary Journal*; 86: 207–212. <https://doi.org/10.4141/A05-061>.
- Barcellos, J.O.J, Pereira, G.R., Dias, E.A., McManus, C., Canellas, L., Bernardi, M., Tarouco, A., Prates, E., 2014. Higher feeding diets effects on age and liveweight gain at puberty in crossbred Nelore × Hereford heifers. *Tropical Animal Health and Production*, 46, 953–960. <https://doi.org/10.1007/s11250-014-0593-6>.
- Barrios, J.M., Lichtenberger, L.M., 2000. Role of biliary phosphatidylcholine in bile acid protection and NSAID injury of the ileal mucosa in rats. *Gastroenterology*; 118: 1179-1186. [https://doi.org/10.1016/S0016-5085\(00\)70371-4](https://doi.org/10.1016/S0016-5085(00)70371-4).
- Bindel, D.J., Drouillard, J.S., Titgemeyer, E.C., Wessels, R.H., Loest C.A., 2000. Effects of ruminally protected choline and dietary fat on performance and blood metabolites of finishing heifers. *Journal of Animal Science*; 78: 2497-2503. <https://doi.org/10.2527/2000.78102497x>.
- Biswas, S., Giri S., 2015. Importance of choline as essential nutrient and its role in prevention of various toxicities. *Prague Medical Report*; 116: 5-15. <https://doi.org/10.14712/23362936.2015.40>.
- Blanco, M., Casaus, I., Palacio, J., 2009. Effect of age at weaning on the physiological stress response and temperament of two beef cattle breeds. *Animal*; 3: 108-117. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002978>.
- Bryant, T.C., Rivera, J.D., Galyean, M.L., Duff, G.C., Hallford, D.M., Montgomery, T.H., 1999. Effects of dietary level of ruminally protected choline on performance and carcass characteristics of finishing beef steers and on growth and serum metabolites in lambs. *Journal of Animal Science*; 77: 2893-2903. <https://doi.org/10.2527/1999.77112893x>.



- Buskirk, D.D., Faulkner D.B., Ireland F.A., 1995. Increased postweaning gain of beef heifers enhances fertility and milk production. *Journal of Animal Science*; 73: 937–946. <https://doi.org/10.2527/1995.734937x>.
- Byerley, D.J., Staigmiller, R.B., Berardinelli, J.G., Short R.E., 1987. Pregnancy rates of beef heifers bred either on puberal or third estrus. *Journal of Animal Science*; 65: 645–650. <https://doi.org/10.2527/jas1987.653645x>.
- Cardoso, R.C., Alves, B.R.C., Prezotto, L.D., Thorson, J.F., Tedeschi, L.O., Keisler, D.H., Park C.S., Amstalden, M., Williams, G.L., 2014. Use of a stair-step compensatory gain nutritional regimen to program the onset of puberty in beef heifers<sup>1</sup>. *Journal of Animal Science*; 92: 2942–2949. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7713>.
- Corbin, K.D., Zeisel, S.H., 2012. Choline metabolism provides novel insights into nonalcoholic fatty liver disease and its progression. *Current Opinion in Gastroenterology*; 28: 159-165. <https://doi.org/10.1097/MOG.0b013e32834e7b4b>.
- Cooke, R.F., Río, N.S., Caraviello, D.Z., Bertics, S.J., Ramos, M.H., Grummer, R.R. 2007. Supplemental choline for prevention and alleviation of fatty liver in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*; 90: 2413-2418. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-028>.
- Cushman, R.A., Kill, L.K., Funston, R.N., Mousel, E.M., Perry G.A., 2013. Heifer calving date positively influences calf weaning weights through six parturitions. *Journal of Animal Science*; 91: 4486–4491. <https://doi.org/10.2527/jas2013-6465>.
- Day, M.L., Nogueira, G.P., 2013. Management of age at puberty in beef heifers to optimize efficiency of beef production. *Animal Frontiers*; 3: 6–11. <https://doi.org/10.2527/af.2013-0027>.
- Day, M.L., Anderson, L.H., 1998. Current concepts on the control of puberty in cattle. *Journal of Animal Science*; 76: 1–15. [https://doi.org/10.2527/1998.76suppl\\_31x](https://doi.org/10.2527/1998.76suppl_31x).
- D'Occhio, M., Baruselli, P.S., Campanile, G., 2019. Metabolic health, the metabolome and reproduction in female cattle: a review. *Italian Journal of Animal Science*; 18: 858-867. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2019.1600385>.
- Duff, G.C., Galyean, M.L., 2007. Board-invited review: recent advances in management of highly stressed, newly received feedlot cattle. *Journal of Animal Science*; 85: 823-840. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-501>.
- Farina, G., Kessler, A.M., Ebling, P.D., Marx, F.R., Cesar, R., Ribeiro, A.M.L., 2017 Performance of broilers fed different dietary choline sources and levels. *Ciência Animal Brasileira*; 18: 1-14. <https://doi.org/10.1590/1089-6891v18e-37633>.
- Freetly, H.C., Cundiff, L.V., 1997. Postweaning growth and reproduction characteristics of heifers sired by bulls of seven breeds and raised on different levels of nutrition. *Journal of Animal Science*; 75: 2841–51. <https://doi.org/10.2527/1997.75112841x>.

- Gasser, C.L., Grum, D.E., Mussard, M.L., Fluharty, F.L., Kinder, J.E., Day, M.L., 2006a Induction of precocious puberty in heifers I: Enhanced secretion of luteinizing hormone. *Journal of Animal Science*; 84: 2035–2041. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-636>.
- Gasser, C.L., Bridges, G.A., Mussard, M.L., Grum, D.E., Kinder, J.E., Day, M.L., 2006b Induction of precocious puberty in heifers III: Hastened reduction of estradiol negative feedback on secretion of luteinizing hormone. *Journal of Animal Science*; 84: 2050–2056. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-638>.
- Gasser, C.L., Burke, C.R., Mussard, M.L., Behlke, E.J., Grum, D.E., Kinder, J.E., Day, M.L., 2006c. Induction of precocious puberty in heifers II: Advanced ovarian follicular development1. *Journal of Animal Science*; 84: 2042–2049. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-637>.
- Gregory, K.E., Cundiff, L.V., Koch, R.M., 1922. Breed effects and heterosis in advanced generations of composite populations on actual weight, adjusted weight, hip height, and condition score of beef cows. *Journal of Animal Science*; 70: 1742–1754. <https://doi.org/10.2527/1991.6972795x>.
- Godínez-Cruz, J., Cifuentes-López, O., Cayetano, J., Lee-Rangel, H., Mendoza, G., Vázquez A., Roque A., 2015. Effect of choline inclusion on lamb performance and meat characteristics. *Journal Animal Science*; 93: 766. [https://www.researchgate.net/publication/314871111\\_Effect\\_of\\_choline\\_inclusion\\_on\\_lamb\\_performance\\_and\\_meat\\_characteristics](https://www.researchgate.net/publication/314871111_Effect_of_choline_inclusion_on_lamb_performance_and_meat_characteristics).
- Gonzalez, F.A.L., Tarouco, J.U., Lobato, J.F.P., Patino, H.O., Tarouco, A.K., Pinto, L.F.B., Pivato, M., Feijó, F.D. 2019. Average daily gain rates determine eye muscle area and rump fat depth of beef heifers. *Italian Journal of Animal Science*; 18: 13-19. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1466665>.
- Hersom, M., Imler, A., Thrift, T., Yelich, J., Arthington, J., 2015. Comparison of feed additive technologies for preconditioning of weaned beef calves. *Journal of Animal Science*; 93: 3169–3178. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8689>.
- Hollenbeck, C.B., 2012. An introduction to the nutrition and metabolism of choline. *Central Nervous System Agents in Medicinal Chemistry*; 12: 100-113. <https://doi.org/10.2174/187152412800792689>.
- Leal, K.W., Alba, D.F., Cunha, M.G., Marcon, H., Oliveira, F.C., Wagner, R., Silva, A.D., Lopes, T.F., De Jesus, L.S.B., Schetinger, M.R.C., Zoti, C.A., Kessler, J.D., Vedovatto, M., Silva, A.S., 2021 Effects of biocholine powder supplementation in ewe lambs: Growth, rumen fermentation, antioxidant status, and metabolism. *Biotechnology Reports*; 29: e00580. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00580>.
- Lin, X.Y., Wang, Y., Wang, J., Hou, Q.L., Hu, Z.Y., Shi, K.R., Yan, Z.G., Wang Z.H., 2018. Effect of initial time of forage supply on growth and rumen development in preweaning calves. *Animal Production Science*; 58: 2224-2232. <https://doi.org/10.1071/AN16667>.
- McCortor, M.M., Randel, R.D., Carroll, L.H., 1979. Dietary alteration of ruminal fermentation on efficiency of growth and onset of puberty in Brangus heifers. *Journal of Animal Science*; 48: 488–494. <https://doi.org/10.2527/jas1979.483488x>.

- Mendoza, G.D., Oviedo, M.F, Pinos, J.M., Lee-Rangel, H.A., Vazquez, A., Flores, R., Pérez, F., Roque, A., Cifuentes, O., 2020. Milk production in dairy cows supplemented with herbal choline and methionine. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*; 52: 332-343. <http://revistas.uncu.edu.ar/ojs/index.php/RFCA/article/view/3076>.
- Monteiro, F.M., Mercadante, M.E.Z., Barros, C.M., Satrapa, R.A., Silva, J.A.V., Oliveira, L.Z., Saraiva, N.Z., Oliveira, C.S., Garcia, J.M., 2013. Reproductive tract development and puberty in two lines of Nellore heifers selected for postweaning weight. *Theriogenology*; 80: 10-17. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2013.02.013>.
- Moriel, P., Johnson, S., Vendramini, J., Mercadante, V., Hersom, M., Arthington, J., 2014. Effects of calf weaning age and subsequent management system on growth and reproductive performance of beef heifers. *Journal of Animal Science*; 92: 3096-3107. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7389>.
- Moriel, P., Lancaster, P., Lamb, G.C., Vendramini, J.M.B., Arthington, J.D., 2017. Effects of post-weaning growth rate and puberty induction protocol on reproductive performance of *Bos indicus*-influenced beef heifers. *Journal of Animal Science*; 95: 3523–3531. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7389>.
- Myers, S.E, Faolkner, D.B., Ireland, F.A., Parret, D.F., 1999. Comparison of three weaning ages on cow-calf performance and steer carcass traits. *Journal of Animal Science*; 77: 323-333. <https://doi.org/10.2527/1999.772323x>.
- Mwansa, P.B., Kemp, R.A., Crews, D.H. Jr, Kastelic, J.P., Bailey, D.R.C., Coulter, G.H., 2000 Selection for cow lifetime pregnancy rate using bull and heifer growth and reproductive traits in composite cattle. *The Canadian Veterinary Journal*; 80: 507–510. <https://doi.org/10.4141/A99-135>.
- Odeon, M.M, Munilla, M.E., Lado, M., Fino, F., Maidana, S., Vittone, J.S., Romera, S., 2019. Stress Response at different Ages of Weaning in Cattle. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*; 4: 133-141. <https://doi.org/10.22161/ijeab/4.1.22>.
- Patterson, D.J., Perry, R.C., Kiracofe, G.H., Bellows, R.A., Staigmiller, R.B., Corah, L.R., 1992. Management considerations in heifer development and puberty. *Journal of Animal Science*; 70: 4018-4035. <https://doi.org/10.2527/1992.70124018x>.
- Pereira, G.R., Barcellos, J.O.J., Sessim, A.G., Tarouco, J.U., Feijó, F.D., Neto, J.B., Prates, E.R, Canozzi, M.E., 2017. Relationship of post-weaning growth and age at puberty in crossbred beef heifers. *Revista Brasileira de Zootecnia*; 46: 413-420. <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-92902017000500007>.
- Pinotti, L., Paltanin, C., Campagnoli, A., Cavassini, P., Dell’Orto, V., 2009. Rumen protected choline supplementation in beef cattle: effect on growth performance. *Italian Journal of Animal Science*; 8: 322-324. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s2.322>.
- Ranches, J., Vedovatto, M., Palmer, E., Miranda, M., Arthington, J., Vendramini, J., Moriel, P., 2019. Puberty induction protocol, but not supplement amount, overcomes the negative impacts of reduced frequency of supplementation on reproduction of beef heifers. *Journal of Animal Science*; 97: 17. [https://academic.oup.com/jas/issue/97/Supplement\\_1](https://academic.oup.com/jas/issue/97/Supplement_1).

- Restle, J., Polli, V.A., Filho, D.C.A., Senna, D.B., Vaz, R.Z., Bernardes, R.A.C., Silva, J.H.S., 1999. Desenvolvimento de bovinos de corte de diferentes grupos genéticos desmamados aos 3 ou 7 meses de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*; 28: 1023-1030. <https://doi.org/10.1590/S1516-35981999000500017>.
- Rodrigues, A.D., Peres, R.F., Lemes, A.P., Martins, T., Pereira, M.H., Day, M.L., Vasconcelos, J.L., 2013. Progesterone-based strategies to induce ovulation in prepubertal Nelore heifers. *Theriogenology*; 79: 135–141. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.09.018>.
- Rodríguez-Guerrero, V., Lizarazo, A.C., Ferraro, S., Suarez, N., Miranda, L.A., Mendoza, G.D., 2018. Effect of herbal choline and rumen-protected methionine on lamb performance and blood metabolites. *South African Journal of Animal Science*; 48: 142-146. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v48i3.3>.
- Salazar, L.F.L., Nero, L.A., Campos-Galvão, M.E.M., Cortinhas, C.S., Acedo, T.S., Tamassia, L.F.M., Busato, K.C., Morais, V.C., Rotta, P.P., Silva A.L., Marcondes, M.I., 2019 Effect of selected feed additives to improve growth and health of dairy calves. *PLoS ONE*; 14: e0216066. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216066>.
- Schoonmaker, J.P., Fluharty, F.L., Loerch, S.C., Turner, T.B., Moeller, S.J., Wulf, D.M., 2001. Effect of weaning status and implant regimen on growth, performance, and carcass characteristics of steers, *Journal of Animal Science*; 79: 1074–1084. <https://doi.org/10.2527/2001.7951074x>.
- Shirley, K.L., Thomas, M.G., Keisler, D.H., Hallford, D.M., Montrose, D.M., Silver, G.A., Garcia, M.D., 2006. A Chihuahuan Desert Brangus Breeding Program: feed efficiency, metabolic hormones, and puberty in heifers sired by bulls with differing expected progeny differences for growth and scrotal. *The Professional Animal Scientist*; 22: 48-58. 2006. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31060-3](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31060-3).
- Vendramini, J.M.B., Moriel, P., Cooke, R.F., Arthington, J.D., da Silva, H.M., Piccolo, M.B., Sanchez, J.M.D., Gomes, V., Mamede, P.A., 2018. Effects of monensin inclusion into increasing amount of concentrate on growth and physiological parameters of early-weaned beef calves consuming warm-season grasses. *Journal of Animal Science*; 96: 5112-5123. <https://doi.org/10.1093/jas/sky374>.
- Wiltbank, J.N., Gregory, K.E., Swiger, L.A., Ingalls, J.E., Rothlisberger, J.A., Koch, R.M., 1966. Effects of heterosis on age and weight at puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science*; 25: 744–751. <https://doi.org/10.2527/1992.70124006x>.
- Zeisel, S.H., Costa, K.A., 2009. Choline: an essential nutrient for public health. *Nutrition Reviews*; 67: 615-623. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00246.x>.

### **CAPÍTULO III**

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tomada de decisão em sistemas de produção de bovinos de corte, é um processo complexo, uma vez que a realização de uma ação, pode ocasionar efeitos generalizados e duradouros dentro do sistema. Por isso, este experimento possibilita averiguar a viabilidade da utilização de duas tecnologias, o uso do aditivo biocolina e do desmame hiperprecoce.

A hipótese de que a suplementação com biocolina proporcionaria aumento no ganho de peso foi parcialmente comprovada, uma vez que, a adição de suplementação de biocolina em pastagem de azevém levou a um aumento no peso do GMD. Esse aumento no ganho de peso não foi suficiente para proporcionar redução da idade a puberdade, visto que, as novilhas permaneceram um curto período nessa pastagem.

A hipótese que a idade ao desmame não afetaria o desenvolvimento corporal pós desmame e não afetaria o desenvolvimento reprodutivo, foi comprovada, uma vez que as novilhas do desmame hiperprecoce apresentaram um parâmetro de desenvolvimento corporal adequado para atingir a puberdade na mesma idade dos demais grupos.

Portanto, novilhas desmamadas com 30 dias de idade, podem ser entouradas com 14 meses, apresentando estrutura corporal adequada, desde que, alimentada com nível nutricional adequado. Por fim, os mecanismos celulares pelo desempenho da biocolina em ruminantes ainda são desconhecidos, experimentos de alimentação mais intensivos para investigar os efeitos desse aditivo nas exigências nutricionais essenciais em novilhas de corte.

## REFERÊNCIAS

- AKTAS, M. *et al.* Phosphatidylcholine biosynthesis and its significance in bacteria interacting with eukaryotic cells. **European Journal of Cell Biology**, Jena, v. 89, n. 12, p. 888-894, 2010.
- ALLEN, C. C. *et al.* Interaction of dietary energy source and body weight gain during the juvenile period on metabolic endocrine status and age at puberty in beef heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 95, n. 5, p. 2080-2088, 2017.
- AMUNDSON, O. L. *et al.* Postweaning nutritional programming of ovarian development in beef heifers<sup>1,2</sup>. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 93, n. 11, p. 5232-5239, 2015.
- ANDERSON, L. H.; MCDOWELL, C. M.; DAY, M. L. Progestin-induced puberty and secretion of luteinizing hormone in heifers. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 54, p. 1025–1031, 1996.
- ARTHINGTON, J. D.; KALMBACHER, R. S. Effect of early weaning on the performance of three-year-old, first-calf beef heifers and calves reared in the subtropics<sup>1,2</sup>. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 5, p. 1136-1141, 2003.
- ARTHINGTON, J. D.; SPEARS, J. W.; MILLER, D. C. The effect of early weaning on feedlot performance and measures of stress in beef calves<sup>1,2</sup>. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 4, p. 933-939, 2005.
- ARTHINGTON, J. D.; VENDRAMINI, J. M. B. 126 early weaning beef calves from first-calf *Bos indicus*-influenced cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 94, p. 61-61, 2016. Supl. 1.
- BALDI, A.; PINOTTI, L. Choline metabolism in high-producing dairy cows: metabolic and nutritional basis. **Canadian Veterinary Journal**, Ottawa, v. 86, p. p. 207–212, 2006.
- BARCELLOS, J. O. S.; PRATES, E. R.; LOPES, J. Influência da estrutura corporal na idade à puberdade de novilhas Braford. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Viçosa. **Anais**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. p. 397.
- BARCELLOS, J. O. J. *et al.* **Crescimento de fêmeas bovinas de corte aplicado aos sistemas de cria**. Porto Alegre: Departamento de Zootecnia. UFRGS, 2003. 72 p. (Sistemas de Produção em Bovinos de Corte. Publicação Ocasional, 1).

BARCELLOS, J. O. J. *et al.* Higher feeding diets effects on age and liveweight gain at puberty in crossbred Nelore x Hereford heifers. **Tropical Animal Health and Production**, Dordrecht, v. 46, n. 6, p. 953-960, Apr. 2014.

BARCELLOS, J. O. J. **Cadeia produtiva & sistemas de produção**. 2. ed. Guaíba: Agrolivros, 2019. 304 p.

BARRIOS, J. M.; LICHTENBERGER, L. M. Role of biliary phosphatidylcholine in bile acid protection and NSAID injury of the ileal mucosa in rats. **Gastroenterology**, Philadelphia, v. 118, n. 6, p. 1179-1186, 2000.

BERGFELD, E. G. M. *et al.* Ovarian follicular development in prepubertal heifers is influenced by level of dietary energy intake. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 51, n. 5, p. 1051-1057, 1994.

BERGFELD, E. G. M. *et al.* Changing dose of progesterone results in sudden changes in frequency of luteinizing hormone pulses and secretion of 17 $\beta$ -estradiol bovine females. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 54, p. 546-553, 1996.

BINDEL, D. J. *et al.* Effects of ruminally protected choline and dietary fat on performance and blood metabolites of finishing heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 10, p. 2497-2503, 2000.

BISWAS, S.; GIRI, S. Importance of choline as essential nutrient and its role in prevention of various toxicities. **Prague Medical Report**, Praha, v. 116, n. 1, p. 5-15, 2015.

BLANCO, M.; CASASÚS, I.; PALACIO, J. Effect of age at weaning on the physiological stress response and temperament of two beef cattle breeds. **Animal**, Cambridge, v. 3, n. 1, p. 108-117, 2009.

BROAD, T.; DAWSON, R. M. Phospholipid biosynthesis in the anaerobic protozoon *Entodinium caudatum*. **Biochemical Journal**, London, v. 146, n. 2, p. 317-328, 1975.

BURKE, C. R. *et al.* Some effects of prematurely elevated concentrations progesterone on luteal and follicular characteristics during the estrous cycle in heifers. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 35, p. 27-39, 1994.

CARDOSO, R. C. *et al.* Use of a stair-step compensatory gain nutritional regimen to program the onset of puberty in beef heifers<sup>1</sup>. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 92, n. 7, p. 2942-2949, 2014a.

CARDOSO, R. C. *et al.* Reciprocal changes in leptin and NPY during nutritional acceleration of puberty in heifers. **The Journal of Endocrinology**, Bristol, v. 223, n. 3, p. 289-298, 2014b.



CARVALHO, J. B. P. *et al.* Effect of early luteolysis in progesterone-based timed AI protocols in *Bos indicus*, *Bos indicus* x *Bos taurus* and *Bos taurus* heifers. **Theriogenology**, Los Altos, n. 69 p. 167–75, 2008.

CLARO JUNIOR, I. *et al.* Reproductive performance of prepubertal *Bos indicus* heifers after progesterone-based treatments. **Theriogenology**, Los Altos, v. 74, p. 903-911, 2010.

COLAZO, M. G.; KASTELIC, J. P.; MAPLETOFT, R. J. Effects of estradiol cypionate (ECP) on ovarian follicular dynamics, synchrony of ovulation, and fertility in CIDR-base, fixed-time AI programs in beef heifers. **Theriogenology**, Los Altos, v. 60, n. 2, p. 855-865, 2003.

CONTI, G. *et al.* Impacto de la técnica de destete hiperprecoz y precoz sobre el desempeño reproductivo de vientres com diferentes condiciones corporales. **Sítio Argentino de Producción Animal**, [Buenos Aires], p. 1-6, 2007.

COOKE, R. F. *et al.* Supplemental choline for prevention and alleviation of fatty liver in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, n. 5, p. 2413-2418, 2007.

COOKE, R. F. *et al.* Effects of acclimation to handling on performance, reproductive, and physiological responses of Brahman-crossbred heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 10, p. 3403-3412, 2009.

CORBIN, K. D.; ZEISEL, S. H. Choline metabolism provides novel insights into nonalcoholic fatty liver disease and its progression. **Current Opinion in Gastroenterology**, Philadelphia, v. 28, n. 2, p. 159-165, 2012.

CROSBY, L. *et al.* Influence of supplemental choline on milk yield, fatty acid profile, and postpartum weight changes in suckling ewes. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 100, p. 125, 2017. Supl. 2.

CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

DEMATTÊ FILHO, L. C. *et al.* Dietary supplementation of alternative methionine and choline sources in the organic broiler production in Brazil. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 489-496, 2015.

DAY, M. L. *et al.* Endocrine mechanisms of puberty in heifers: estradiol negative feedback regulation of luteinizing hormone secretion. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 31, n. 2, p. 332-341, 1984.

DAY, M. L. *et al.* Endocrine mechanisms of puberty in heifers. Role of hypothalamo-pituitary estradiol receptors in the negative feedback of estradiol on luteinizing hormone secretion. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 37, n. 5, p. 1054-1065, 1987.

DAY, M. L.; ANDERSON, L. H. Current concepts on the control of puberty in cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 3, p. 1-15, 1998.

DAY, M. L.; NOGUEIRA, G. P. Management of age at puberty in beef heifers to optimize efficiency of beef production. **Animal Frontiers**, London, v. 3, n. 4, p. 6-11, 2013.

DEL VECCHIO, R. P. *et al.* Concentration of 13,14-dihydro-15-keto-prostaglandin F<sub>2</sub>- $\alpha$ , estradiol 17- $\beta$  and progesterone during the peripubertal period in heifers. **Theriogenology**, Los Altos, v. 38, n. 3, p. 419-429, 1992.

DICKINSON, S. E. *et al.* Evaluation of age, weaning weight, body condition score, and reproductive tract score in pre-selected beef heifers relative to reproductive potential. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, London, v. 10, n. 1, p. 1-7, 2019.

DISKIN, M. G. *et al.* Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 78, n. 3/4, p. 345-370, 2003.

D'OCCHIO, M. J.; BARUSELLI, P. S.; CAMPANILE, G. Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: a review. **Theriogenology**, Los Altos, v. 125, p. 277-284, 2019.

DONALDSON, L. E. *et al.* Peripheral plasma progesterone concentration of cows during puberty, oestrous cycles, pregnancy and lactation, and the effects of under-nutrition or exogenous oxytocin on progesterone concentration. **The Journal of Endocrinology**, Bristol, v. 48, n. 4, p. 599-614, 1970.

DRACKLEY, J. K. Calf nutrition from birth to breeding. **Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 24, n. 1, p. 55-86, 2008.

DUFF, G. C.; GALYEAN, M. L. Board-invited review: recent advances in management of highly stressed, newly received feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, n. 3, p. 823-840, 2007.

EKLUND, M. *et al.* Potential nutritional and physiological functions of betaine in livestock. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v. 18, n. 1, p. 31-48, 2005.

FARINA, G. *et al.* Performance of broilers fed different dietary choline sources and levels. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 18, p. 1-14, 2017.

FERRAZ JUNIOR, M. V. C. *et al.* Puberdade em novilhas zebuínas: manejo e mecanismos para a antecipação. *In*: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO ANIMAL, 8., 2014, Pirassununga-SP. **Anais** [...]. Pirassununga: Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2014. cap. 2, p. 26-40. Disponível em: <http://posvnp.org/novo/wp-content/uploads/2016/03/VIII-SIMP%C3%93SIO->

VNP-P%C3%93S-GRADUA%C3%87%C3%83O-LIVRO-2014.pdf. Acesso em: 4 set. 2019.

GALLI, I. *et al.* **Destete precoce em cría vacuna**: manual para la toma de decisiones y ejecución de la técnica. Buenos Aires: INTA, 2005.

GARCIA, M. R. *et al.* Serum leptin and its adipose gene expression during pubertal development, the estrous cycle, and different seasons in cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 80, n. 8, p. 2158-2167, 2002.

GASSER, C. L. *et al.* Induction of precocious puberty in heifers III: hastened reduction of estradiol negative feedback on secretion of luteinizing hormone1. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 8, p. 2050-2056, 2006a.

GASSER, C. L. *et al.* Induction of precocious puberty in heifers I: enhanced secretion of luteinizing hormone1. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 8, p. 2035-2041, 2006b.

GEIGER, O.; LÓPEZ-LARA, I. M.; SOHLENKAMP, C. Phosphatidylcholine biosynthesis and function in bacteria. **Biochimica et Biophysica Acta. Molecular and Cell Biology of Lipids**, Amsterdam, v. 1831, n. 3, p. 503-513, 2013.

GODINEZ-CRUZ, J. G. *et al.* Effect of choline inclusion on lamb performance and meat characteristics. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 93, p. 766, 2015. Supl. 3.

GOTTSCHAL, C. S. **Desmame de bezerros de corte**. 2. ed. Guaíba: Agrolivros, 2009.

GRANDIN, T. Assessment of stress during handling and transport. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n. 1, p. 249-265, 1997.

GREGORY, K. E.; CUNDIFF, L. V.; KOCH, R. M. Breed effects and heterosis in advanced generations of composite populations on actual weight, adjusted weight, hip height, and condition score of beef cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 6, p. 1742-1754, 1992.

GUO, W. *et al.* Mitochondrial dysfunction in choline deficiency-induced apoptosis in cultured rat hepatocytes. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 39, n. 5, p. 641-650, 2005.

GUTIERREZ, D. B. *et al.* Phosphatidylcholine composition of pulmonary surfactant from terrestrial and marine diving mammals. **Respiratory Physiology & Neurobiology**, Amsterdam, v. 211, p. 29-36, 2015.

- HERSON, M. *et al.* Comparison of feed additive technologies for preconditioning of weaned beef calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 93, n. 6, p. 3169–3178, 2015.
- HOLLENBECK, C. B. An Introduction to the nutrition and metabolism of choline. **Central Nervous System Agents in Medicinal Chemistry**, Saif Zone, Sharjah, v. 12, n. 2, p. 100-113, 2012.
- HOLM, D. E.; THOMPSON, P. N.; IRONS, P. C. The value of reproductive tract scoring as a predictor of fertility and production outcomes in beef heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 6, p. 1934-1940, 2009.
- HONARAMOOZ, A. *et al.* Ultrasonographic evaluation of the pre-pubertal development of the reproductive tract in beef heifers. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 80, n. 1/2, p. 15-29, 2004.
- JOHNSTON, D. J. *et al.* Genetics of heifer puberty in two tropical beef genotypes in northern Australia and associations with heifer- and steer-production traits. **Animal Production Science**, v. 49, n. 6, p. 399-412, 2009.
- KASIMANICKAM, R. K. *et al.* Cyclicity, estrus expression and pregnancy rates in beef heifers with different reproductive tract scores following progesterone supplementation. **Theriogenology**, Los Altos, v. 145, p. 39-47, Mar. 2020.
- LEE-RANGEL, H. A. *et al.* Adición de diferentes fuentes de colina, en dietas para finalización de ovinos. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 26, n. 5, p. 94, 2018. Supl. 1. Trabalho apresentado na XXVI Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal e V Simposio Internacional de Producción Animal, realizado em Guayaquil, Ecuador. Resumo NR 11.
- LEAL, K. W. Effects of biocholine powder supplementation in ewe lambs: Growth, rumen fermentation, antioxidant status, and metabolism. **Biotechnology Reports**, Amsterdam, v. 29, [art.] e00580, 2021.
- LEWIS, E. D. *et al.* The form of choline in the maternal diet affects immune development in suckled rat offspring. **The Journal of Nutrition**, Rockville, v. 146, n. 4, p. 823-830, 2015.
- LI, Z.; VANCE, D. E. Phosphatidylcholine and choline homeostasis. **Journal of Lipid Research**, Memphis, v. 49, n. 6, p. 1187-1194, 2008.
- LIMA, F. S. *et al.* Effects of feeding rumen-protected choline on incidence of diseases and reproduction of dairy cows. **The Veterinary Journal**, London, v. 193, n. 1, p. 140-145, July 2012.
- LUGO, M. G. C. *et al.* Efecto del nivel de colina herbal en la producción y composición de leche en ganado lechero en pastoreo. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 26, n. 5, p. 82, 2018. Supl. 1. Trabalho apresentado na XXVI Reunión de la Asociación Latinoamericana de

Producción Animal e V Simposio Internacional de Producción Animal, realizado em Guayaquil, Ecuador. Resumo NR 05.

MARTINS, E. R. M. *et al.* Influência da suplementação de vitaminas A, D e E na função imune de bezerros alimentados com dieta à base de feno capim tifton (*Cynodon spp.*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 5, p. 453-459, maio 2016.

MENDOZA, G. D. *et al.* Uso de produtos herbales nutracéuticos em la alimentación de rumiantes. **Avances de la Investigación sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México**, Morelia, v. 1, n. 1, p. 69-86, 2018.

MENDOZA, G. D. *et al.* Milk production in dairy cows supplemented with herbal choline and methionine. **Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias**, Chacras de Coria, v. 52, n. 1, p. 332-343, 2020.

MOBERG, G. P. Biological response to stress: implications for animal welfare. *In*: MOBERG, G. P. P.; MENCH, J. A. **The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare** (Moberg and Mench). New York: CABI, 2000. p. 1-22.

MONTANHOLI, Y. R.; BARCELLOS, Júlio Otávio Jardim; COSTA, Eduardo Castro da. Variação nas medidas corporais e desenvolvimento do trato reprodutivo de novilhas de corte recriadas para o acasalamento aos 18 meses de idade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p. 185-190, fev. 2008.

MONTEIRO, F. M. *et al.* Reproductive tract development and puberty in two lines of Nellore heifers selected for postweaning weight. **Theriogenology**, Los Altos, v. 80, n. 1, p. 10-17, 2013.

MURATA, H.; SHIMADA, N.; YOSHIOKA, M. Current research on acute phase proteins in veterinary diagnosis: an overview. **The Veterinary Journal**, London, v. 168, n. 1, p. 28-40, 2004.

MYERS, S. *et al.* Comparison of three weaning ages on cow-calf performance and steer carcass traits. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, n. 2, p. 323-333, 1999.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1996.

PALMA, A. S. V. *et al.* Suplementação com aditivos nutricionais e minerais orgânicos no desempenho de bezerros Nelore recém-desmamados em pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 50, n. 11, p. 1071-1078, 2015.

PARA, I. A. *et al.* Impact of heat stress on the reproduction of farm animals and strategies to ameliorate it. **Biological Rhythm Research**, Lisse, v. 51, n. 4, p. 616-632, 2020.

PATTERSON, D. J.; CORAH, L. R.; BRETHOUR, J. R. Response of prepubertal *Bos Taurus* and *Bos indicus* x *Bos Taurus* heifers to melengestrol acetate with or without gonadotropin-releasing hormone. **Theriogenology**, Los Altos, v. 33, n. 3, p. 661-668, 1990.

PATTERSON, D. J. *et al.* Management considerations in heifer development and puberty. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 12, p. 4018-4035, 1992.

PEREIRA, G. R. *et al.* Relationship of post-weaning growth and age at puberty in crossbred beef heifers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 46, n. 5, p. 413-420, 2017.

PERRY, G. A. Factors affecting puberty in replacement beef heifers. **Theriogenology**, Los Altos, v. 86, p. 373-378, 2016.

PIRES, A. V. **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: FEALQ, 2010.

PIMENTEL, M. A. *et al.* Características da lactação de vacas Hereford criadas em um sistema de produção extensivo na região da campanha do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 159-168, 2006.

PINOTTI, L. *et al.* Rumen protected choline supplementation in beef cattle: effect on growth performance. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna, v. 8, n. 2, p. 322-324, 2009.

PRESCOTT, S. M. *et al.* Platelet-activating factor and related lipid mediators. **Annual Review of Biochemistry**, Palo Alto, v. 69, n. 1, p. 419-445, 2000.

RASBY, R. J. *et al.* Luteal function and estrus in peripubertal beef heifers treated with an intravaginal progesterone releasing device with or without a subsequent injection of estradiol. **Theriogenology**, Los Altos, v. 50, n. 1, p. 55-64, 1998.

RASBY, R. J.; FUNSTON, R. N. Nutrition and management of cows. **The Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 32, n. 2, p. 135-144, Apr. 2016.

RAO, A. V. N.; RAO, A. N.; VENKATRAMAIAH, P. Induced puberty in prepubertal zebu heifers treated with norgestomet and pregnant mare serum gonadotropin. **Theriogenology**, Los Altos, v. 26, n. 1, p. 27-36, 1986.

RESTLE, J. *et al.* Desenvolvimento de bovinos de corte de diferentes grupos genéticos desmamados aos 3 ou 7 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 28, n. 5, p. 1023-1030, 1999.

RODRÍGUEZ-GUERRERO, V. *et al.* Effect of herbal choline and rumen-protected methionine on lamb performance and blood metabolites. **South African Journal of Animal Science**, Pretoria, v. 48, n. 1, p. 142-146, 2018.

ROVIRA, J. M. **Manejo nutritivo de los rodeos de cria em pastoreo**. Motevideo: Hemisferio Sur, 1996.

SÁ FILHO, O. G.; THATCHER, W. W.; VASCONCELOS, J. L. M. Effect of progesterone and/or estradiol treatments prior to induction of ovulation on subsequent luteal lifespan in anestrus Nelore cows. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 112, p. 95–106, 2009.

SALAZAR, L. F. L. *et al.* Effect of selected feed additives to improve growth and health of dairy calves. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 14 n. 5, [art.] e02160662, 019.

SCARAMUZZI, R. J. *et al.* Regulation of folliculogenesis and the determination of ovulation rate in ruminants. **Reproduction, Fertility and Development**, East Melbourne, v. 23, n. 3, p. 444-467, 2011.

SILVA, F. M. B. *et al.* Estratégias para antecipação da puberdade em novilhas *Bos taurus indicus* pré-púberes. **Pubvet**, Maringá, v. 12, n. 12, p. 1-13, 2018.

SHARMA, B. K.; ERDMAN, R. A. Effects of high amounts of dietary choline supplementation on duodenal choline flow and production responses of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 71, n. 10, p. 2670-2676, Oct. 1988.

STAHRRINGER, R. C.; NEUENDORFF, D. A.; RANDEL, R. D. Seasonal variations in characteristics of estrous cycles in pubertal Brahman heifers. **Theriogenology**, Los Altos, v. 34, n. 2, p. 407-416, 1990.

SUN, F. *et al.* Regulation of nutritional metabolism in transition dairy cows: energy homeostasis and health in response to post-ruminal choline and methionine. **Plos ONE**, San Francisco, v. 11, n. 8, p. 1-27, 2016.

VASCONCELOS, J. L. M. *et al.* Intravaginal progesterone device and/or temporary weaning on reproductive performance of anestrus crossbred Angus x Nelore cows. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 111, p. 302-311, 2009.

VRISMAN, D. P. *et al.* Corpus luteum dynamics after ovulation induction with or without previous exposure to progesterone in prepubertal Nelore heifers. **Theriogenology**, Los Altos, v. 106, p. 60-68, Jan. 2018.

VENDRAMINI, J. M. B. *et al.* Effects of monensin inclusion into increasing amount of concentrate on growth and physiological parameters of early-weaned beef calves consuming warm-season grasses. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 31, p. 1-31, 2018.

XU, Z. Z. *et al.* Progesterone and follicular changes in postpartum non cyclic dairy cows after treatment with progesterone and estradiol or with progesterone, GnRH, PGFa and estradiol. **Theriogenology**, Los Altos, v. 54, n. 2, p. 273-282, 2000.

WILTBANK, J. N. *et al.* Effects of heterosis on age and weight at puberty in beef heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 25, n. 7, p. 744–751, 1966.

ZEISEL, S. H.; COSTA, K. A. Choline: an essential nutrient for public health. **Nutrition Reviews**, Washington, DC, v. 67, n. 11, p. 615-23, 2009.



## VITA

Vanessa de Lima, filha de Valdecir Souza de Lima e Giselda de Lima, nascida em 26 de junho 1995, em Caxias do Sul-RS. Concluiu o Ensino fundamental e o ensino médio no Colégio São José. Em 2013, ingressou na Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Caxias do Sul. Durante os anos de graduação desenvolveu atividades de Extensão no Setor de Medicina de Grandes Animais. Formou-se em Medicina Veterinária em fevereiro de 2018 e passou a trabalhar com assistência técnica e prestação de serviços veterinários. Em Abril de 2019 ingressou no Mestrado em Produção Animal, pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – UFRGS, sob orientação do professor Júlio Otávio Jardim Barcellos. Foi submetido a banca de defesa de Mestrado em março de 2021.