

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

**RELAÇÃO ENTRE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR COM O
DESEMPENHO REPRODUTIVO E DEPOSIÇÃO DE GORDURA EM
NOVILHAS BRANGUS**

CAROLINA SILVEIRA DA SILVA
Engenheira Agrônoma - UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos para a obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

Área de concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil.
Março, 2019.

CIP - Catalogação na Publicação

Silva, Carolina Silveira da
Relação entre medidas de eficiência alimentar com o desempenho reprodutivo e deposição de gordura em novilhas Brangus / Carolina Silveira da Silva. -- 2019.

134 f.

Orientador: José Fernando Piva Lobato.

Coorientadora: Adriana Kroef Tarouco.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2019.

1. Consumo alimentar residual. 2. Desempenho reprodutivo. 3. Fêmeas de reposição. 4. Bovinos de corte. 5. Composição corporal. I. Lobato, José Fernando Piva, orient. II. Tarouco, Adriana Kroef, coorient.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Carolina Silveira Da Silva
Engenheira Agrônoma

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: 25/03/2019
Pela Banca Examinadora

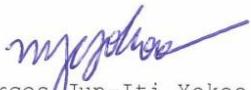
Homologado em: 22/05/2019
Por



JOSÉ FERNANDO PIVA LOBATO
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador



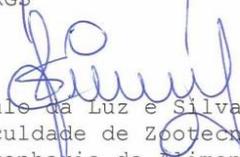
DANILO PEDRO STREIT JR.
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia



Marcos Jun-Iti Yokoo
EMBRAPA Pecuária Sul-Bagé



José Luiz Rodrigues
UFRGS



Saulo da Luz e Silva
Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos -
Pirassununga - SP



CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de Agronomia



UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA

Comissão De Ética No Uso De Animais



CARTA DE APROVAÇÃO

Comissão De Ética No Uso De Animais analisou o projeto:

Número: 33643

Título: CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL COMO ESTRATÉGIA DE SELEÇÃO E EFEITOS NAS CARACTERÍSTICAS DE COMPORTAMENTO ALIMENTAR, REPRODUTIVAS E DE CARCAÇA, OBTIDAS POR ULTRASSOM, EM FÊMEAS DE REPOSIÇÃO DA RAÇA BRAN

Vigência: 20/08/2017 à 20/12/2019

Pesquisadores:

Equipe UFRGS:

JAIME URDAPILLETA TAROUCO - coordenador desde 20/08/2017
JOSE FERNANDO PIVA LOBATO - pesquisador desde 20/08/2017
HAROLD OSPINA PATINO - pesquisador desde 20/08/2017
MARCELO PORTO NICOLA - Agrônomo desde 20/08/2017
Veronica Machado Rolim - Médico Veterinário desde 20/08/2017
LUCIO FRANCIOSI CARVALHO - Aluno de Mestrado desde 20/08/2017
CAROLINA SILVEIRA DA SILVA - Aluno de Mestrado desde 20/08/2017
João Luiz Benavides Costa - Aluno de Doutorado desde 20/08/2017
Fernanda Dornelles Feijó - Aluno de Doutorado desde 20/08/2017

Equipe Externa:

ADRIANA KROEF TAROUCO - pesquisador desde 20/08/2017

Comissão De Ética No Uso De Animais aprovou o mesmo , em reunião realizada em 06/12/2017 - SALA 330 DO ANEXO - PRÉDIO DA REITORIA DA UFRGS/CAMPUS CENTRO/UFRGS, em seus aspectos éticos e metodológicos, para a utilização de 60 fêmeas desmamadas da raça Brangus com idade inicial média de 240 dias e peso corporal médio de 170 Kg, pertencentes ao rebanho da Estação Experimental Agronômica (EEA) da UFRGS; de acordo com os preceitos das Diretrizes e Normas Nacionais e Internacionais, especialmente a Lei 11.794 de 08 de novembro de 2008, o Decreto 6899 de 15 de julho de 2009, e as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), que disciplinam a produção, manutenção e/ou utilização de animais do filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem) em atividade de ensino ou pesquisa.

Porto Alegre, Quinta-Feira, 14 de Dezembro de 2017

MARCELO MELLER ALIEVI
Coordenador da comissão de ética

AGRADECIMENTOS

A minha família pelo apoio e amor incondicional, pela paciência com meus momentos de ausência, mas principalmente por acreditarem em mim e no meu trabalho.

Aos meus amigos pelo suporte e apoio, em especial a minha comadre Priscila que sempre me apoiou e acreditou no meu potencial, a Sônia que se tornou uma grande amiga, sempre me apoiando e aconselhando, sendo uma parte importante desta conquista, e ao Lucas Mota por toda a ajuda com algumas questões da área das exatas, bem como ser um apoio em todos os momentos, trazendo muita alegria consigo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade e a CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Jaime Tarouco pela confiança e principalmente por todos os ensinamentos bem como a minha coorientadora Adriana Tarouco, pelo apoio, paciência e dedicação ao me ensinar coisas novas.

Aos meus colegas de grupo de pesquisa por todo apoio e auxílio nos dias de avaliação.

Ao meu mestre e amigo José Fernando Piva Lobato, por todos os ensinamentos, sobre pecuária e sobre a vida, pelo carinho e apoio em todas as horas, pelas oportunidades que me proporcionou.

A todos os funcionários da Estação Experimental Agronômica da UFRGS, em especial, ao diretor Prof^o Rafael Dionello por todo apoio e auxílio e a médica veterinária Verônica que além de amiga foi uma grande professora, bem como um grande apoio durante o decorrer do mestrado.

Que o fim desta etapa não seja um adeus e sim apenas um até logo, a todos meu carinho e reconhecimento.

MUITO OBRIGADA!

“Sou livre quando amo o que faço. Sou livre quando aceito que o mais importante é a minha consciência. Sou livre quando sei que, na hora do fracasso é sempre tempo de começar outra vez. Sou livre quando sou capaz de amar o instante da vida que eu tenho nas mãos.”

Juan Arias

RELAÇÃO ENTRE MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR COM O DESEMPENHO REPRODUTIVO E DEPOSIÇÃO DE GORDURA EM NOVILHAS BRANGUS¹

Autor: Carolina Silveira da Silva

Orientador: José Fernando Piva Lobato

Coorientadora: Adriana Kroef Tarouco

RESUMO

O estudo foi realizado com o objetivo de analisar o efeito do grau de eficiência para consumo alimentar residual (CAR) sobre o desempenho reprodutivo de novilhas Brangus, em seu primeiro serviço aos 13/15 meses de idade. As avaliações foram efetuadas em duas ocasiões: pós-desmame, quando da realização do teste de eficiência alimentar e durante a estação reprodutiva. Primeiramente, foi verificado o impacto da inclusão da espessura de gordura subcutânea no modelo de predição para CAR sobre: características de desempenho, outras medidas de eficiência alimentar, como o consumo e o ganho de peso residual (CGPR), e reprodutiva. Não foram encontradas diferenças nas variáveis estudadas, incluindo taxa de concepção, entre as classes de CAR, em nenhum dos modelos utilizados. Evidenciou-se uma redução no consumo de alimento pelos animais mais eficientes. A realização da classificação das novilhas quando a CGPR, utilizando em seu cálculo o CAR ajustado, pode ser uma medida alternativa de eficiência alimentar, pois visa selecionar animais com menores consumos e maiores ganhos de peso, sem impactar na deposição de gordura dos animais.

Posteriormente, verificaram-se as relações do CAR com a precocidade sexual das novilhas e seu desempenho reprodutivo em sua primeira estação de acasalamento. Foi observado que novilhas classificadas como peripuberais, 30 dias antes da estação reprodutiva, apresentaram maior *frame*, valor de escore de trato reprodutivo (ETR) e taxa de crescimento em comparação às impúberes. Não houve diferença de taxa de concepção entre as classes de CAR. A taxa de concepção ao final da estação reprodutiva foi de 76,27%. A espessura de gordura na picanha, entre as variáveis estudadas, foi a que mais influenciou as taxas de concepção (7 a 10%), neste grupo de animais, por atuar como um sinalizador do *status* nutricional para o eixo neuroendócrino e, com isso, impactar sobre o início da puberdade das novilhas. Os resultados deste estudo indicam que o ajuste do modelo para estimativas de CAR, incluindo a espessura de gordura subcutânea final, pode ser uma estratégia para amenizar os possíveis efeitos negativos da seleção para esta característica sobre a composição corporal e não afeta o desempenho reprodutivo das fêmeas.

Palavras-chave: escore de trato reprodutivo; eficiência alimentar; fêmeas de reposição; taxa de crescimento;

¹ Dissertação de Mestrado em Zootecnia- Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, (136 p.). Março, 2019.

RELATIONSHIP BETWEEN FEED EFFICIENCY MEASURES WITH REPRODUCTIVE PERFORMANCE AND FAT DEPOSITION IN BRANGUS HEIFERS¹

Author: Carolina Silveira da Silva
Adviser: José Fernando Piva Lobato
Co-adviser: Adriana Kroef Tarouco

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the effect of the efficiency level for residual food intake (RFI) on the reproductive performance of Brangus heifers, in their first service at 13/15 months of age. The evaluations were carried out on two occasions: post-weaning, during the performance of the food efficiency test and during the breeding season. First, the impact of the inclusion of subcutaneous fat thickness in the prediction model for RFI was verified on: performance characteristics, other food efficiency measures, such as residual intake and body weight gain (RIG), and reproductive performance. No differences were found in the studied variables, including conception rate, among RFI classes, in none of the models used. A reduction in food consumption by the most efficient animals was evidenced. The classification of heifers when RIG, using the adjusted RFI, may be an alternative measure of food efficiency, since it aims to select animals with lower intakes and higher weight gains, without impacting the fat deposition of the animals.

Subsequently, the relationships of the RFI with the sexual precocity of the heifers and their reproductive performance in their first mating season were verified. It was observed that heifers classified as peripubertal, 30 days before the reproductive season, had a higher frame, reproductive tract score (RTS) and growth rate compared to the unpublished. There was no difference in conception rate among RFI classes. The design rate at the end of the reproductive season was 76.27%. The rump fat thickness among the studied variables was the one that most influenced the design rates (7 to 10%) in this group of animals, since it acts as a sign of the nutritional *status* for the neuroendocrine axis and, with this, impact on the onset of puberty of heifers. The results of this study indicate that the adjustment of the model to RFI estimates, including final subcutaneous fat thickness, may be a strategy to mitigate the possible negative effects of selection for this trait on body composition and does not affect the reproductive performance of females.

Palavras-chave: reproductive tract score; feed efficiency; pregnancy at 13/15 months of age; puberty.

¹ Master of Science dissertation in Animal Production, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil, (136 p.). March, 2019.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	16
1. Introdução Geral	17
2. Revisão da Literatura	19
2.1. Medidas de eficiência alimentar	19
2.2. Comparação entre as medidas de eficiência alimentar em animais em crescimento	21
2.3. Consumo Alimentar Residual	21
2.3.1. Definição de Consumo Alimentar Residual	21
2.3.2. Bases fisiológicas do CAR.....	27
2.3.3. Benefícios e Limitações do CAR	30
2.3.4. GPR e CGPR	32
2.5. Puberdade	33
2.5.1. Fisiologia da reprodução em bovinos	37
2.5.2. Fatores que influenciam a puberdade	42
2.5.3. Avaliações de ciclicidade de fêmeas bovinas	45
2.6. Relação entre o Consumo Alimentar Residual e a puberdade e consequente vida produtiva em fêmeas bovinas	50
3. HIPÓTESES	53
4. OBJETIVOS	53
CAPITULO II	54
<i>Comparação entre modelos para estimativa de eficiência alimentar residual em novilhas Brangus de reposição</i>	54
CAPÍTULO III	81
<i>Eficiência alimentar residual e desempenho reprodutivo de novilhas Brangus aos 13/15 meses de idade</i>	81
CAPÍTULO IV	112
CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
APÊNDICES	114
REFERÊNCIAS	120

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes
ADG	Average daily gain
AgRP	Agouti-related protein
AOLUS	Área de olho de lombo via ultrassonografia
ARC	Núcleo arcuado
BIF	Beef Improvement Federation
BSC	Body condition score
BW	Body weight
CAR	Consumo alimentar residual
CARfat	Consumo alimentar residual estimado pelo modelo ajustado
CARpad	Consumo alimentar residual estimado pelo modelo padrão
CART	Cocaine- and amphetamine-regulated transcript
CGPR	Consumo e ganho de peso residual
CMS	Consumo de matéria seca
DP	Desvio padrão
ECC	Escore de condição corporal
EGPUS	Espessura de gordura na picanha via ultrassonografia
EGS	Espessura de gordura subcutânea
EGSUS	Espessura de gordura subcutânea via ultrassonografia
ETR	Escore de trato reprodutivo
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FCR	Conversão alimentar relativa
FHS	Hormônio folículo estimulante
g/kg	Gramas por kilograma
g/min	Gramas por minuto
GDM	Ganho diário médio
GDM-C	Ganho diário médio na fase de confinamento
GDM-DA	Ganho diário médio do desmame ao acasalamento
GDM-M	Ganho diário médio na fase reprodutiva
GDM-ND	Ganho diário médio do nascimento ao desmame
GnRH	Hormônio liberador de gonadotrofina

GPR	Ganho de peso residual
IATF	Inseminação a tempo fixo
IMS	Ingestão de matéria seca
kg DM/day	Kilogramas of dry matter per day
kg MS/dia	Kilogramas de matéria seca por dia
kg/d	Kilogramas por dia
kg/ha	Kilogramas por hectare
KR	Kleiber ratio
LH	Hormônio luteinizante
Mcal/kg MS	Megacaloria por kilograma de matéria seca
mg/kg	Miligrama por kilograma
MHz	Mega Hertz
mm	Milímetros
mm/dia	Milímetros por dia
MS	Matéria seca
NDT	Nutrientes digestíveis totais
NPY	Neuropeptídeo Y
PD	Peso ao desmame
PIB	Produto interno bruto
PMMT	Peso metabólico no meio do teste
PN	Peso ao nascer
POMC	Pró-opiomelanocortin
PV	Peso vivo
RFI	Residual Feed Intake
RFID	Radio frequency identification
RFIfat	Residual Feed Intake estimated by the adjusted model
RFIpad	Residual Feed Intake estimated by the standard model
RGR	Relative growth rate
UBFT	Rib fat thickness
RIG	Residual intake and gain
URFT	Rump fat thickness
RTS	Reproductive tract score

SD	Standard deviation
TC	Taxa de concepção
TCR	Taxa de crescimento relativo
TEC	Toneladas equivalente carcaça
TK	Taxa de Kleiber
α ER	Receptor de estrogênio alfa
α MSH	Hormônio estimulante de alfa-melanócitos

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1. Parâmetros de avaliação para determinação de ETR.....	48
--	----

Capítulo 2

Tabela 1. Composição da dieta.....	73
---	----

Tabela 2. Níveis nutricionais da dieta total.....	73
--	----

Tabela 3. Médias, desvio padrão, mínimo e máximo das variáveis dependentes	73
---	----

Tabela 4. Características de desempenho de novilhas Brangus 13/15 meses, de alto, médio e baixo Consumo Alimentar Residual, modelo padrão.....	74
---	----

Tabela 5. Características de desempenho de novilhas Brangus 13/15 meses de alto, médio e baixo Consumo Alimentar Residual (CARfat), com modelo ajustado para espessura de gordura.....	75
---	----

Tabela 6. Correlação de Consumo alimentar residual padrão (CARpad), Consumo alimentar residual ajustado para espessura de gordura (CARfat), consumo e ganho de peso residual (CGPR), ganho de peso residual (RG), consumo de matéria seca (CMS) e ganho médio diário (GDM), peso metabólico na metade do teste (PMMT), espessura de gordura subcutânea final (EGSUS), espessura de gordura na picanha final (EGPUS), peso vivo inicial (PV_i) e peso vivo final (PV_f) de novilhas Brangus, 13/15 meses.....	77
---	----

Tabela 7. Características de desempenho de novilhas Brangus 13/15 meses, classificadas como baixo, médio e alto para ganho peso residual (GPR).....	77
--	----

Tabela 8. Características de desempenho de novilhas Brangus 13/15 meses, classificadas como eficientes, intermediárias e ineficientes para consumo (CAR) e ganho peso residual ajustado (CGPRfat).....	78
---	----

Capítulo 3

Tabela 1. Composição da dieta.....	101
---	-----

Tabela 2. Níveis nutricionais da dieta total.....	101
--	-----

Tabela 3. Parâmetros de avaliação para determinação de ETR.....	101
--	-----

Tabela 4. Estatísticas descritivas das variáveis dependentes.....	102
--	-----

Tabela 5. Características de desempenho de fêmeas Brangus em diferentes classes de consumo alimentar residual ajustado para gordura durante a fase de recria.....	103
--	-----

Tabela 6. Características de desempenho de fêmeas Brangus em diferentes classes de consumo alimentar residual ajustado para gordura a fase reprodutiva.....	103
Tabela 7. Medidas de avaliação de crescimento e taxa de concepção em novilhas Brangus em diferentes <i>status</i> puberais.....	104
Tabela 8. Taxas de crescimento de fêmeas Brangus em diferentes <i>status</i> puberais em diferentes períodos.....	104
Tabela 9. Características de desempenho de fêmeas Brangus prenhas e não prenhas durante a fase de recria.....	103
Tabela 10. Características de desempenho de fêmeas Brangus prenhas e não prenhas durante a fase reprodutiva.....	107
Tabela 11. Correlação de Pearson entre as variáveis mensuradas até recria: peso ao nascer (PN), peso ao desmame (PD), peso vivo na avaliação de ETR (PVe), ganho de peso médio no período de confinamento (GDM-C), ganho de peso médio do nascimento a desmama (GDM-ND), de peso médio da desmama ao acasalamento (GDM-DA), espessura de gordura na picanha na avaliação de ETR (EGPUSe), idade em dias na avaliação de ETR (Idade), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de Kleiber (TK), consumo alimentar residual ajustado (CARfat).....	108
Tabela 12. Correlação de Spearman entre as variáveis mensuradas até a recria: escore de trato reprodutivo (ETR), frame escore (FRAME), escore de condição corporal (ECC), peso vivo na avaliação de ETR (PVe), ganho de peso médio (GDM), espessura de gordura na picanha na avaliação de ETR (EGPUSe), idade em dias na avaliação de ETR (Idade), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de Kleiber (TK).....	109
Tabela 13. Correlação de Pearson entre as variáveis mensuradas durante o período reprodutivo: peso vivo inicial (PVi), peso vivo final (PVf), ganho diário médio (GDM), espessura de gordura na picanha inicial (EGPUSi) e espessura de gordura na picanha final (EGPUSf).....	109
Tabela 14. Correlação de Spearman entre as variáveis mensuradas durante o período reprodutivo: escore de trato reprodutivo (ETR), frame escore (FRAME), escore de condição corporal inicial (ECCi), escore de condição corporal final (ECCf), peso vivo inicial (PVi), peso vivo final (PVf), ganho diário médio (GDM), espessura de gordura na picanha inicial (EGPUSi) e espessura de gordura na picanha final (EGPUSf), consumo alimentar residual ajustado (CARfat).....	110

RELAÇÃO DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1. Modelo da maturação sexual de novilhas.....	33
Figura 2. Modelo de ondas foliculares.....	38
Figura 3. Dinâmica folicular durante uma onda folicular, com suas respectivas fases hormônio dependente e evolução de tamanho de folículo.....	39
Figura 4. Taxas de deposição de vários tecidos em diferentes regiões do animal.....	43
Figura 5. Curvas de crescimento: (A) No diferentes biótipos (precoce e tardio), (B) Efeito do tamanho à maturidade sobre a composição corporal.....	44
Figura 6. Avaliação de diâmetro do corno uterino.....	46
Figura 7. Avaliação de diâmetro do folículo dominante.....	46
Figura 8. Avaliação de diagnóstico de gestação.....	47
Figura 9. Avaliação dos batimentos cardíacos para determinação de viabilidade fetal.....	47
Figura 10. Avaliação da posição do tubérculo genital, sexagem fetal.....	48

Capítulo 2

Figura 1. Relação entre consumo alimentar residual e espessura de gordura subcutânea em diferentes modelos: (A) CAR padrão e (B) CAR ajustado para gordura.....	76
Figura 1. Relação entre consumo alimentar residual e espessura de gordura na picanha em diferentes modelos: (A) CAR padrão e (B) CAR ajustado para gordura.....	79

Capítulo 3

Figura 1. Comportamento da taxa de crescimento (GDM) entre novilhas Brangus, classificadas como impúberes e peripuberais na pré-estação de monta, do nascimento ao final da estação reprodutiva.....	105
Figura 2. Comportamento da espessura de gordura na picanha em novilhas Brangus durante os períodos avaliados por <i>status</i> puberal.....	105
Figura 3. Comportamento da espessura de gordura na picanha em novilhas Brangus gestantes e não gestantes durante os períodos avaliados.....	106

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

Segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), a população mundial em 2050 irá atingir um patamar de 9,5 bilhões de habitantes. Esse aumento populacional acarretará em elevada demanda por alimentos tanto de origem animal como vegetal, sendo previsto pela FAO um aumento de 70% na demanda de carne, ovos e leite (FAO, 2009).

Este cenário exige que os sistemas de produção animal sejam mais eficientes e implica na utilização de tecnologias que reduzam o uso de recursos financeiros, aumento de produtividade, uma vez que há intensificação da competitividade por área, recursos hídricos, alimentos de origem vegetal e produção de energia.

Além do aumento da demanda de alimentos, o mercado consumidor vem exigindo conscientização com questões sociais por parte da cadeia produtiva. Com isso, alguns estudos vêm enfatizando a importância do comprometimento com a sustentabilidade, considerando o impacto ambiental e o bem-estar animal nos sistemas de produção, com o intuito de manter o que os autores chamam de “licença social” em um mercado de alta demanda (CAPER & HAYES, 2012).

O Brasil atingiu valores do PIB de R\$ 6,56 trilhões, no entanto, o agronegócio apresentou uma redução de R\$1,44 trilhões, em 2016, para R\$1,42 trilhões em 2017, mantendo, assim, uma representatividade de 22% do PIB brasileiro. A atividade pecuária foi responsável por 31% do PIB gerado pelo agronegócio e é considerada uma atividade de forte impacto na economia nacional, com um aumento de 0,69% em 2017, movimentando R\$ 433 bilhões (ABIEC, 2018).

Atualmente, a cadeia produtiva da carne bovina passa por inúmeras transformações, motivada pela expansão da demanda internacional e pela busca por melhorias na qualidade do produto, que o tornem mais atrativo tanto no mercado interno como externo.

O Brasil, em 2017, produziu 9,71 milhões de toneladas equivalente carcaça (TEC), sendo que 20,9% foram destinadas à exportação e representaram 3,2% do total destas realizadas pelo país. No mesmo ano, as exportações de carne apresentaram um crescimento de 13% em relação a 2016, com uma receita de R\$ 6,2 bilhões, e um aumento de 9,3% no volume exportado, totalizando 1.533 mil toneladas (ABIEC, 2018).

No mesmo período, o agronegócio da pecuária de corte movimentou R\$ 10,36 milhões com nutrição dos rebanhos, R\$17,6 milhões com animais de reposição, sendo deste montante R\$ 3,7 milhões fêmeas. Estes dados indicam que a nutrição exerce um alto impacto na bovinocultura de corte, onde os sistemas de cria apresentam os maiores custos com nutrição. Um sistema de cria utilizando tecnologia considerada adequada com produção de 180-270 kg/ha tem um custo com nutrição de R\$ 2,34/kg, enquanto que em um considerado intensivo (390-570 kg/ha), a nutrição passa para R\$ 3,89/kg (ABIEC, 2018).

A expansão da produção agrícola em áreas que antes eram pastagens, especificamente a cultura do soja, vem se tornando um ponto agravante. Como consequência da diminuição de áreas de pastagem para a

cultura de grãos, ocorre alguma intensificação dos sistemas de produção pecuária no sentido de aumentar a lotação numa mesma área de pastoreio. Entretanto, a intensificação da pecuária ocasiona aumento de custo, sendo que a alimentação representa 65% dos custos de produção (NIELSEN et al. 2013; WRIGHT, 2014).

Segunda a ABIEC (2018), há uma projeção para 2027, onde o rebanho se estabilizará em número de cabeças, atualmente de 221,81 milhões de cabeças, mas a produção aumentará em 24%, passando dos 9.756 mil TEC, em 2017, para 12.169 TEC, em 2027. Para que tal aumento seja possível, será necessário elevar ainda mais as taxas de lotação e de desfrute para 28-29%. Atualmente, o país conta com 164,96 milhões de hectares em pastagens, porém estima-se que até 2027 haja uma redução de 6% nestas áreas.

A quantificação dos custos com alimentação em sistemas de regime a pasto é complexa, entretanto, representam a principal fonte de investimento destes sistemas. O rebanho de cria gera maiores custos com alimentação, com 55 até 85% dos gastos, dependendo da intensificação e da tecnologia inserida no sistema (MONTAÑO-BERMUDEZ et al, 1990). Neste contexto, faz-se necessário desenvolver sistemas de produção mais eficientes e econômicos, capazes de reduzir os custos com a alimentação, já que a rentabilidade e a sustentabilidade do sistema são dependentes da produção de carne (produto vendável).

A eficiência da vaca, na bovinocultura de corte, é tradicionalmente definida pela relação entre peso de terneiro/vaca ao desmame. Portanto, o meio mais efetivo de maximizar a eficiência produtiva é melhorar a utilização do alimento pela categoria chave do rebanho, as vacas. Nielsen et al (2013) comentam que, a maior parte do consumo de energia da alimentação em sistemas de produção, cerca de 65%, é utilizada para a reprodução no rebanho de cria e não para o crescimento dos animais em terminação.

Mesmo com crescimento no setor, a pecuária de corte brasileira ainda possui, em geral, uma baixíssima pressão de seleção de novilhas de reposição, principalmente nas questões reprodutivas e de composição corporal. O baixo nível nutricional durante a recria destas fêmeas acarreta em elevada idade à puberdade e a primeira cobertura (raças taurinas 15 a 24 meses, RODRIGUES et al., 2002; zebuínos ao redor dos 36 meses; NOGUEIRA, 2004), projetando a idade ao primeiro parto para 27-36 meses em taurinos (RODRIGUES et al., 2002) e, 48 meses para zebuínos (MALHADO et al., 2013), baixa taxa de natalidade e de concepção (55% e 40%, respectivamente), tornando a eficiência do sistema muito baixa. Todos estes fatores acarretam um aumento do ciclo pecuário, que no Estado compreende oito anos (96 meses) e se tenha taxas de desfrute como 18,78% (ABIEC, 2016).

Hill (1998) destaca que as características reprodutivas têm impacto econômico cerca de dez vezes maior do que as características associadas ao crescimento. A redução da idade ao primeiro serviço e a elevação da taxa de concepção, são os maiores desafios da pecuária brasileira, uma vez que rebanhos mais precoces e férteis possuem maior rentabilidade por obterem

retorno do investimento de forma antecipada e reduzem custos de recria com animais de reposição (BERETTA et al, 2001, VAZ & LOBATO, 2010).

Com isso, evidencia-se a necessidade de ter estratégias para um adequado desenvolvimento corporal que determinem maiores índices de precocidade sexual, prenhez de novilhas e sucesso gestacional, reduzindo assim, a idade ao primeiro parto e aumentando a eficiência da pecuária de corte brasileira (FREITAS, 2015), em especial no que tange a seleção de fêmeas de reposição, eficientes no quesito alimentar, porém que apresentem precocidade sexual e composição corporal adequadas.

Conforme Mahler (2016), um dos fatores que complicam a seleção para animais mais eficientes nos rebanhos de cria é que este sistema de produção tem sua dieta baseada no consumo de forragens, sendo difícil medir a ingestão dos animais. Desta forma, a identificação dos mais eficientes, utilizando-se uma dieta baseada primariamente em grãos, através de testes que avaliam o consumo alimentar individualmente, pode ser utilizada.

O consumo alimentar residual (CAR) pode ser útil como uma ferramenta na seleção genética de animais de cria e abate em programas de melhoramento. Koch et al. (1963) salientam que o consumo alimentar residual (CAR) medido em animais em crescimento, quantifica, além da variação de ingestão, os requerimentos de energia necessários tanto para a manutenção como para a produção. De acordo com Lima et al. (2013), o consumo alimentar residual (CAR) tem ganhado popularidade como uma medida de avaliação da eficiência alimentar por ser independente de características de desempenho como o peso vivo e o ganho de peso e, sendo assim, esta forma de avaliação não acarreta em aumento da exigência de manutenção do rebanho de cria.

Apesar das melhorias incorporadas pela seleção de animais eficientes, os impactos de sua utilização em longo prazo sobre o desempenho reprodutivo (DONOGHUE et al, 2011) e meio-ambiente devem ser mais bem estudados (HEGARTY et al., 2007).

Com base nisto, o presente estudo teve como objetivo analisar o efeito do grupo de eficiência alimentar para consumo alimentar residual (CAR) sobre o desempenho reprodutivo de novilhas Brangus, em seu primeiro serviço aos 13/15 meses de idade.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Medidas de eficiência alimentar

A eficiência alimentar pode ser definida como quantidade de produto comercializável (leite, carne, bezerro, em kg) por kg de alimento consumido (HALL, 2003).

Ao se aumentar a eficiência alimentar dos sistemas produtivos é possível melhorar as margens de lucro bem como reduzir os poluentes liberados no ambiente por unidade de carne produzida, ou aumentar a produção sem elevar os impactos ambientais (BASARAB et al, 2001; BASARAB et al, 2003; CRC, 2004). Gibb & McAllister (1999) observaram que a melhora de 5% na eficiência alimentar impactou quatro vezes mais do que o mesmo percentual no ganho diário médio (GDM) dos animais.

Com o atual avanço na tecnologia, há ferramentas que permitem a automatização das medidas do consumo de alimento pelos animais e de forma individualizada, melhorando a acurácia dos dados, além de permitir um aumento no volume de estudos abordando o consumo e a eficiência alimentar de animais de produção (HERD et al., 2003; ARTHUR et al., 2004).

Dentre os sistemas de produção de alimentos de origem animal, a bovinocultura de corte é o sistema produtivo com os menores índices de conversão de alimentos em proteína, tendo em média valores entre 6 a 7 unidades de matéria seca por unidade de ganho, comparativamente a outras espécies como, suínos 3:1, aves de corte 2:1 e peixes 1:1 (RUTHERFORD, 2010). Essa diferença na conversão se dá principalmente pela maior taxa de exigências de manutenção dos bovinos de corte (BASARAB et al, 2003).

As medidas de eficiência alimentar podem ser facilmente classificadas como: 1) medidas advindas da relação/razão entre variáveis; 2) medidas de regressão ou residuais. Dentre as medidas advindas de relação/razão entre variáveis temos: Conversão Alimentar Relativa (FCR), Taxa de Crescimento Relativo (TCR) e Taxa de Kleiber (TK), Já entre as de regressão/residual temos o Consumo Alimentar Residual (CAR) e o Ganho de Peso Residual (GPR), onde: a FCR é definida como a quantidade de alimento consumido dividido pelo ganho de peso vivo; a TCR é definida como o crescimento em relação ao tamanho instantâneo do corpo, sendo calculado como logaritmo do peso corporal no final do teste menos o logaritmo do peso corporal no início do período do teste dividido pelo número de dias em teste, tudo multiplicado por 100 (FITZHUGH & TAYLOR, 1971); a TK é definida como o ganho de peso diário por unidade de peso metabólico, conforme o ganho aumenta para o mesmo peso metabólico, maior é o crescimento obtido sem elevar os custos energéticos de manutenção do animal (KLEIBER, 1947). Embora o TCR e a TK não sejam medidas de eficiência alimentar por si só, elas podem ser usadas como medidas de eficiência alimentar se todos os animais em teste forem alimentados com a mesma dieta (BERRY & CROWLEY, 2012). Já dentro das medidas de regressão ou residual, o CAR, é definido como a diferença entre a quantidade de alimento realmente ingerida pelo animal e a quantidade de alimento predito para seu peso, e o GPR correspondendo à diferença entre o ganho peso real e o ganho de peso predito, baseado na ingestão de alimento (WRIGHT, 2014).

A FCR é uma das medidas mais tradicionais e tem sido utilizada com sucesso na produção de carne de aves e suínos. Em bovinos, entretanto, o uso desta medida não obteve sucesso, uma vez que animais ruminantes apresentam diferenças fisiológicas com as outras espécies produtoras de proteína animal. Por outro lado, respostas correlacionadas com baixo FCR identificam animais com aumento nas taxas de crescimento, no tamanho maduro e com elevados requerimentos de manutenção (CREWS, 2005; MAHLER, 2016). Quando o foco do produtor é a seleção de novilhas de reposição este aumento no peso corporal adulto acaba resultando no aumento da idade e peso corporal à puberdade e, com isso, diminuindo o tempo de vida produtivo destas fêmeas.

A conversão alimentar é uma ferramenta de manejo útil quando se avalia bovinos nas fases de crescimento e de acabamento. Entretanto quando

se trata de vacas, tanto gestantes como em lactação, a conversão alimentar deixa de ser bom indicador de eficiência alimentar, uma vez que estas categorias são as que consomem a maior parte do alimento no sistema de produção pecuário (MADDOCK et al., 2015).

Dentro deste panorama, o CAR surge como uma medida alternativa de eficiência alimentar, uma vez que propõe a seleção de animais com menor consumo e exigências de manutenção sem que ocorra alterações no peso adulto ou o ganho de peso do animal (MOTA, 2014). Já no GPR, animais classificados como positivo ganham mais peso que o predito e são considerados mais eficientes, pois enfatiza mais o ganho diário médio dos animais do que a ingestão de alimento.

Berry & Crowley (2012) propuseram uma fusão entre o CAR e o GPR, visando gerar uma medida de eficiência alimentar alternativa, o Consumo e Ganho de Peso Residual (RIG), visando encontrar animais que possuam maior equilíbrio na relação entre consumo de alimento e ganho de peso.

2.2. Comparação entre as medidas de eficiência alimentar em animais em crescimento

As medidas de eficiência alimentar mais utilizadas (FCR, CAR, GPR) possuem uma desvantagem, a necessidade de obtenção de informações individuais de consumo de alimento (BERRY & CROWLEY, 2013), com exceção do TCR e da TK, que podem ser classificadas como “características comparativas de crescimento” em oposição a “características de eficiência alimentar”. Um fator chave para utilização dessas medidas a precisão do registro de informações (ROBINSON, 2005), como é o caso das medidas de desempenho.

As medidas obtidas através de razões entre variáveis possuem como principal vantagem a facilidade de cálculo (uma vez que as medidas de desempenho, após coletadas a campo, estão prontamente disponíveis), bem como a facilidade de interpretação e comparação dos resultados entre as populações. As principais desvantagens destas medidas, no entanto, são as fortes correlações entre estas características e seus componentes, e nenhuma distinção entre a energia usada para diferentes funções (manutenção e ganho) (BERRY & CROWLEY, 2013).

Já o CAR e o GPR, em contraste, por serem calculados através de regressão tornam-se independentes de seus componentes. Com isso, os resultados são gerados a um nível fenotípico e, portanto, são fenotipicamente independentes das variáveis que compõem a equação. Apesar da independência fenotípica, não necessariamente esta independência se reflete a nível genético (KENNEDY et al, 1993).

2.3. Consumo Alimentar Residual

2.3.1. Definição de Consumo Alimentar Residual

O alimento serve como energia para alcançar os requerimentos de manutenção e produção dos animais, além de gastos energéticos residuais. Dois indivíduos com a mesma idade cronológica, mas em diferentes estágios de desenvolvimento, podem diferir em sua eficiência alimentar devido ao modo

como estes utilizam o alimento, gerando, portanto, diferentes estágios de desenvolvimento e diferentes requerimentos de energia.

Segundo Almeida (2005), os programas de melhoramento têm focado na seleção de animais para aumento de peso corporal, ganho diário médio, características de carcaça e melhorias no desempenho reprodutivo. Tais características representam os “outputs” da cadeia produtiva. Porém, se além das características citadas, os programas de melhoramento começarem a incluir em seus programas de seleção características consideradas “inputs” do sistema produtivo, o resultado trará além da melhora da produtividade, uma redução nos custos de produção. E nesse contexto, o CAR vem surgindo como uma ferramenta interessante.

Em bovinos, o conceito de CAR foi utilizado pela primeira vez em 1963, por Koch et al, que ao examinarem vários índices para cálculo de eficiência observaram que tanto o peso como o ganho de peso afetam os exigências alimentares em animais em crescimento. Com isso os pesquisadores sugeriram que o consumo de alimento poderia ser ajustado para o peso corporal e o ganho de peso (ou qualquer característica produtiva), e também dividindo a ingestão de alimento em dois componentes: 1) o consumo esperado para obtenção de um determinado nível de produção e 2) a parte residual, onde a parte residual é utilizada para identificar animais que desviem do consumo de alimento esperado.

O CAR considerado medida alternativa de eficiência alimentar, é definido como a diferença entre o consumo observado e o consumo predito (KOCH et al. 1963; ARCHER et al. 1997; BASARAB et al., 2003). Para determinar com precisão o CAR, a ingestão de alimento individual e o GDM devem ser medidos. Devido a sua independência quanto ao nível de produção, pesquisadores apontam o CAR com uma variação nos processos metabólicos básicos, o que determina a eficiência (KORVER, 1988).

Para a avaliação do CAR, os animais são submetidos a um teste em um período de tempo e idade cronológica determinados. O teste é realizado utilizando uma mesma dieta, manejo e instalações. O consumo alimentar predito é obtido pela regressão da ingestão alimentar diária sobre o ganho diário médio (GDM) e peso metabólico médio na metade do teste (PMMT), onde o CAR é o resíduo da equação. Ou seja, é o valor que não é explicado pelas características mensuráveis no modelo de predição (MAHLER, 2016).

Com o intuito de comparar os resultados do teste de eficiência ao longo do tempo e em diferentes localidades, é importante controlar o máximo possível os fatores que afetam a consumo de alimento e sua utilização. Dentre estes fatores de variação podemos citar idade no início do teste, sexo, composição da dieta e o protocolo de condução do teste.

Vários estudos foram desenvolvidos buscando determinar a melhor duração e frequência de realização dos testes, para desenvolvimento de um protocolo padrão.

Archer et al (1997) conduziram um experimento com 760 animais de raça de origem britânica visando descobrir qual a duração de tempo ideal de um teste, medindo a taxa de crescimento, o consumo de alimento, a conversão alimentar e o CAR, onde foi utilizado um tempo de 119 dias como padrão de comparação. Os resultados demonstraram que 35 dias foi o suficiente para

medir o consumo de alimento, enquanto para medir taxa de crescimento, CAR e taxa de conversão o ideal foi 70 dias, pesando os animais semanalmente.

Wang et al (2006) realizaram um experimento com o mesmo intuito de Archer et al (1997), utilizando 456 novilhos. Os resultados encontrados foram de 35 dias para consumo de alimento, 42 dias para conversão alimentar, 63 dias para CAR e GDM, pesando os animais semanalmente. Ao se realizar pesagens de formal semanal é possível obter dados mais precisos e, com isso, possibilita a redução do período de teste. Entretanto, ambos os trabalhos chegaram à conclusão que o fator limitante para redução do período de teste é a medição de GDM. Embora os dados mostrem que o período de avaliação possa ser reduzido através de medições frequentes, pesar os animais semanalmente ou em menor frequência se torna oneroso.

Culbertson et al (2015) realizaram um estudo com 593 animais, cujo objetivo também foi verificar a possibilidade de redução do período de teste. Neste estudo, o período padrão para comparação foi de 70 dias. Foi demonstrado que para consumo de alimento, ao se regredir os dados do período completo em um subconjunto de dados de 42 dias o coeficiente de regressão foi de 0,99 e o R^2 de 0,97, bem como a correlação de Pearson entre as duas durações do teste, indicando que 42 dias é o suficiente para mensurar o consumo. Para CAR, ao se regredir os valores do teste completo para um subconjunto de 56 dias, o coeficiente de regressão foi de 1,01, o R^2 de 0,89 e a correlação de 0,94, mostrando que é possível reduzir o período de teste em duas semanas. À medida que a duração do teste aumentou, o mesmo ocorreu para o coeficiente de regressão para GDM, chegando a 0,86 com 56 dias. Em contraste, tem-se o coeficiente de regressão do PMMT, atingindo 1,01 com 14 dias. Como a estimativa de CAR é dependente do GDM e peso PMMT, é necessário período de teste mais longo para garantir a precisão das medidas de GDM.

Atualmente, as diretrizes da Beef Improvement Federation (BIF, 2016) sugerem um período de adaptação de 21 dias seguido de um período de teste de 70 dias, para que se obtenham dados precisos quanto à ingestão de alimentos e ganho diário médio. O período de adaptação proporciona aclimatização dos animais à instalação de teste e à dieta. O período de teste de 70 dias serve para a obtenção de dados como os de ingestão de alimentos e pesos usados para calcular a taxa de ganho e estimativa do CAR. (BIF, 2016).

Como a ingestão de alimento é altamente dependente da idade fisiológica, os animais devem ter idades semelhantes quando os testes de ingestão alimentar forem conduzidos. Na avaliação de ingestão pós-desmame, os animais devem compor um grupo contemporâneo e com pelo menos 240 dias de idade ao início do teste. As medidas de ingestão de alimento devem ser concluídas antes que um animal atinja 390 dias de idade (BIF, 2016).

As novas tecnologias, como as de cochos eletrônicos permitem grandes precisões nas coletas de dados em estudos como o de CAR. A empresa Intergado (www.intergado.com.br) (JPL Comércio e Locação Ltda.-Brasil) possui cochos de alimentação dotados de células de carga, o que possibilita o registro automático da quantidade de alimento oferecido e sobras, bem como a mensuração da dinâmica de ingestão de alimento pelos animais.

Este equipamento foi desenvolvido para gerar dados de consumo e comportamento alimentar dos animais de forma automática, individualizada, acurada e confiável.

Após o período de alimentação, o CAR é calculado como a diferença entre o consumo de matéria seca observado (kg/dia) e o consumo de matéria seca predito através de ajustes para peso vivo médio metabólico (PVMM, kg^{0.75}) e ganho diário médio em peso (GDM, kg/dia), obtendo o seguinte modelo: $Y_i = \beta_0 + \beta_1 GDM + \beta_2 PVMM + \epsilon_i$; em que Y_i = consumo de matéria seca predito para o animal i ; β_0 = intercepto da regressão; β_1 = coeficiente de regressão parcial sobre GDM; β_2 = coeficiente de regressão parcial sobre PVMM; ϵ_i = erro residual do consumo predito do animal i (OKINE et al., 2004). Esta regressão (GDM e PVMM) explica 70 a 80% da variação no consumo predito, conforme dados observados na literatura (ARTUR; RENAND; KRAUSS, 2001; BASARAB et al., 2003; NKRUMAH et al., 2007a). O CAR é calculado por regressão linear, apresenta distribuição normal (CAR~N(0, δ^2_{CAR})) com média zero (CREWS, 2005).

Após o CAR ser calculado, os animais são classificados com base nos resultados oriundos da equação de regressão. Usualmente, os animais são classificados como CAR baixo, CAR médio ou CAR alto, o que equivale a eficiente, intermediário ou ineficiente, respectivamente. Estatisticamente, a média dos valores de CAR é igual à zero. Dependendo de um determinado desvio padrão da média, os animais podem ser classificados em suas respectivas categorias.

Animais eficientes têm ingestões diárias menores do que os ineficientes, que possuem ingestões diárias maiores, isto por que os eficientes possuem maior capacidade de digerir, absorver e utilizar os nutrientes dos alimentos consumidos (MAHLER, 2016). Dessa forma, os animais com CAR negativo ou baixo são classificados como mais eficientes e aqueles com CAR positivo ou alto como menos eficientes.

Segundo Lima et al (2013), animais classificados com CAR baixo (eficientes), geralmente possuem composição corporal diferente de animais CAR alto (ineficientes). Quando se avalia a eficiência produtiva em animais de diferentes classes de CAR, os com maior proporção de tecido muscular são considerados mais eficientes em relação aos com maior deposição de tecido adiposo na carcaça.

Basarab et al. (2003) e Nkrumah et al. (2004) relataram correlações positivas entre CAR e deposição de gordura na carcaça variando de 0,14 a 0,30, e correlações negativas entre CAR e deposição de músculo variando de -0,21 a -0,14, o que condiz com os estudos de Lima et al (2013), onde animais eficientes depositam mais massa muscular e os ditos ineficientes massa adiposa. Visando a correção destes problemas Mcdonagh et al. (2001), tem sugeriram que o consumo predito seja calculado também em função da espessura de gordura subcutânea. Basarab et al (2003) e Shenckel et al (2004) demonstraram um pequeno aumento no R^2 quando ajustado para gordura, 1,8% e 1,4%, respectivamente.

Conforme Mahler (2016), as baixas correlações entre CAR e EGS são importantes porque a seleção de animais com CAR baixo poderia resultar em uma redução na EGS, afetando o acabamento de carcaça e a condição

corporal e, respectivamente, a função reprodutiva. Portanto, a inclusão de características de composição corporal medidas por ultrassom (EGSUS e EGPUS) nas equações de regressão para as classificações do CAR preveniria efeitos negativos sobre a reprodução das fêmeas (BASARAB et al. 2003; LANCASTER et al 2009a,b; MAO, 2013). Entretanto, ainda são necessários estudos sobre os efeitos em longo prazo.

Apesar de o CAR ser fenotipicamente independente do GDM e peso corporal, pelo fato destas variáveis estarem inseridas na equação de regressão, a relação genética pode existir (KENNEDY et al., 1993). Arthur et al. (2001) encontraram correlações genéticas entre CAR e algumas variáveis, como: peso aos 200 dias ($-0,45 \pm 0,17$) e peso aos 400 dias ($-0,26 \pm 0,13$), além de correlações genéticas significativas entre CAR e peso corporal ($0,32 \pm 0,10$). Em contraste, Herd e Bishop (2000) encontraram correlação genética de $-0,09 \pm 0,26$ entre CAR e peso adulto de vaca. Já Arthur et al. (2001) e Archer et al. (2002) observaram correlação genética entre CAR e peso metabólico no meio do teste de $-0,06$ e $-0,21$, respectivamente. Correlações menos significativas foram encontradas entre CAR e GDM variando de $-0,1$ a $0,09$ (HERD & BISHOP, 2000; ARTHUR et al., 2001; ARCHER et al, 2002).

A utilização da ultrassonografia para mensuração das características de carcaça vem se mostrando um excelente indicador das medidas *in vivo*. A combinação do uso de ultrassonografia com a seleção para CAR permite o acompanhamento dos animais selecionados para possíveis mudanças na composição corporal oriundas da própria seleção para CAR. Trabalhos foram sendo realizados a fim de verificar a correlação fenotípica e genética entre as medidas de CAR e medidas obtidas por meio de ultrassonografia, em especial a espessura de gordura subcutânea (ARTHUR et al., 2001; SCHENKEL et al., 2004; NKRUMAH et al., 2007b; LANCASTER et al., 2009b).

Lancaster et al (2009b) ao avaliarem novilhas Brangus encontraram uma correlação fraca entre CAR e EGS final e ganho de espessura de gordura medidas por ultrassom ($r_p=0,12$; $P<0,05$, $r_p=0,22$; $P<0,05$), além de uma correlação genética moderada entre CAR e EGS final de $r_g=0,36 \pm 0,26$, sugerindo que a seleção para animais eficientes pode ocasionar a redução da espessura de gordura nos animais. Já Schenkel et al. (2004), em contraste com Lancaster et al (2009b), encontraram correlações genéticas mais fracas ($r_g=0,16$; $P=0,11$), além de correlações fenotípicas de $r_p=0,17$ ($P<0,05$), as quais quando o CAR foi ajustado para gordura se tornaram insignificantes ($r_g=-0,01$, $r_p=-0,01$). Arthur et al (2001) encontraram correlações semelhantes à Schenkel et al. (2004) $r_g=0,17 \pm 0,05$ e $r_p=0,14$. Com estes resultados é possível inferir que o CAR ajustado para gordura pode favorecer a seleção fenotípica, pois o CAR se torna independente fenotipicamente de seus componentes, porém a correlação genética pode permanecer.

Nkrumah et al (2007b) encontraram correlações ainda mais fortes, tanto fenotípicas ($r_p=0,25$; $P<0,01$) como genéticas ($r_g=0,35 \pm 0,30$), entre CAR e espessura de gordura, o que resultaria que animais mais eficientes possuiriam carcaças mais magras. No mesmo estudo, ao compararem novilhos CAR baixo e CAR alto, observaram que: animais classificados como CAR alto possuíram maiores ganhos de gordura ($0,029\text{mm/dia}$ vs. $0,038\text{mm/dia}$), bem como maior espessura de gordura final ($8,27\text{mm}$ vs. $9,86\text{mm}$).

A herdabilidade de uma característica é medida pela proporção da variação fenotípica influenciada pela variação genética aditiva. Uma característica de alta herdabilidade (>0.50) tem uma grande variância genética aditiva e a seleção genética pode ser efetiva e com resposta rápida na população.

Atualmente, há poucos dados de estimativas de herdabilidade do CAR em fêmeas. Estimativas de 0,28 foram obtidas em fêmeas de raças de origem britânicas por Koch et al. (1963); de 0,39 em por Arthur et al. (2001). Lancaster et al. (2009b) estimaram a herdabilidade em novilhas Brangus obtendo valores de 0,47, com uma variância genética de 0,25kg/dia, isto sem a utilização de ajuste para características de composição corporal por ultrassom na equação de regressão; e, quando o CAR foi ajustado para ganho de EGSUS e AOLUS, houve uma redução na estimativa da herdabilidade para 0,42, com uma variância genética de 0,22 kg/dia.

De acordo com Lancaster et al (2009b) as estimativas de herdabilidade (média) do CAR sugerem a possibilidade de seleção genética neste sexo. Existem variações fenotípicas e genéticas nas medidas de eficiência alimentar em fêmeas da raça Brangus, como taxa de conversão alimentar, CAR, e eficiência parcial de crescimento. Portanto, passíveis de seleção (LANCASTER et al ,2009b).

Herd et al. (2004) demonstraram que animais com avaliação genética favorável para CAR, obtida em regime de confinamento, produziram bezerros, criados a pasto, que cresceram 19% mais rápido, com melhora de 41% na eficiência alimentar e CAR 26% menor. Em outro estudo, Herd et al. (2002) observaram que novilhos de CAR baixo cresceram 20% mais rápido (0,5 kg/dia vs 0,42 kg/dia), consumiram 6% a menos de pasto (3,04 kg/d vs 3,23 kg/dia) e tiveram conversão alimentar 25% melhor (6,4:1 vs 8,5:1) quando comparados com novilhos de CAR alto. Isto demonstra que em algum momento do desenvolvimento ou crescimento, novilhos mais eficientes (CAR baixo) possuem processos metabólicos mais eficientes. Conseqüentemente estes animais são capazes de atingir suas necessidades de manutenção com menor ingestão de energia do que animais ineficientes (CAR alto) (HERD et al., 2004). A correlação genética entre o CAR obtido em novilhas confinadas e depois quando adultas, porém em regime a pasto, foi superior a 90%, indicando tratar-se da mesma característica genética (ARTHUR et al., 2001).

A seleção para eficiência alimentar pode potencialmente resultar em redução de 9 a 10% nos custos de manutenção do efetivo de vacas, de 10 a 12% no consumo de ração, de 25 a 30% na emissão de metano, e de 15 a 20 % na produção de dejetos sem afetar o ganho diário médio (GDM) ou tamanho de vaca adulta (BASARAB et al., 2003).

O CAR possui grande potencial para utilização no melhoramento de rebanhos em termos de eficiência, através da redução nas exigências de manutenção. Apesar das melhorias incorporadas pela seleção de animais eficientes, os impactos de sua utilização em longo prazo sobre o desempenho reprodutivo e ambientais devem ser mais bem estudados (; DONAGHUE et al., 2011; MU et al., 2016; HEGARTY et al., 2007).

2.3.2. Bases fisiológicas do CAR

A independência do CAR com a produtividade levou alguns autores a sugerirem que o CAR pode representar inerente variação nos processos metabólicos básicos (HERD et al., 2004; RICHARDSON & HERD, 2004; HERD & ARTHUR, 2009). Por definição, o CAR avalia se um animal possui menor ou maior consumo de alimento do que o predito pelos padrões alimentares ou por comparação com o consumo mensurado, numa determinada categoria animal (sexo, idade, raça) sob uma mesma dieta (BASARAB et al., 2003)

De forma geral, possivelmente existem no mínimo cinco (5) processos principais pelo qual a variação na eficiência pode surgir. Estes estão associados com: 1) consumo; 2) digestão (e os custos energéticos associados e incluindo variação na composição corporal); 3) metabolismo (anabolismo e catabolismo associados); 4) atividade; 5) termorregulação (HERD & ARTHUR, 2009).

Consumo- a variação nos requerimentos de manutenção está associada com a variação no consumo, principalmente em ruminantes. Tal associação apresenta correlação entre consumo e o gasto de energia, pois o aumento no consumo reflete em um aumento na quantidade de energia destinada à digestão de alimentos (RICHARDSON & HERD, 2004). Essa elevação ocorre, principalmente, pelo aumento no tamanho e na energia gasta pelos órgãos digestivos. Este incremento de calor pela digestão em ruminantes representa aproximadamente 9% do consumo de energia total (HERD & ARTHUR, 2009). Devido à seleção para CAR estar associada com diferenças na ingestão de alimento, é esperado que animais que apresentem menores ingestões apresentem menor incremento de calor pela digestão.

A taxa de ingestão e a duração de refeição são apontadas como fatores chaves na determinação do custo energético advindo do comportamento alimentar em bovinos (ADAM et al., 1984). Robinson & Oddy (2004) em seu estudo verificaram a existência de variação genética em características de comportamento ingestivo de novilhos em sistema de confinamento, as quais apresentaram moderada herdabilidade e foram correlacionadas positivamente com CAR, onde animais com maiores valores de CAR foram associados com maior tempo gasto com alimentação e número de refeições diárias e possuíram elevadas taxas de ingestão (g/min).

Digestão- Herd & Arthur (2009) explanam que conforme o nível de ingestão de alimento aumenta, a capacidade de digestão do alimento tende a decrescer. Richardson et al (1996) ao realizarem um estudo com animais avaliados fenotipicamente para CAR, observaram uma variação na habilidade de digerir a matéria seca (MS) de 1% entre animais CAR alto e baixo, onde tal diferença na digestibilidade explicou 14% da ingestão de alimento entre as duas classes. Com base nestes dados, podemos inferir que menores valores de CAR (maior eficiência) possuem maior digestibilidade dos alimentos (RICHARDSON & HERD, 2004). Entretanto, devido à dificuldade de mensurações precisas nas diferenças de digestibilidade, é necessário cautela ao se atribuir a variação na digestão como um fator de explicação nas diferenças de CAR em bovinos.

Channon et al. (2004), em estudo com touros, encontraram correlações entre mensurações indiretas de digestão de amido através da matéria seca e pH fecal ($r_p = -0,80$ $r_p = -0,07$, respectivamente), e diferença esperada na progênie (DEP) para CAR, onde os menos eficientes possuíram uma menor taxa de utilização de açúcar.

Em um estudo semelhante foram observadas variações na oferta de aminoácidos decorrentes, principalmente, da variação na eficiência da produção de proteína microbiana no rúmen e o aparecimento da mesma na veia porta (HERD et al., 2004). Entre as classes de CAR, alto e baixo, foram observadas diferenças de 9% na produção de proteína microbiana por unidade de alimento consumido, medidas através de excreção urinária de ureia e, aproximadamente 28% nos níveis de aminoácidos no sangue portal, via mensuração direta (HERD et al., 2004). Com base nestes achados, podemos concluir que há ocorrência de diferenças nos processos de digestão e disponibilidade de substrato, provendo assim um possível mecanismo que explique parte da variação na eficiência de utilização do alimento, sem necessitar recorrer à variação na utilização do nutriente propriamente dita.

Composição corporal e metabolismo- as mitocôndrias são responsáveis pela produção de aproximadamente 90% da energia celular, as quais são encontradas em grande quantidade em células metabolicamente ativas, como fígado, rim, músculo e células cerebrais. A variação nos aspectos da eficiência energética mitocondrial parece explicar as diferenças fenotípicas na taxa de crescimento e eficiência alimentar em muitos animais de produção (MCDONALD & NIELSEN, 2008). Kolath et al (2006), utilizando novilhos, não encontraram diferença na função mitocondrial entre as classes de CAR, mas observaram que a taxa de respiração mitocondrial foi maior em animais classificados como CAR baixo, enquanto o fluxo de elétrons através da cadeia de transporte de elétrons pareceu prejudicado em animais CAR alto (KOLATH et al., 2006).

Kerley et al (2010) encontraram em seu trabalho diferenças mitocondriais relacionadas com as medidas fenotípicas de eficiência, além de relação entre consumo de oxigênio e CAR. Animais mais eficientes apresentam consumo de oxigênio e estabelecem a homeostase da fosforilação mais rápido em comparação a animais menos eficientes, além de cessarem seu consumo em menos tempo, isto por alcançarem a saciedade mais rápido. Estes achados explicam o consumo reduzido, menor espessura de gordura corporal, glicemia e concentrações de insulina em animais CAR baixo.

A deposição de tecido magro (músculo) difere em custo energético e eficiência de deposição quando comparado à deposição de gordura. A maior variação na eficiência de ganho muscular é devido à maior variação no *turnover* de proteína do que na gordura. Consequentemente, qualquer variação na composição do ganho e na composição do corpo pode influenciar a eficiência aparente da utilização de nutrientes (HERD & ARTHUR, 2009).

Algumas estimativas encontradas na literatura apontam que o custo energético com o *turnover* proteico representa por volta de 20-25% dos gastos energéticos de manutenção e de 15-20% da taxa metabólica basal, bem como a síntese proteica compreende até 30% da produção de calor em bovinos (RICHARDON & HERD, 2004).

O *turnover* proteico é um processo energeticamente caro, e a variação no metabolismo proteico tem mostrado acompanhar a seleção genética para o crescimento, bem como outras características em animais de produção (ODDY, 1999). Em um estudo onde ovelhas e bovinos foram selecionados contra e a favor da taxa de crescimento, a quantidade de energia gasta por unidade de massa muscular entre as duas seleções variou aproximadamente 20%. Essa variação ocorre devido às diferenças entre as taxas relativas de degradação e síntese proteica no músculo (ODDY, 1999).

Em um estudo realizado por Richardson & Herd (2004) foi observado uma maior concentração de proteína total no plasma, de ureia sanguínea e aspartato amino transferase (marcador da função hepática), indicando maiores níveis de catabolismo proteico em bovinos classificados com CAR alto, comparados com animais CAR baixo. Com base nestes achados, fica evidente que animais CAR alto possuem maior *turnover* proteico do que animais CAR baixo. Neste mesmo estudo os autores verificaram que animais CAR alto também apresentaram altos níveis de insulina e cortisol, bem como baixos níveis de triglicerídeos, demonstrando que há respostas a mudanças na composição corporal e na eficiência de uso de nutrientes entre as classes de CAR.

Tatham et al. (2000) observaram uma relação positiva entre o CAR e a relação plasmática de creatina:ureia, o que indica um maior *turnover* de creatina fosfato no músculo de touros menos eficientes (CAR alto). Este achado evidencia uma associação positiva entre CAR e o *turnover* proteico.

A espessura de gordura subcutânea foi positivamente correlacionada com o CAR em novilhos, onde animais menos eficientes possuíram maior espessura de gordura (BASARAB et al, 2003; NKRUHMAH, et al 2007b).

Em estudo realizado Arthur et al (2001) com bezerros desmamados, foram encontradas correlações positivas entre CAR e espessura de gordura subcutânea entre 12^a e 13^a costelas ($r_p=0,17$) e espessura de gordura na picanha ($r_p=0,06$). Entretanto Nkrumah et al. (2007b) observaram correlações genéticas mais fortes entre CAR e espessura de gordura e marmoreio, tanto para medições escaneadas no animal vivo ($r_g = 0,35$ e $r_g = 0,32$), quanto para as medidas na carcaça ($r_g=0,33$ e $0,28$). Já Robinson e Oddy (2004) encontraram correlações genéticas entre o CAR e as seguintes características: espessura de gordura subcutânea na costela ($r_g 0,48$), espessura de gordura na picanha ($r_g 0,72$), marmoreio ($r_g 0,22$). Tais resultados indicam que a magnitude da associação entre a composição corporal e variação do CAR é influenciada diretamente pela idade e o estágio de maturidade dos animais em teste. A influência destes fatores se baseia no fato de que em animais em crescimento, a síntese proteica é mais eficiente do que a deposição de gordura, enquanto que em animais adultos, os requerimentos de manutenção para proteína são maiores do que para gordura (TIXIER-BOICHARD et al, 2002).

Basarab et al (2003), visando avaliar a relação entre eficiência alimentar e composição corporal em 176 touros, encontraram em animais mais eficientes (CAR baixo) menor consumo (10,2%) e retenção de energia (12%) e menor produção de calor (9,3%) do que em animais menos eficientes (CAR

alto). Os autores também observaram menor tamanho de vísceras (fígado, abomaso e intestino), bem como carcaças com menores espessuras de gordura na garupa, gordura intermuscular e gordura visceral em animais mais eficientes em comparação aos menos eficientes. Richardson et al (2001) observaram em novilhos de CAR baixo maior proporção de osso e órgãos externos em relação ao peso vivo final do que novilhos DE CAR alto.

Estudos têm mostrado variações na resposta ao estresse entre os diferentes classes de CAR. Tais variações ocorrem devido ao fato do CAR apresentar associações genéticas com níveis plasmáticos de cortisol, onde animais classificados DE CAR alto apresentam maior suscetibilidade ao estresse (RICHARDSON et al., 2004; GOMES et al, 2009). Uma vez que as respostas fisiológicas ao estresse englobam: aumento na taxa metabólica e no consumo de energia, bem como aumento de processos catabólicos (aumento da lipólise e degradação de proteínas) (HERD & ARTHUR, 2009). Estas informações indicam que a variação na resposta ao estresse surge como um possível mecanismo para explicar parte da diferença na eficiência alimentar.

Atividade- a produção de calor apresenta variações decorrentes das diferenças no gasto de energia associado à atividade (alimentação, ruminação e locomoção em diferentes velocidades). Estas diferenças podem estar associadas à variação no CAR em bovinos (HERD & ARTHUR, 2009).

Em um estudo utilizando touros e novilhas de CAR alto gastam 13% mais tempo nos cochos de alimentação e ruminando devido ao seu consumo de alimento ser 13% maior que animais de CAR baixo (RICHARDSON et al., 2000).

Richardson et al. (2000) encontraram uma correlação fenotípica de 0,32 entre CAR e a contagem diária de pedômetros, o que representa cerca de 10% na variação no CAR. Touros classificados como ineficientes (CAR alto) deram em média 6% mais passos do que touros mais eficientes (CAR baixo) (RICHARDSON et al., 2000).

Termorregulação- a principal rota de perda de energia em ruminantes é a perda de calor por evaporação, a qual ocorre através da troca de calor nos pulmões e nas conchas nasais (Blaxter, 1962). Isso é regulado principalmente pela taxa de respiração. Não foram identificados trabalhos abordando a taxa respiratória e sua relação com o CAR.

Integração dos mecanismos biológicos- de uma forma mais resumida e ao se levar em conta todos os processos, Richardson e Herd (2004) verificaram a representatividade sobre a eficiência para cada processo, onde: gastos energéticos para a manutenção estão relacionados com *turnover* proteico, estresse e metabolismo dos tecidos 37%, transporte de íons 27%, atividade 10%, digestibilidade 10%, incremento calórico 9%, composição corporal 5%, e comportamento ingestivo 2%.

2.3.3. Benefícios e Limitações do CAR

Benefícios- a seleção para CAR permite a redução do consumo de alimento. Nos sistemas a pasto, isto se traduz numa otimização do uso de pastagens, devido à utilização de um montante menor de biomassa pelos animais. Isto permite ao produtor o uso de estratégias como a preservação do excedente de biomassa na forma feno ou silagem. Crews et al. (2003),

demonstram que ao se considerar o custo de uma dieta de terminação de U\$1,1/kg, em uma diferença de consumo de 1,59 kg, a economia é de U\$0,18 por dia e de U\$26,25 por animal em 150 dias.

Apesar das expectativas de benefícios maiores da seleção para CAR serem postas no âmbito econômico, estudos recentes vêm apresentando benefícios quanto à sustentabilidade ambiental. A FAO estima que, globalmente, a pecuária é responsável por 18% das emissões de gases de efeito estufa (STEINFELD et al., 2006). Os bovinos produzem metano e óxido nítrico, que são gases de efeito estufa com potencial de aquecimento global 21 e 310 vezes maior do que o dióxido de carbono, respectivamente (AGO, 2001).

O metano é o principal gás de efeito estufa advindo do rebanho, sendo produzido como subproduto da fermentação entérica em ruminantes, contribuindo com aproximadamente 12% das emissões de gases de efeito estufa no mundo. A produção de metano é dependente da quantidade de alimento consumido, embora este efeito seja regulado pela digestibilidade dos alimentos bem como outras características dos alimentos e dos animais. Estudos mostraram que a seleção de animais com CAR baixo (alta eficiência) reduzirá as emissões de metano em 15-30%, e a produção de dejetos por volta 15-20% em relação a animais de CAR alto (baixa eficiência) (NKRUMAH et al., 2006; HEGARTY et al., 2007).

De mesma forma abordam que a redução de uma unidade no consumo de alimento (kg alimento/dia) foi associada a um aumento médio de US \$13,23 nos retornos líquidos e uma redução de 33,46 toneladas nas emissões de metano no final do período de alimentação. Boaitay et al. (2017) mostram que há um aumento de 2,3% nos retornos líquidos para cada melhoria percentual na eficiência alimentar. De acordo com Hegarty et al. (2007) novilhos DE CAR baixo apresentam uma redução do consumo diário de 40% de matéria seca (MS) e uma produção de metano 25% menor (g/d) em comparação a novilhos CAR alto.

Em estudo realizado na Austrália, Alford et al. (2006), demonstram que para um produtor que adere a seleção para CAR, a redução de metano após 25 anos de seleção será 15,9% do que ao início da seleção. Com base nestes dados é possível destacar o potencial e a oportunidade de usar a seleção para CAR como uma estratégia de mitigação de gases de efeito estufa.

Limitações- as principais limitações encontradas para a plena adoção do CAR como uma forma de seleção para eficiência alimentar, apesar de vários estudos demonstrarem o potencial de retorno econômico são: 1) o alto custo associado à identificação de animais que são superiores para CAR, principalmente pelo fato de que o consumo individual é mensurado em sistemas de confinamento, devido à dificuldade e a complexidade de realizar essas mensurações em regime a pasto e, conseqüentemente, aumentando os custos das avaliações; 2) Limitações práticas (deslocamento dos animais), preocupações com a saúde animal e o alto custo geral associado à realização de teste de eficiência alimentar em centrais de avaliação em regiões centralizadas (HERD et al., 2004; RICHARDSON & HERD, 2004).

2.3.4. GPR e CGPR

Koch et al. (1963) também propuseram o Ganho de Peso Residual (GPR) como uma medida alternativa para identificar a eficiência alimentar entre os animais quanto ao crescimento. O cálculo de GPR é feito usando uma equação de regressão linear muito semelhante à usada para o cálculo de CAR, onde animais com GPR positivo ganham mais peso do que o esperado com base na ingestão de alimento (mais eficiente), enquanto os animais com GPR negativo ganham menos peso do que o esperado (menos eficiente) (WRIGHT, 2014).

Como exposto por Wright (2014), a herdabilidade da GPR não é tão abordada na literatura quanto como o CAR. Berry e Crowley (2012) realizaram um estudo com 2.605 touros para examinar o uso de GPR e CAR juntos como método de seleção e obtiveram uma estimativa de herdabilidade para GPR de $0,28 \pm 0,06$. Tal como acontece com CAR, GPR é independente de características como consumo alimentar diário e peso corporal, os quais são utilizados para calculá-lo. Alguns autores descreveram correlações fenotípicas de GPR com CAR, sendo os valores obtidos de -0.40 e -0.46 (CROWLEY et al., 2010; HAFLA et al., 2013, respectivamente). Crowley et al. (2010) também relataram uma correlação genética de $-0,46 \pm 0,11$.

Consumo e Ganho de Peso Residual (CGPR) foi proposto por Berry e Crowley (2012), onde os autores padronizaram o CAR e o GPR para terem variâncias iguais e, simplesmente, somaram as duas variáveis (após inverter o sinal de RFI de modo que um valor positivo fosse mais favorável), fazendo com que valores mais positivos fossem desejáveis na nova medida. Os autores ainda apresentaram a existência da falta de uma correlação entre O CAR e ganho de peso ser a possível razão para a má aceitação do CAR pela cadeia produtiva, isto devido ao fato de animais com crescimento lento poderem apresentar CAR favorável (mais eficientes). O mesmo ocorre com o GPR, o qual não apresenta correlação com a ingestão de alimentos.

Ao combinar CAR e o GPR em CGPR, a independência entre CAR e peso metabólico foi mantida, mas o CGPR teve correlação fenotípica negativa com a ingestão de alimentos e correlação fenotípica positiva com ganho de peso. Com isso há redução (mas não exclusão) na probabilidade de um animal de crescimento mais lento ter classificação favorável no CGPR (BERRY & CROWLEY, 2012).

Portanto o propósito do CGPR é identificar animais que necessitem menos tempo em confinamento (maiores GDM), mas com menores consumos de alimento diário para garantir tal ganho e ao mesmo tempo suprir as exigências de manutenção (BERRY & CROWLEY, 2012).

O CGPR possui herdabilidade de $0,36 \pm 0,06$, sendo um valor intermediário entre as herdabilidades de suas variáveis componentes. O CGPR apresenta correlações com o GPR (0,83) e o CAR (-0,87), mostrando que a seleção por CGPR resulta numa melhora do GDM, ao passo que apresenta redução no consumo de alimento (BERRY & CROWLEY, 2013).

Com isso, o CGPR torna-se uma medida que possibilita a seleção de animais que tenham maiores ganhos de peso e que ao mesmo tempo sejam economicamente mais vantajosos quanto ao consumo de alimento (BERRY & CROWLEY, 2012).

2.4. Leptina: um agente integrador

A leptina é um hormônio secretado, principalmente, pelos adipócitos, atuando na regulação do peso corporal e na ingestão de alimentos (CATUNDA et al, 2014). Além do tecido adiposo branco, também é produzida pelo tecido adiposo marrom, placenta, ovários, músculo esquelético, estômago, células epiteliais da glândula mamária, medula óssea, hipófise e fígado. Seu pico de liberação ocorre durante a noite e as primeiras horas da manhã, e sua meia-vida plasmática é de 30 minutos (CATUNDA et al, 2014).

Em resumo, a leptina pode afetar a ingestão de nutrientes e a composição corporal, incluindo a taxa de crescimento. Estes fatores juntos com os efeitos sobre a eficiência reprodutiva tornam a leptina interessante para a produção animal.

A leptina é responsável pela regulação do consumo de alimentos e da composição corporal, podendo estar relacionada ao potencial de crescimento e, conseqüentemente, ao CAR. Este hormônio tem sido apontado como um importante fator de regulação do metabolismo energético, de alterações na ingestão de alimentos e na determinação da puberdade, bem como outros eventos reprodutivos (WILLIAMS et al., 2002; ZIEBA et al, 2005), sendo também associada com o aumento da gordura em bovinos (JI et al., 1997; CHILLARD et al., 1998; MINTON et al., 1998). Conforme Barash et al (1996), a ação da leptina sobre a reprodução se dá de duas formas: direta, atuando diretamente sobre as gônadas promovendo o aumento da produção de esteroides sexuais, e indireta, por meio da sua ação sobre o eixo hipotalâmico-hipofisário, cuja função é informar sobre o estado nutricional do indivíduo. Entretanto, a leptina sozinha é insuficiente para desencadear a puberdade, assim tem-se como hipótese atual que ela atua como um fator de permissividade para a progressão puberal em novilhas.

Em um estudo realizado por Beltran (2007), foi percebido em novilhas Nelore nos 60 dias que precederam a primeira ovulação um aumento progressivo da concentração de leptina plasmática nas consideradas precoces. A autora ressalta que o mais importante em relação à concentração plasmática de leptina não seja a quantidade deste hormônio, mas a forma como ele é liberado, sendo o aumento progressivo a partir dos 11 meses de idade nas novilhas classificadas como precoces, o fator mais importante.

Períodos curtos de jejum reduzem a expressão de leptina no tecido adiposo, e concentrações circulantes levando a diminuição da pulsatilidade do hormônio Luteinizante (LH) em novilhas pré-púberes. Portanto, elevados ganhos de peso que provocam acúmulo de tecido adiposo durante a recria, melhoram a síntese e a liberação de leptina, sinalizando ao sistema nervoso central a disponibilidade de recursos de reservas nutricionais suficientes para apoiar a transição puberal (AMSTALDEN et al, 2014).

2.5. Puberdade

Uma das principais características indicadoras de precocidade sexual é a idade a puberdade, que juntamente com a idade a primeira concepção possui grande impacto na eficiência reprodutiva e econômica de fêmeas bovinas (ENDECOTT et al, 2013). A puberdade nos bovinos pode ser definida como aquisição da capacidade em se reproduzir, sendo o resultado de

inúmeras alterações fisiológicas e morfológicas que culminam com o primeiro estro e ovulação (SÁ FILHO et al., 2008), e é influenciada por diversos fatores como idade, peso e composição corporal (BARCELOS et al., 2001).

Estudos apontam que puberdade e maturidade sexual não são sinônimos, uma vez que a puberdade é considerada um marco e a maturidade sexual é um fenômeno que acontece após a puberdade, completando-se após três ou quatro ciclo estrais com fase luteínica (BYERLY et al, 1987; GOTTSCHALL, 2011).

A puberdade é resultado de uma cascata de eventos regulada por mecanismos que controlam a liberação de GnRH (hormônio liberador de gonadotrofina). A secreção hipotalâmica de GnRH atua sobre a liberação dos hormônios: folículo estimulante (FSH) e luteinizante (LH) pela hipófise anterior, provocando aumento da produção de esteroides sexuais pelas gônadas, com isso, é possível afirmar que a maturação do eixo hipotálamo-hipófise é responsável pelo início da puberdade (MCDONALD, 2003).

Sabe-se que antes da puberdade ocorrer, os componentes do sistema endócrino já são funcionais, porém são bloqueados pelo “*feedback*” negativo do estradiol sobre a secreção do hormônio luteinizante. Conforme a puberdade se aproxima, o *feedback* negativo é revertido para positivo, permitindo assim o aumento na frequência dos pulsos do LH para o término do desenvolvimento e deiscência folicular. (RODRIGUES et al., 2002).

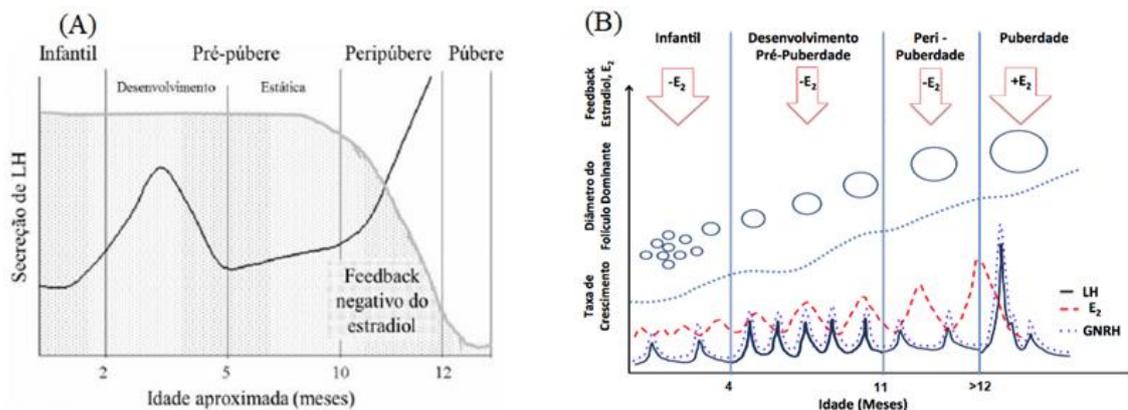


FIGURA 1. Modelo da maturação sexual de novilhas: (A) Demonstra a inversão do *feedback* negativo do estradiol e aumento de LH necessário para a ovulação. (B) Mudanças endócrinas durante a maturidade sexual de novilhas. Fonte: DAY & ANDERSON, 1998; Adaptado de DAY et al., 2010.

Moriel et al (2017) abordam os benefícios da precocidade sexual em novilhas, onde segundo os autores esta categoria deve atingir a puberdade antes do início da estação reprodutiva. Tal afirmativa se dá por duas razões: 1- há um incremento de 21% na taxa de prenhez se estas fêmeas forem colocadas em reprodução no terceiro ciclo estral em relação ao primeiro, e 2- o período da concepção na primeira estação reprodutiva afeta a vida produtiva da fêmea. As novilhas, que conceberem no início da estação reprodutiva e parirem nos primeiros 21 dias da estação de parição, apresentarão: maior percentual de prenhez ao longo da vida produtiva e progênie mais pesada ao desmame. Outro benefício da parição nos primeiros 21 dias da estação de

parição é que estes animais apresentarão maior tempo de permanência no rebanho em comparação com fêmeas que parirem durante o segundo e terceiro períodos. Com isso podemos concluir que o advento da puberdade e o momento no qual ele ocorre em relação ao primeiro serviço, apresentam grande impacto na eficiência econômica e reprodutiva.

A ocorrência de eventos fisiológicos que suportam os mecanismos endócrinos, que levam a maturidade sexual, são resultados de um adequado desenvolvimento destas fêmeas, pois a maturação do eixo reprodutivo ocorre de uma maneira gradual e está associada com as mudanças na composição corporal e no eixo somatotrópico que regula o *status* metabólico do animal (DAY & MAQUIVAR, 2014).

Ação das vias hipotalâmicas sobre a reprodução:

O eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal em fêmeas bovinas já está maduro e funcional desde idades muito jovens (um (1) a três (3) meses de idade), sendo capaz de desenvolver uma cascata de eventos endócrinos que induzem ao estro. Entretanto, a alta sensibilidade do hipotálamo ao estradiol leva à inibição da atividade reprodutiva (NAKADA et al., 2002).

Em novilhas, durante a maturação hipotalâmica, o receptor para estradiol no hipotálamo, o α estrogênico (α ER), é responsável pelo estímulo da secreção de gonadotrofinas, comprovado pelo fato de que animais com ausência na expressão de α ER são inférteis (COUSE; KORACH, 1999).

Durante a maturação sexual, ocorrem mudanças na quantidade de receptores de estradiol em diferentes áreas do hipotálamo, o que leva a um aumento na secreção de LH (LOOPER et al., 2003). É através deste aumento de receptores que ocorre a inversão da resposta do hipotálamo ao estradiol, passando de uma resposta negativa para uma resposta positiva (BELTRAN, 2007). Assim, o estradiol passa a ter uma ação indutória sobre o pico de gonadotrofinas próximo à ovulação. Esta ação se dá pela atuação do estradiol sobre a hipófise, que passa a ter uma maior sensibilidade ao Hormônio Liberador das Gonadotrofinas (GnRH), resultando assim no pico de LH necessário para que a ovulação aconteça (NETT et al., 2002).

Algumas vias neuronais que apresentam efeitos de estímulo e de inibição sobre a regulação do funcionamento neuronal do GnRH sofrem influencia do estradiol, como por exemplo, o neuropeptídeo Y (NPY) (NETT et al., 2002).

O hipotálamo possui uma rede neuronal capaz de produzir padrões pulsáteis de liberação de GnRH (MAYER et al., 2010). Dentre os possíveis agentes responsáveis pela regulação da ação síncrona dos neurônios de GnRH, bem como a regulação do *feedback* de estradiol (importantes na maturação sexual), a kisspeptina vem recebendo destaque (MAYER et al., 2010).

Sabe-se que a kisspeptina possui receptores de estrógeno, os quais possuem a capacidade de suprimir a secreção de GnRH/LH bem como o início da puberdade. É através da relação entre a kisspeptina e os receptores de estrógeno que podemos entender como as mudanças no *feedback* negativo do estradiol atuam na regulação do desencadeamento da puberdade (CARDOSO et al, 2018).

A kisspeptina parece ainda estar envolvida na regulação nutricional da puberdade. Essa possibilidade se dá devido ao fato da kisspeptina estar envolvida no controle da pulsatilidade de GnRH e sua síntese ser responsiva a sinais metabólicos (CASTELLANO et al, 2011).

Segundo Cardoso et al (2018), o aumento das modificações no sistema neuroendócrino que possuem influência sobre a reprodução, ocorrem devido a um *status* nutricional positivo oriundo do ganho de peso dos animais, resultando num aumento da liberação pulsátil de GnRH/LH. Os autores observaram que a leptina apresenta um papel importante, ao atuar como um sinalizador do *status* nutricional para o eixo neuroendócrino e com isso impactando sobre o início da puberdade em novilhas.

Receptores de leptina são encontrados em populações neuronais ligadas a regulação da função dos neurônios de GnRH, sendo duas de grande importância: o NPY/Agouti-related peptide (NPY/AgRP) e a proopiomelanocortin/cocaine- and amphetamine-regulated transcript (POMC/CART) (CARDOSO et al., 2014).

O NPY e o Agouti-related peptide (AgRP), são secretados em condições de balanço energético negativo. De acordo com Gazal et al. (1998), o NPY possui efeito inibitório na liberação de GnRH em vacas, e apesar de não haver estudos em bovinos, a AgRP apresentou efeito inibitório na liberação de GnRH em ovinos. Tanto o NPY como a AgRP atuam como importantes sinais inibitórios na secreção de GnRH durante o desenvolvimento pré-púberal e desempenham um papel fundamental no desenvolvimento da maturação sexual de fêmeas (EGAN et al., 2017).

Novilhas pré-púberes que apresentam altas taxas de ganho de peso, durante período juvenil (quatro (4) a oito (8) meses de idade), possuem redução da expressão da AgRP e do NPY no núcleo arcuato (ARC) (região medial do hipotálamo), mostrando que a ação inibitória do NPY e da AgRP sobre liberação de GnRH torna-se atenuada em períodos de *status* nutricional positivo, facilitando, assim, a maturação sexual das novilhas (CARDOSO et al., 2018). O NPY também está envolvido no comportamento ingestivo dos animais, através da ação da leptina, onde a ação desta sobre o NPY resulta em sinais que estimulam o consumo de alimento (CARDOSO et al., 2014).

O POMC é responsável pela produção do hormônio α -melanocyte stimulating hormone (α -MSH), o qual é produzido durante períodos de balanço energético positivo. Em ovelhas foi evidenciado o efeito estimulatório do α -MSH sobre os neurônios de GnRH (CARDOSO et al., 2018). O α -MSH é responsável pela saciedade, atuando sobre o comportamento alimentar dos animais, onde sob influência da leptina emite sinais que cessam a busca de alimento pelo animal, atuando assim como sinalização de balanço energético positivo (WILLIAMS et al., 2002).

Com base nos dados apresentados é possível afirmar que as vias neuronais possuem impacto direto sobre a ativação da puberdade e liberação pulsátil de LH, sendo que a leptina desempenha papel importante como sinalizador do *status* nutricional para o eixo neuroendócrino e, com isso, afetando no advento da puberdade (AMSTALDEN et al, 2014).

Padrões hormonais no desencadeamento da puberdade: Alterações nos padrões hormonais são necessárias para o desencadeamento da

puberdade e, conseqüente, ovulação. Sabe-se que o *feedback* negativo do estradiol é o principal atuante sobre as ondas foliculares impedindo a ovulação dos folículos dominantes antes que a puberdade seja alcançada.

A medida que a puberdade se aproxima, esse *feedback* negativo, responsável pelo efeito inibitório da secreção de LH, diminui e os pulsos e a frequência da liberação de LH aumentam consideravelmente nas últimas semanas que antecedem a puberdade (RODRIGUES et al., 2002). Este aumento nas concentrações de LH é um fator determinante no início da puberdade de novilhas (BELTRAN, 2007). O padrão na pulsatilidade de LH possui papel importante, pois o aumento na frequência dos pulsos podem estimular o crescimento folicular e a síntese dos hormônios esteroides pelos ovários (DAY; NOGUEIRA, 2013).

Em resumo, o aumento peripuberal de LH é uma resposta ao aumento da liberação de GnRH do hipotálamo, gerado pela diminuição do *feedback* negativo do estradiol. Com base nisso, nota-se a importância da maturação do eixo hipotalâmico sobre o padrão hormonal, uma vez que é a alteração neste padrão que provoca as mudanças necessárias para que a puberdade ocorra (DAY; NOGUEIRA, 2013).

2.5.1. Fisiologia da reprodução em bovinos

a. Ciclo estral e dinâmica folicular

Após a puberdade, a fêmea passa a apresentar um ritmo funcional dos órgãos reprodutivos denominado ciclo estral. Compreende modificações cíclicas tanto na fisiologia como na morfologia dos órgãos genitais, as quais estão relacionadas com os perfis hormonais durante o ciclo. O ciclo estral é composto por duas fases: a fase folicular, onde há o desenvolvimento de folículos, culminando na ovulação; e a fase luteínica, onde há o desenvolvimento do corpo lúteo. Estas fases podem ainda ser subdivididas em pró-estro, estro (fase folicular), metaestro e diestro (fase luteínica) (GONÇALVES et al, 2008).

Pró-estro: Período marcado pelo aumento gradativo dos níveis circulantes de estrógeno, ocasionado pelo início do desenvolvimento folicular. Os níveis de estrógeno neste período proporcionam um aumento gradativo na vascularização e tônus muscular dos órgãos genitais, edemaciação inicial da vulva, proliferação do epitélio vaginal e relaxamento da cérvix. Possui duração de 2 a 3 dias, seu final é marcado pela aceitação do macho pela fêmea (GONÇALVES et al, 2008).

Estro (cio): Este período é o de maior facilidade de definição, sendo caracterizado pela aceitação do macho pela fêmea. Este período apresenta elevados níveis de estrógeno, turgidez do útero e tubas, cérvix relaxada, vagina e vulva com sinais de hiperemia e edema com corrimento de muco. Possui duração variada de 12 a 18 horas e tem seu término marcado pelo fim da aceitação do macho (GONÇALVES et al, 2008).

Metaestro: Considerada a de maior dificuldade de caracterização dentre as fases do ciclo estral. Fase em que ocorre a ovulação e posterior formação do corpo lúteo, o qual secreta quantidades crescentes de progesterona. Como consequência da produção de progesterona ocorre à

diminuição do tônus da genitália, menor vascularização e edemaciação. Durante esse período pode ocorrer pequenas hemorragias carunculares decorrentes das alterações hormonais. Possui duração de 2 a 3 dias e possui como marco final a produção plena de progesterona (GONÇALVES et al, 2008).

Diestro: Considerado o período de maior duração, é caracterizado pelo predomínio da progesterona, espessamento do endométrio, maior atividade das glândulas endometriais, fechamento da cérvix, relaxamento da musculatura genital, diminuição da vascularização e hipertrofia do epitélio vaginal. Possui duração de 13 a 15 dias, é considerado finalizado quando há a regressão fisiológica do corpo lúteo, dando início há um novo ciclo (GONÇALVES et al, 2008).

Durante o ciclo estral das fêmeas ocorre o que chamamos de ondas foliculares, as quais duram aproximadamente 10 dias, podendo variar de 6 a 15 dias (WILTBANK et al, 2002).

A onda folicular é composta por uma série de eventos sequenciais, dentre os quais podemos citar: o crescimento de um grupo de folículos antrais, seleção de um folículo dominante e regressão dos demais folículos, denominados subordinados (GINTHER et al., 2001). Os folículos dominantes atingem seu potencial de crescimento na metade do ciclo estral, porém devido aos altos níveis de progesterona pode não haver a ovulação, o que acarreta no início do processo de regressão dos folículos e, por consequência, inicia-se uma nova onda folicular (GINTHER et al., 2016). O folículo que adquire dominância na última onda de crescimento consegue finalizar o ciclo e ovular, sendo chamado então de folículo ovulatório (GINTHER et al., 2016).

Um ciclo estral pode apresentar de 2 a 3 ondas foliculares, onde o número de ondas irá refletir na duração do ciclo, sendo que os de 3 ondas apresentam maior duração de fase luteal (GINTHER et al., 2001). O início da primeira onda ocorre no dia 0 do ciclo, já a segunda, ocorre entre o 8^o-9^o dia, em fêmeas que apresentam uma terceira onda, a mesma ocorre entre o 15^o-16^o dia do ciclo (AERTS & BOLS, 2010). A regressão do corpo lúteo normalmente ocorre no 16^o dia em ciclos com duas ondas e 19^o em ciclos com três ondas foliculares, tendo como resultado ciclos de 19-20 e de 22-23 dias, respectivamente. O ciclo estral bovino geralmente é citado como sendo de 21 dias, sendo este valor a representação de uma média da duração dos ciclos de 2 e 3 ondas foliculares (ADAMS et al., 2008).

A onda de crescimento folicular é composta pelas fases de recrutamento, seleção e dominância, ovulação ou atresia do folículo, onde a manifestação, manutenção e suspensão destes eventos são reguladas pelos hormônios FSH e LH (AERTS & BOLS, 2010).

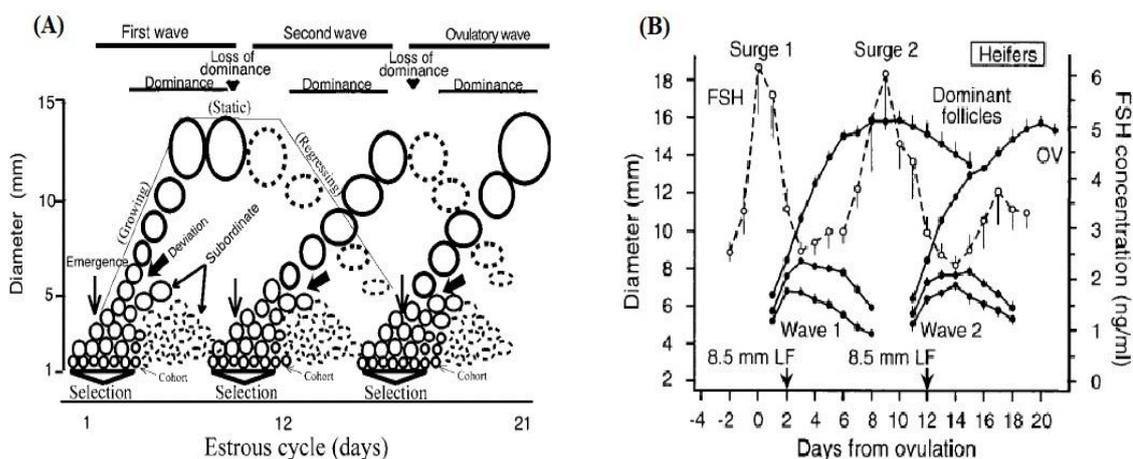


FIGURA 2. Modelo de ondas foliculares. A) Modelo de ciclo estral com 3 ondas foliculares. B) Comportamento do FSH durante as ondas foliculares, em ciclo estral de duas ondas. Fonte: IRELAND et al, 2000; GINTHER et al, 2001.

Recrutamento folicular: é o processo pelo qual um grupo de folículos antrais, com diâmetro de quatro (4) mm, inicia seu desenvolvimento e maturação, estimulados pelas concentrações plasmáticas de FSH, iniciando assim uma fase de crescimento comum, a qual tem duração de aproximadamente três dias (AERTS & BOLS, 2010).

O crescimento e a proliferação destes folículos são garantidos pelo aumento nos níveis de FSH, bem como o crescimento promove o aumento na capacidade dos folículos de sintetizarem estradiol. Caso durante a onda de crescimento folicular o folículo entrar em regressão, a onda é finalizada e um novo recrutamento inicia (AERTS & BOLS, 2010).

Seleção folicular: é o processo onde ocorre a seleção de um folículo, evitando sua atresia, para que o mesmo se desenvolva e mature até atingir a ovulação. É durante a seleção folicular que ocorre o processo chamado de divergência folicular, definido como a diferença na taxa de crescimento entre os dois maiores folículos, onde o marco deste processo é a continuidade do desenvolvimento do maior folículo e uma redução no crescimento dos demais (BARUSELLI et al., 2007). Para evitar que os dois maiores folículos atinjam o mesmo diâmetro, ocorre um bloqueio do desenvolvimento do segundo maior folículo, através dos mecanismos de divergência. É a partir deste ponto que inicia a fase de dominância do maior folículo sobre os demais (BARUSELLI et al., 2007). Ginther et al (2001) comentam que antes de ocorrer o bloqueio de crescimento dos demais folículos, a diferença no tamanho entre os dois maiores folículos já é de 0,5 mm, o que representa, segundo os autores, aproximadamente oito (8) horas de crescimento.

Dominância folicular: é o processo pelo qual o folículo selecionado suprime o crescimento dos demais, além de inibir um novo recrutamento de folículos.

Para que ocorra o crescimento folicular, altos níveis de FSH são requeridos, porém apesar deste requerimento, o folículo dominante para cessar o crescimento dos demais, passa a atuar como um inibidor de FSH, mantendo sua capacidade de crescimento, mesmo a níveis basais deste hormônio (AERTS & BOLS, 2010). A redução dos níveis de FSH ocorre devido à

produção de estradiol e inibina, os quais atuam como supressores da liberação do hormônio (AERTS & BOLS, 2010).

Uma das explicações para a manutenção do crescimento, mesmo a baixos níveis de FSH, são os níveis circulantes de LH que começam a aumentar. Sabe-se que em bovinos, receptores de LH começam a surgir quando o folículo apresenta oito (8) mm, o que ocorre justamente no início da dominância folicular. Portanto é possível inferir que até a dominância ocorrer os folículos são dependentes de FSH, após a ocorrência da mesma, estes passam a ser dependentes de LH (AERTS & BOLS, 2010).

Atresia folicular: A atresia folicular pode ocorrer em qualquer estágio do desenvolvimento folicular, porém com predominância na fase antral (MAGALHÃES et al., 2009), sendo caracterizada como processo de degeneração dos folículos. Fatores como idade, aporte nutricional e estágio reprodutivo, podem afetar as taxas de atresia, sendo reguladas principalmente por fatores endócrinos, como o FSH e o LH (ARAÚJO et al., 2010).

Ovulação e formação de corpo lúteo: A ovulação é definida como ruptura da membrana folicular e a expulsão do oócito. Após a ovulação, ocorre a formação do corpo hemorrágico, o qual reorganiza sua estrutura e dá origem ao corpo lúteo (SALES & ARAÚJO, 2010). Ao contrário dos folículos que sintetizam estradiol, o corpo lúteo passa a sintetizar progesterona (SALES & ARAÚJO, 2010). Durante a fase luteal, o corpo lúteo apresenta aumento tanto em seu tamanho como na sua capacidade de liberar progesterona. Caso não haja fecundação do oócito, por volta do 17º dia do ciclo estral, ocorre a lise do corpo lúteo, realizado pelo hormônio prostaglandinaf-2 α liberado pelo endométrio, com conseqüente redução nos níveis de progesterona e ocorrência de um novo estro (SALES & ARAÚJO, 2010).

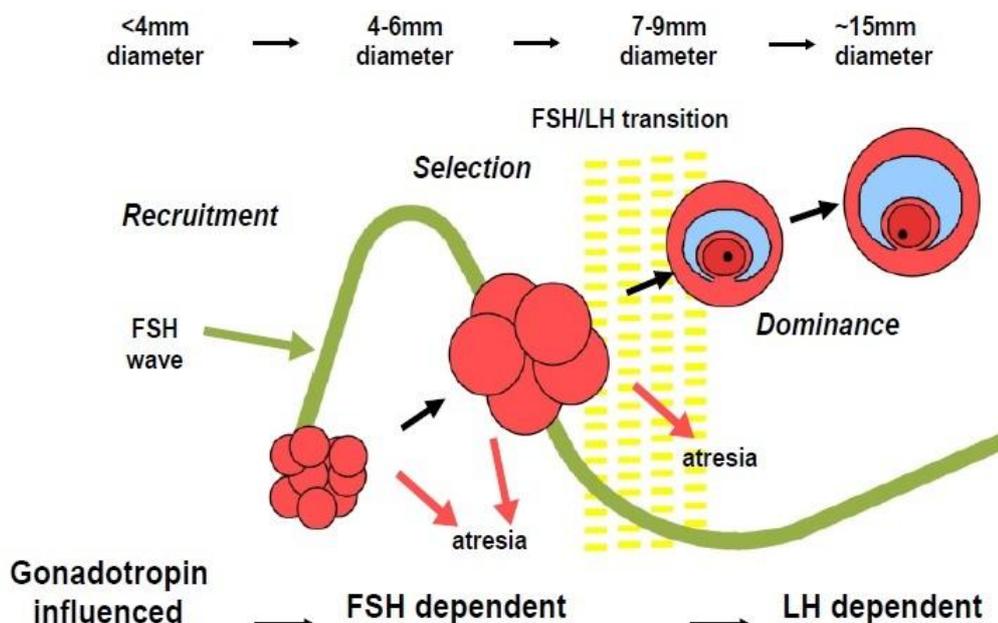


FIGURA 3. Dinâmica folicular durante uma onda, com suas respectivas fases hormônio dependente e evolução de tamanho de folículo. Fonte: WEBB; CAMPBELL, 2007.

b. Particularidades de fêmeas jovens

Dinâmica folicular: Fêmeas pré-puberais apresentam algumas particularidades quanto à dinâmica folicular, comparada a fêmeas pós-puberais: 1) menor duração da fase de crescimento do folículo dominante; 2) menor diâmetro do folículo dominante; 3) intervalo entre ondas é mais curto (FILIPIAK et al., 2016).

Ciclo estral: A primeira ovulação é “silenciosa”, ou seja, sem manifestações de comportamento sexual. Este ciclo tende a ser curto com duração de sete (7) a oito (8) dias e apresentar baixa capacidade de fertilização do oócito. Após o 2º ciclo estral, ocorre a normalização dos processos envolvidos (GONZÁLEZ, 2002).

c. Diferenças entre *Bos taurus* e *Bos indicus*

Devido à intensiva seleção ao longo dos anos, animais *Bos taurus* são mais eficientes produtivamente em comparação a animais *Bos indicus*. Entretanto, apesar da baixa seleção os *Bos indicus* são geneticamente superiores quanto à tolerância as altas temperaturas e resistentes à parasitas. Em virtude disso, iniciou-se o uso do cruzamento de ambos visando obter raças que incorporassem a precocidade do *B. taurus* e a resistência a ambientes adversos do *B. indicus* (SARTORI et al, 2010).

Sabe-se que existem diferenças entre *Bos taurus* e *Bos indicus* em várias características, porém vale a pena destacar as diferenças reprodutivas, onde:

- Animais *Bos indicus* apresentam maiores pesos e idade à puberdade quando comparados a animais *Bos taurus* (SARTORI et al, 2010);
- Durante a emergência folicular, no início das ondas foliculares, animais *Bos indicus* apresentam maior população de folículos antrais do que *Bos taurus*, possivelmente devido a maiores concentrações de IGF-1 e insulina em animais zebuínos (SARTORI et al, 2010);
- Durante a fase de divergência das ondas foliculares fêmeas *B. taurus* apresentam maiores diâmetros de folículo dominante (8,5 a 9 mm), quando comparados a *Bos indicus* (5 a 7 mm) (SARTORI et al, 2010);
- Fêmeas *B. taurus* apresentam maior diâmetros de folículo ovulatório (17 a 21 mm vs. 11 a 12 mm) e corpo lúteo (20 a 30 mm vs. 16 a 17 mm) em relação à *Bos indicus*, indicando que *Bos indicus* alcança a capacidade ovulatória com menores diâmetros (Atkins et al., 2013);
- Apesar de menores diâmetros de corpo lúteo fêmeas *Bos indicus* apresentam maiores concentrações de progesterona por g de tecido luteal, que segundo Bastos et al. (2010), surge como indício de um metabolismo mais lento de estradiol e progesterona por parte dos *Bos indicus*;
- Fêmeas *B. indicus* apresentam estro mais curto e 50% das fêmeas o manifesta no final da tarde ou à noite, sendo 30% exclusivamente à noite (MEMBRIVE et al, 2000).

2.5.2. Fatores que influenciam a puberdade

a. Idade

A relação entre idade à puberdade e idade ao primeiro parto é um fator importante na determinação da precocidade sexual de um rebanho. A idade à puberdade varia entre as raças, onde nas taurinas, a primeira ovulação ocorre entre sete (7) e 12 meses, com primeiro serviço por volta dos 15 meses e primeiro parto entre 24 e 36 meses, enquanto que nas zebuínas, a idade à puberdade ocorre entre 22 a 36 meses e a idade ao primeiro parto, entre 44 a 48 meses (RODRIGUES et al., 2002).

A idade à puberdade possui grande importância no sistema pecuário devido ao fato de estar relacionada com a redução do intervalo de gerações, com a capacidade de impactar no progresso genético do rebanho, no peso e no número de bezerros produzidos durante a vida produtiva de uma vaca (ROCHA & LOBATO, 2002).

b. Peso

O peso à puberdade varia conforme a raça, sendo que a maioria apresenta seus primeiros ciclos estrais com aproximadamente 60% de seu peso adulto para raças taurinas e 65% de seu peso adulto para raças zebuínas (PERRY, 2012). Apesar de estudos mostrarem que novilhas podem atingir a puberdade com pesos inferiores aos citados (entre 50% a 55% do peso adulto), estas fêmeas geralmente concebem mais tarde na estação de parição. Além disso, novilhas que possuem 55% do peso adulto no início da sua primeira estação reprodutiva apresentam uma tendência de maiores períodos de anestro no pós-parto comparadas a novilhas que apresentaram 65% do peso adulto no mesmo período (PERRY, 2012). Em contraste a Perry (2012), alguns autores indicam que o desenvolvimento de novilhas para atingirem 50 a 57% do peso adulto no início da estação reprodutiva pode ser economicamente vantajoso (MARTIN et al, 2008; ENDECOTT et al, 2013), e sem efeitos negativos no desempenho (MARTIN et al, 2008; ROBERTS et al., 2009).

O excesso de peso também pode ser prejudicial ao desempenho reprodutivo, uma vez que a composição corporal, bem como a dieta, interfere no desenvolvimento pós-fertilização dos oócitos, comprometendo a qualidade embrionária e a taxa de concepção. A superalimentação de fêmeas pode tornar os animais hiperinsulinêmicos, prejudicando, assim, a função reprodutiva (ADAMIÁK et al., 2005).

Tais informações evidenciam a necessidade de promover um ganho de peso adequado, visando obter o maior número de novilhas atingindo a puberdade 30 a 45 dias antes da estação reprodutiva (GASSER, 2013). Alguns estudos vêm demonstrando que o aumento dos ganhos de peso durante o pós-desmame permite alcançar a maturidade sexual mais cedo (FERRELL, 1982; GASSER, et al, 2006a; ALVES et al., 2015; CARDOSO et al, 2015).

Apesar da grande ênfase no ganho de peso no período pós-desmame como possível fator na redução da idade à puberdade, estudos vem demonstrando que o ganho de peso no período pré-desmame possuem grande impacto na redução da idade à puberdade tanto quanto no período do pós-desmame (GASSER et al, 2006b).

c. Características Fenotípicas

- **Composição corporal**

No que se refere à composição corporal, uma quantidade de gordura corporal é requerida para que a puberdade seja iniciada. Conforme a puberdade se aproxima, ocorre uma mudança na composição corporal, onde há uma redução da deposição muscular e ocorre um aumento na deposição de gordura (MAHLER, 2016).

Donoghue et al. (2011) determinaram em animais cíclicos de forma significativa maiores espessuras de gordura na picanha do que animais não cíclicos, corroborando o pensamento de que um mínimo de gordura é necessário para o início da puberdade (RANDEL & WELSH JR, 2013).

Alguns estudos vêm evidenciando a importância do acúmulo de reservas energéticas como um fator chave na fertilidade dos rebanhos (AYRES et al, 2014), obtenção de maturidade sexual (DAY & MAQUIVAR, 2014) e eficiência reprodutiva (FUNSTON, 2012). A avaliação da quantidade de reservas corporais pode ser realizada de uma forma simples e objetiva, através da utilização da ultrassonografia de carcaça, onde é possível obter e avaliar as medidas de espessura de gordura subcutânea. Esta ferramenta permite a observação e determinação de novilhas mais propensas a atingir à puberdade antes do início da estação reprodutiva (AYRES et al., 2009).

Em um estudo realizado por Freitas (2015), com novilhas Nelore, foi observado que as fêmeas que possuíam espessura de gordura na picanha (EGPUS) acima de 3,4 mm apresentaram taxas de ciclicidade 19,4% maiores em relação a fêmeas com EGPUS $\leq 3,4$ mm ($P=0,002$). No mesmo estudo, as fêmeas que apresentavam maior EGPUS possuíam maior diâmetro de folículo dominante ($> 2,6$ mm vs. $\leq 2,6$ mm; $P= 0,02$) no 8º dia de protocolo de sincronização de ovulação para inseminação artificial a tempo fixo (IATF).

- **Tamanho corporal (Frame)**

Estudos referentes ao tamanho corporal (frame size) têm sido realizados devido às influências que apresenta sobre a produção e manutenção dos animais. No entanto, a maioria destes estudos utilizaram *B. taurus*, embora o número de trabalhos com *B. indicus* têm crescido nos últimos anos (ROCHA et al., 2003; HORIMOTO, 2005).

O frame é obtido através de uma fórmula que leva em consideração a altura de garupa em polegadas e a idade em dias, dividido por faixas etárias: de cinco (5) a 21 meses de idade e animais adultos, além do sexo (machos e fêmeas) (BIF, 2017).

Frame size= $-11.7086 + (0.4723 \times \text{Altura de garupa}) - (0.0239 \times \text{Idade}) + (0.0000146 \times \text{Idade}^2) + (0.0000759 \times \text{Altura de garupa} \times \text{Idade})$. (Novilhas de cinco (5) a 21 meses).

É um critério válido para se estimar a velocidade de maturação de um animal, ou seja, o tempo necessário para que este alcance sua maturidade fisiológica e seu peso adulto. A partir do frame é possível ter uma ideia aproximada dos padrões de crescimento, de deposição de gordura e do tamanho/peso ao abate ou adulto que terá um animal (BAVERA, 2005).

A taxa de crescimento e a composição do peso (% ossos, músculo e gordura) variam de acordo com o frame do animal (pequeno, médio ou grande). Animais considerados de frame pequeno são mais precoces fisiologicamente e atingem o peso e a maturidade mais cedo, apresentando maiores deposições de gordura em comparação aos de frame grande. Em contrapartida, animais de frame maior apresentam maior estrutura corporal, maior musculatura, porém uma baixa deposição de gordura, sendo então classificados como de biotipo tardio (Figura 4) (BIANCHINI, 2005; HORIMOTO, 2005).

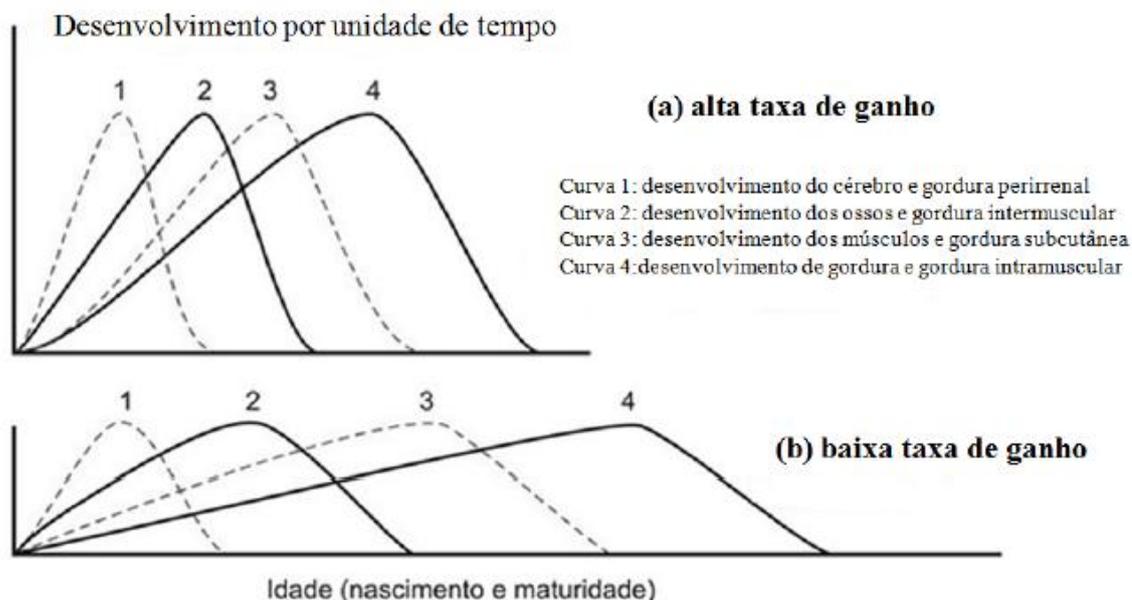


Figura 4: Taxas de deposição de vários tecidos em diferentes regiões do animal. Fonte: OWENS et al., 1993.

Animais de frame menor atingem a maturidade mais precocemente, pois apresentam maiores taxas de crescimento e de deposição de tecidos. A elevada taxa de crescimento permite que a maturidade seja alcançada com pesos menores e maior % de gordura corporal, o que acarreta na desaceleração do crescimento, tornando a curva menor devido a sua inflexão em pesos menores (Figura 5) (BIANCHINI, 2005; HORIMOTO, 2005).

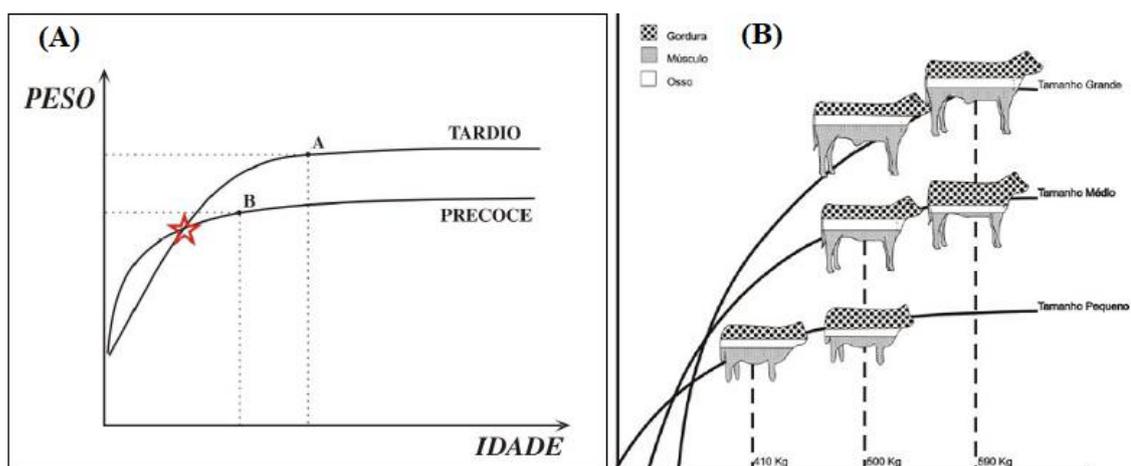


Figura 5: Curvas de crescimento: (A) No diferentes biótipos (precoce e tardio), (B) Efeito do tamanho à maturidade sobre a composição corporal. Fonte: ALBUQUERQUE AND FRIES, 1998; Adaptação de TAYLOR, 1984.

Não há um frame que seja o melhor em produtividade. A escolha do animal mais adequado vai depender dos níveis nutricionais, sistemas de criação e mercado consumidor. Animais de grande porte, por exemplo, podem ser tão vantajosos quanto os de menor porte, se o sistema produtivo não apresentar restrições nutricionais, caso o contrário estes passam a ter maiores custos por terem terminação mais tardia (BAVERA, 2005).

O frame pode ser utilizado como ferramenta na seleção de fêmeas de reposição, uma vez que pode influenciar a idade à puberdade, principalmente pelo fato de animais muito grandes possuírem uma demanda energética de manutenção maior e, por consequência, atingem a puberdade mais tardiamente (FREITAS, 2015). Em um estudo realizado por Olson et al (2002), com animais Brahman, foi observado atraso significativo da puberdade em fêmeas de maior tamanho corporal (672 dias de idade), quando comparadas as suas contemporâneas de tamanho mediano (626 dias de idade) e pequeno (633 dias de idade).

Animais com frame extremo (muito pequenos ou grandes demais) devem ser evitados, visto que os muito pequenos, apesar da menor necessidade de manutenção, produzem progênie com baixo potencial de crescimento, enquanto os grandes demais, apesar do alto potencial de crescimento, apresentam redução na produtividade devido à alta necessidade de manutenção.

2.5.3. Avaliações de ciclicidade de fêmeas bovinas

a. Ultrassonografia reprodutiva

A ultrassonografia é um método de diagnóstico largamente utilizado em todas as espécies. O uso da técnica nos animais de produção teve início nos anos 80 com a espécie equina e posterior expansão para outras áreas (PERRY & CUSHMAN, 2016).

O material de ultrassonografia é composto por um aparelho eletrônico, acoplado a um dispositivo denominado “probe” ou sonda que emite

ondas de alta e baixa intensidade. Estas ondas são emitidas pelos cristais piezoelétricos existentes na sonda. A propriedade dos tecidos de propagar as ondas ultrassônicas é denominada de impedância, onde tecidos mais densos como osso possuem maior impedância que a água (PERRY & CUSHMAN, 2016).

A frequência de vibração representa o número de oscilações por segundo e é expressa em Hertz (Hz). A distância de penetração nos tecidos varia de 4 cm para uma frequência de 10 MHz até 30 cm para uma frequência de 1 MHz, portanto altas frequências possuem baixa penetração comparadas as baixas frequências, porém possuem maior resolução e qualidade de imagem. Para fêmeas bovinas se utiliza sondas transretais com frequências de 5 MHz, 6 MHz ou 8 MHz, sendo selecionadas de acordo com a finalidade de uso (diagnóstico de gestação ou monitoramento de atividade ovariana) (ARAÚJO & MOURA, 2017).

A ultrassonografia baseia-se em ondas que penetram os tecidos sendo devolvidas como ecos, os quais são captados pelos mesmos cristais emissores da onda e transformadas em imagem. Cada tecido possui diferentes graus de ecogenicidade (geração de eco) e, de acordo com a quantidade de ecos que refletem dependendo a impedância do tecido, podem ser classificados como hiper ou hipocogênicos, ou ainda anecogênicos (sem ecogenicidade) A imagem anecóica apresenta coloração que varia do cinza ao preto, sendo o preto, característicos de líquidos límpidos. As imagens hipercóicas apresentam coloração branca densa como no caso de ossos, os quais refletem todos os ecos e podem gerar o que chamamos de artefatos (imagens não reais) (GINTHER, 1986).

A utilização da ultrassonografia tem possibilitado uma melhora no manejo reprodutivo dos rebanhos, através de exames clínicos como avaliação do desenvolvimento folicular e corpo lúteo, verificação de patologias do trato reprodutivo bem como diagnósticos de gestação (sexagem de feto e ocorrência de gestação múltipla) (ARAÚJO; MOURA, 2009).

b. Avaliação ginecológica

Avaliação uterina: A avaliação do útero permite a medição dos cornos uterinos, importante principalmente em fêmeas jovens, onde é possível observar o seu desenvolvimento. Ao se avaliar o útero, também é possível verificar a fase do ciclo estral em que a fêmea se encontra, através da aparência ultrassonográfica deste juntamente com estruturas presentes no ovário, como por exemplo, durante o diestro, a ecotextura do útero é relativamente uniforme, tornando-se mais grosseira com a proximidade do estro (PIERSON & GINTHER, 1988).

Esta avaliação permite ainda a observação de patologias uterinas como metrite ou piometra, baseado na ecogenicidade do útero, onde fluidos não-ecóicos representam um útero saudável, enquanto fluidos variando do aspecto floculento até intensamente branco, representam um útero com problemas patológicos (PIERSON & GINTHER, 1988).



FIGURA 6. Avaliação de diâmetro do corno uterino. Fonte: Adriana Kroef Tarouco.

Ovários: A avaliação dos ovários permite avaliar a dinâmica folicular. Os folículos ovarianos aparecem como estruturas não-ecóicas, geralmente como uma borda delgada. Os folículos podem aparecer na imagem com formatos irregulares devido à compressão por outras estruturas ovarianas. O corpo lúteo é geralmente visível até próximo à ovulação subsequente, e aparece na imagem como estrutura isoecóica (PIERSON & GINTHER, 1984; PIERSON & GINTHER, 1988). Pode apresentar uma cavidade central em aproximadamente 70% dos corpos lúteos entre os dias 6 e 15 após sua formação (KASTELIC et al., 1990). Através dessa avaliação também é possível verificar a presença de cistos tanto foliculares como luteínicos, onde cistos foliculares apresentam paredes com espessuras muito finas e os luteínicos, vários mm de espessura. Geralmente um cisto terá pelo menos 20 mm de diâmetro (SPRECHER et al., 1989).



FIGURA 7. Avaliação de diâmetro do maior folículo ovariano. Fonte: Adriana Kroef Tarouco.

Diagnóstico de gestação: O diagnóstico de gestação baseado na visualização do embrião não é acurado antes do 25º dia gestacional, por isso, na prática este exame é realizado a partir do 28º dia. Após o 25º dia é possível identificar os fluidos cório-alantóico, que é o sinal indicativo de gestação, assim esta é identificada pela presença de quantidade característica de líquido (completamente anecóico) no útero, bem como a distensão da parede do mesmo. O embrião torna-se visível claramente, no 35º dia de gestação (BEAL et al., 1992).



FIGURA 8. Avaliação de diagnóstico de gestação. Fonte: Autor.

Durante estas avaliações, também é possível verificar a viabilidade do embrião através dos batimentos cardíacos, uma vez que a mortalidade embrionária atinge por volta de 6,5% entre 25 e 45 dias de gestação, e perda fetal podendo chegar até 7% até os 65 dias de gestação (BEAL et al., 1992).

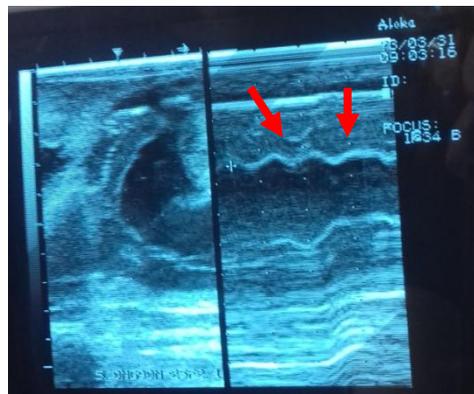


FIGURA 9. Avaliação dos batimentos cardíacos para determinação de viabilidade fetal. Fonte: Autor.

Sexagem fetal: O diagnóstico do gênero fetal é possível a partir do 55º dia de gestação através da determinação da localização do tubérculo genital (localizado inicialmente na região umbilical) caracterizado como uma estrutura hiperecótica bilobulada, o qual nas fêmeas dará origem ao clitóris e, nos machos, o pênis. A partir do 55º dia, o tubérculo migra, nas fêmeas para uma pequena distância em sentido ventral à base caudal e torna-se o clitóris, e nos machos a migração é maior no sentido posterior ao cordão umbilical e torna-se o pênis. O diagnóstico acurado do sexo fetal se dá a partir do 55º após a migração do tubérculo genital (CURRAN & GINTHER, 1989).



FIGURA 10. Avaliação da bolsa escrotal, sexagem fetal (macho). Fonte: Autor.

c. Escore do Trato Reprodutivo (ETR)

Devido ao fato de a idade a puberdade ser difícil de mensurar de forma direta, foi desenvolvido um método de avaliação denominado Escore de Trato Reprodutivo (ETR) que se baseia na avaliação, via palpação retal, dos cornos uterinos e ovários, como forma de identificação do *status* puberal de fêmeas e de ciclicidade ovariana. Baseado no desenvolvimento folicular ovariano, presença de corpo lúteo e estimativa de tamanho do trato reprodutivo, as novilhas são designadas a um escore de 1 (imaturo, anestro) a 5 (madura, cíclica) (GUTIERREZ et al., 2014).

O ETR possui duas aplicações principais: 1) para determinar o *status* puberal de novilhas antes da estação reprodutiva; 2) como uma ferramenta de seleção para idade à puberdade. O ETR possui repetibilidade tanto dentro de avaliações de um mesmo veterinário como entre veterinários (HOLM et al., 2009).

O ETR possui uma herdabilidade de 0,32 e possui uma conformidade de 72% com medidas de progesterona, evidenciando que pode ser usado como uma ferramenta primária de seleção de novilhas antes do início da estação reprodutiva, sem qualquer efeito prejudicial sobre a produção (HOLM et al., 2009).

Devido à grande diversidade de raças, e cada uma com suas peculiaridades quanto à fisiologia reprodutiva muitas vezes os critérios de avaliação para ETR podem vir a ser adaptados. Como na Tabela 1, em que se levou em consideração os tamanhos dos maiores folículos dominantes ao invés do número de folículos, como o utilizado pela maioria dos adeptos deste método de avaliação.

TABELA 1: Parâmetros de avaliação para determinação de ETR

ETR	Cornos uterinos	Folículos > 8 mm	Folículos > 10 mm	Corpo lúteo
1	Imaturo, < 6 mm de espessura	Ausente	Ausente	Ausente
2	6 - 8 mm	Presente	Ausente	Ausente
3	8-10 mm	Presente	Presente	Ausente
4	10-12 mm	Presente	Presente	Ausente
5	> 12 mm	Presente	Presente	Presente

Adaptado de Pereira et al. (1999).

2.6. Relação entre o Consumo Alimentar Residual e a puberdade e consequente vida produtiva em fêmeas bovinas

Estudos sugerem que a seleção para CAR repercute no desempenho reprodutivo. Testes para CAR são conduzidos após o desmame, com grande variação na idade à puberdade entre os animais, podendo apresentar diferentes estágios de desenvolvimento sexual e idades fisiológicas durante o teste, o que pode afetar a classificação no CAR. O atraso da puberdade é biologicamente possível devido à partição de energia ser diferente entre fêmeas, com a demanda energética voltada para o crescimento em detrimento a função reprodutiva nas classificadas CAR baixo. No entanto, alguns estudos indicam que seleção pós-desmame para CAR não tenha afetado taxas de prenhez, taxa de parto e produtividade materna (DONOGHUE et al, 2011).

Há evidência de correlações indesejáveis entre fertilidade e eficiência alimentar em algumas espécies. Diferentes trabalhos (ARTHUR et al., 2005; DONAGHUE et al., 2011; MU et al., 2016) apresentaram evidências de que a seleção para CAR possa resultar em efeitos negativos sobre a fertilidade de fêmeas bovinas. Em contraponto, outros autores (BASARAB et al., 2011; LAWRENCE et al., 2011) não encontram efeitos negativos sobre as características reprodutivas ou desempenho da progênie de fêmeas ranqueadas para CAR.

Em um estudo realizado por Ferreira Junior et al. (2018), as fêmeas classificadas como CAR baixo possuíram maiores espessuras de gordura na picanha comparadas as menos eficientes. Bem como, não encontraram diferença nas medidas de trato reprodutivo entre as classes de CAR. Entre as características reprodutivas avaliadas em novilhas, apenas o intervalo do primeiro parto diferiu entre as classes, onde fêmeas mais eficientes apresentaram 45 dias a menos de intervalo comparadas às fêmeas menos eficientes.

Apesar das diferenças de consumo e espessura de gordura, de acordo com Donaghue et al. (2011), não houve diferença em termos de presença de corpo lúteo entre fêmeas alto e baixo CAR. A idade ao primeiro parto também foi semelhante entre as classes, mostrando que parece não haver efeito da eficiência alimentar sobre o crescimento e maturação do útero e ovários. Outra observação feita pelos autores foi que fêmeas púberes sempre possuíram maiores espessura de gordura na picanha em comparação as impúberes.

Shaffer et al (2011), em um estudo realizado com 137 novilhas, encontraram uma relação linear negativa entre CAR e idade à puberdade, bem como valores positivos de CAR foram correlacionados com precocidade na idade à puberdade ($414 \pm 3,83$ vs $427 \pm 4,67$ dias de idade, $P=0,03$). Os autores inferiram que o atraso no início da puberdade pode ter ocorrido devido às diferenças na gordura corporal e na taxa metabólica. Apesar do atraso na puberdade, não foram encontrados efeitos sobre a taxa de concepção pelo CAR, porém os autores recomendam uma seleção combinada de CAR com características reprodutivas, evitando, assim, impacto na produção.

Hafla et al. (2013) avaliaram a relação entre o CAR pós-desmame e o CAR em vacas gestantes. O estudo se deu por dois anos consecutivos, em

que as novilhas foram testadas no pós-desmame para CAR e as 12 de CAR mais baixo e as 12 de CAR mais alto foram mantidas para a estação reprodutiva e retestadas durante a primeira ou segunda gestação. Os autores observaram que as vacas com CAR baixo, quando novilhas consumiram 17% a menos de alimento comparado as vacas com CAR alto, porém não encontraram diferença significativa na data de parto, peso corporal, ganho de peso corporal e composição corporal (medida por ultrassom). O peso ao nascer dos bezerros foi menor ao primeiro parto de fêmeas de CAR baixo ($p < 0,01$), comparado às fêmeas de CAR alto, porém esta diferença não foi observada na segunda parição. Além disso, os autores não observaram efeito da classificação para CAR na frequência de alimentação, mas ocorreu uma redução do tempo de alimentação de 26% em fêmeas classificadas como CAR baixo ($< 0,01$). Uma correlação moderada (0,42) foi encontrada entre o CAR pós-desmame e CAR em vacas gestantes, com isso os autores concluíram que apesar de novilhas classificadas como CAR baixo no pós-desmame possuírem menos consumo de alimento quando gestantes, não houve impacto no crescimento, composição corporal, data de parição ou peso ao nascer da progênie (HAFLA et al., 2013).

Arthur et al. (1999) testaram novilhas das raças Angus, Hereford e Shorthorn ($n=284$) no pós-desmame e as separaram em grupos de alta eficiência e baixa eficiência baseado no CAR pós-desmame. Os animais foram retestados após o desmame da segunda cria, aos 42 meses de idade, vazias, e não lactantes. O CAR pós-desmame apresentou correlação fenotípica significativa com o CAR quando vaca madura (0,36) e consumo de alimento (0,30), porém não houve correlação entre o CAR pós-desmame e GDM, peso vivo, gordura na garupa por ultrassonografia (EGSUS), área de olho de lombo (AOL) por ultrassonografia e produção de leite. Sendo assim, fêmeas mais eficientes consomem menos e apresentam o mesmo nível produtivo quando vacas maduras em relação às fêmeas menos eficientes.

Basarab et al (2007) avaliaram características produtivas de vacas associadas as suas progênies, onde foram avaliados 222 bezerros de ano e suas mães durante dez ciclos produtivos. Os autores reportaram que matrizes que produziram progênies CAR baixo ($< 0,5$ desvio padrão), médio CAR ($\pm 0,5$ desvio padrão) e CAR alto ($> 0,5$ desvio padrão) não diferiram em taxa de prenhez, taxa de parição ou intervalo entre partos. Entretanto, vacas que produziram progênie de CAR alto tiveram aumento na taxa de prenhez gemelar ($p < 0,001$) e aumento das perdas gestacionais ($p = 0,10$), em comparação às vacas que produziram progênie de CAR médio e baixo. Vacas que produziram progênie com CAR baixo consumiram menos alimento durante o segundo e o terceiro trimestres da gestação ($p = 0,018$), em média com 2-3 mm a mais de espessura de gordura na garupa e pariram aproximadamente seis dias mais tarde ($p < 0,001$), comparado às matrizes que produziram progênies CAR médio e alto (BASARAB et al., 2007).

Da mesma forma que o CAR pós-desmame, alguns autores vêm demonstrando que o CAR pré-puberal também pode ser um bom preditor do CAR enquanto vaca adulta. Um estudo realizado por Herd et al. (2006), ao testar 96 novilhas Angus no pós-desmame e novamente quando adultas, vazias e não lactantes, foi obtido uma correlação de 0,39 ($p < 0,01$) entre os

valores de CAR entre as duas avaliações. Loyd et al (2011) obtiveram resultados semelhantes, comparando CAR pré e pós-puberal, encontrando uma correlação de 0,48 ($p < 0,001$), além de obterem uma correlação de 0,46 ($p < 0,001$) entre o ranqueamento das fêmeas em duas avaliações.

Acredita-se que devido ao baixo consumo de matéria seca e a menor quantidade de gordura de cobertura, animais com CAR baixo tenham baixas concentrações plasmáticas de leptina, haja vista a correlação fenotípica positiva (0,31) existente entre esses dois parâmetros (RICHARDSON et al., 2004).

A concentração de leptina, tipicamente associada ao aumento de gordura em bovinos foi positivamente correlacionada com o CAR, devido aos maiores níveis de gordura nos animais ineficientes (JI et al., 1997; CHILLIARD et al., 1998; MINTON et al., 1998). Sabendo-se que este hormônio atua na regulação do desencadeamento da puberdade em novilhas, existe a necessidade de averiguar quais os reflexos de uma seleção de animais de CAR baixo sobre esta importante característica.

Estudos recentes evidenciaram que a leptina não é o fator desencadeante da puberdade e sim um fator passivo, que permite a sua ocorrência quando a maturação sexual é atingida. Atua como servindo como um sinalizador metabólico que pode regular a secreção de gonadotrofinas em resposta tanto à aguda restrição energética quanto à crônica (ZIEBA et al., 2004). Assim, tanto a maturação sexual quanto o *status* nutricional são importantes na determinação de como a leptina afeta o eixo hipotálamo-hipófise em ruminantes (AMSTALDEN et al., 2002, 2003; ZIEBA et al., 2005).

3. HIPÓTESES

Hipótese 1: O ajuste do modelo de regressão de CAR para a espessura final de gordura subcutânea entre a 12 e 13^a costelas, diminui os efeitos negativos da seleção para CAR sobre a deposição corporal de gordura.

Hipótese 2: Fêmeas classificadas como baixo CAR, possuem deposição de gordura subcutânea mais tardia, maior idade à puberdade, menores taxas de concepção e menor desempenho em comparação às classificadas como alto CAR.

Hipótese 3: Fêmeas classificadas como púberes através da utilização do Escore de Trato Reprodutivo (ETR), apresentam maiores espessuras de gordura subcutânea na picanha, menor frame e maiores taxas de concepção.

4. OBJETIVOS

Objetivo 1: Comparar o modelo padrão e o modelo de regressão ajustado para espessura de gordura subcutânea de estimativa de CAR e verificar os efeitos no ranqueamento dos animais.

Objetivo 2: Classificar os animais em grupos de eficiência para CAR (alto, médio e baixo) e estabelecer correlações fenotípicas com as características: espessura de gordura na picanha, taxa de crescimento (kg/dia), consumo alimentar, ganho de peso residual e taxa de concepção (TC/%) em novilhas Brangus.

CAPITULO II

Comparação entre modelos para estimativa de eficiência alimentar residual em novilhas Brangus de reposição¹

¹ Elaborado conforme as normas da Revista Brasileira de Zootecnia

**Comparação entre modelos para estimativa de eficiência alimentar residual
em novilhas Brangus de reposição**

Carolina Silveira da Silva¹, Lúcio Franciosi Carvalho¹, Fernanda Dornelles Feijó¹, João Luiz Benavides Costa¹, Daniela Guarchez Adamich¹, Eduarda Camara Ghisleni¹, Lucas Cardoso Azeredo¹, Vitor Blehm Azevedo¹, Harold Ospina Patino¹, Verônica Machado Rolim², Carolina Bremm³, José Fernando Piva Lobato¹, Adriana Kroef Tarouco³, Jaime Urdapilleta Tarouco¹,

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Departamento de Zootecnia, Porto Alegre, Brasil.

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Estação Agronômica da UFRGS, Eldorado do Sul, Brasil

³ Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária, Porto Alegre, Brasil.

*Corresponding author: carolina.silveira@hotmail.com

RESUMO

O objetivo deste estudo foi verificar o impacto do ajuste para espessura de gordura subcutânea no modelo de predição para Consumo Alimentar Residual (CAR) sobre características de desempenho, de medidas de eficiência alimentar e reprodutivas. Foram utilizadas fêmeas Brangus, pertencentes ao rebanho de bovinos da Estação Experimental Agronômica da UFRGS. As novilhas foram avaliadas no pós-desmame, com média de idade de 311 ± 16 dias e com média de peso $229 \pm 25,68$ kg, e ranqueadas em três classes de CAR (baixo, médio e alto). Não foram encontradas diferenças em: peso vivo t inicial (PVi) e final (PVf), peso metabólico (PMMT), ganho de peso diário médio (GDM), espessura de gordura na picanha (EGPUS) inicial e final e taxa de concepção, entre as classes de CAR em nenhum dos modelos utilizados. As novilhas classificadas como CAR baixo consumiram 36,5% de kg MS/dia a menos que as CAR alto, o que representou uma redução no CMS de 1,56 kg/dia. Quando o modelo foi ajustado para espessura de gordura subcutânea, houve redução nessa diferença, em que fêmeas mais eficientes consumiram 33,8% menos alimento, comparado às menos eficientes, representando uma diferença no CMS de 1,47 kg/dia entre as duas classes. Nota-se que ao realizar o ajuste do modelo para EGSUS final, houve uma inversão no comportamento do ganho da composição corporal entre as classes de CAR. No modelo padrão, as novilhas CAR alto apresentaram maior EGSUS em comparação às CAR baixo ($P=0,0282$), porém, quando o modelo foi ajustado, não houve variação e esta foi de apenas 0,06 mm entre as duas classes de CAR. O ajuste do modelo para estimativa do CAR permite selecionar animais com consumo de MS menores sem alterar a deposição de gordura subcutânea e o desempenho reprodutivo destas fêmeas.

Palavras-chave: bovinos de corte, desempenho reprodutivo, espessura de gordura subcutânea, ganho de peso residual.

ABSTRACT

The objective of this study was to verify the impact of adjustment for subcutaneous fat thickness in the predictive model for Residual Feed Intake (RFI) on performance characteristics, food and reproductive efficiency measures. Brangus females were used, belonging to the cattle herd of the Experimental Agronomic Station of UFRGS. Heifers were evaluated at postweaning, mean age 311 ± 16 days and mean weight 229 ± 25.68 kg, and ranged at three levels of RFI (low, medium and high). No differences were found in: body weight at both initial (BW_i) and final (BW_f), metabolic weight (MWMT), average daily weight gain (ADG), initial and final rump fat thickness (URFT) and conception rate, between the levels of RFI in none of the models used. Heifers classified as low RFI consumed 36.5% kg DM / day less than the high RFI, which represented a reduction in DMI of 1.56 kg / day. When the model was adjusted for subcutaneous fat thickness, there was a reduction in this difference, in which more efficient females consumed 33.8% less food, compared to the less efficient ones, representing a difference in DMI of 1.47 kg / day between the two levels. It is noted that when the adjustment of the model for final subcutaneous fat thickness was made, there was an inversion in the behavior of the body composition gain between the RFI levels. In the standard model, high RFI heifers presented higher URFT in comparison to low RFI ($P = 0.0282$), but when the model was adjusted, there was no variation and the variation was only 0.06 mm between the two RFI levels. The adjustment of the model to estimate the RFI allows selecting animals with lower DMI without altering the subcutaneous fat deposition and the reproductive performance of these females.

Key words: beef cattle, reproductive performance, subcutaneous fat thickness, residual weight gain.

INTRODUÇÃO

Segundo a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), a população mundial em 2050 irá atingir um patamar de 9,5 bilhões de habitantes. Esse aumento populacional acarretará em elevação da demanda por alimentos tanto de origem animal como vegetal (FAO, 2009). Devido à necessidade de aumentar a produtividade, visando acompanhar a demanda por alimentos, o setor de produção animal necessita investir em tecnologias que tornem o sistema mais eficiente, podendo acarretar em aumento de custos.

Na produção animal, a alimentação corresponde ao maior custo de produção, com uma representatividade de 65% (WRIGHT, 2014). Portanto, faz-se necessário desenvolver sistemas mais eficientes e capazes de reduzir os custos com a alimentação. É neste cenário que o Consumo Alimentar Residual (CAR) vem se destacando como medida de eficiência alimentar, uma vez que esta característica é independente do peso adulto e do ganho de peso. Alguns estudos têm observado associações negativas entre CAR, deposição de gordura subcutânea e reprodução (Basarab et al, 2003; Arthur et al., 2005; Nkrumah et al., 2007). Com isso, têm-se sugerido a realização de ajustes no modelo de predição de CAR, incluindo a espessura de gordura subcutânea, buscando reduzir possíveis efeitos deletérios da seleção para a eficiência alimentar em longo prazo. A repercussão da seleção de animais por CAR sobre o desempenho reprodutivo ocorre devido a provável diminuição da quantidade de gordura corporal, com isso, diminuindo a precocidade sexual em fêmeas de reposição. O atraso da puberdade é biologicamente possível devido à partição de energia ser diferente entre fêmeas, com a demanda energética voltada para o crescimento em detrimento a função reprodutiva nas classificadas CAR baixo. O objetivo do presente estudo foi verificar o impacto da inclusão da espessura de gordura subcutânea no modelo de predição para CAR sobre características de desempenho, medidas de eficiência alimentar e reprodutivas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Estação Experimental Agronômica (EEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), localizada em Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. A altitude média local é de 46m, com coordenadas geográficas 30° 05' 27" de latitude Sul e 51° 40' 18" de longitude Oeste. O clima da região é do tipo Cfa, subtropical úmido com verão quente. Apresenta precipitação média anual de 1440 mm. As temperaturas médias mensais variam entre 14 e 25°C.

O presente estudo seguiu as diretrizes de Programas de Melhoramento de Carne, da Beef Improvement Federation (BIF, 2016) e da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA- UFRGS), projeto n° 33643.

Animais e instalações

Foram utilizadas 60 novilhas Brangus oriundas da EEA, com média de idade inicial de 311±16 dias e peso corporal médio de 229±25,68 kg. O setor de bovinos de corte possui o sistema Intergado (www.intergado.com.br) (JPL Comércio e Locação Ltda- Brasil) com 12 cochos eletrônicos modelo AF 1000 MASTER GATE e três bebedouros modelo WD 1000 MASTER GATE, responsáveis pelo registro de consumo e do comportamento ingestivo de alimentos e de água pelos animais de forma individualizada. As fêmeas foram identificadas individualmente por bottons transponde de rádio frequência passiva (RFID) inseridos no pavilhão auricular esquerdo.

Durante a fase de teste para CAR, as novilhas foram alojadas em três piquetes de 45/25m, totalizando 1125 metros quadrados, sendo distribuídas de forma aleatória e totalizando 20 animais por piquete, ficando disponibilizados 56,25 m² por animal, com livre acesso a quatro (4) cochos de alimentação e um bebedouro de reabastecimento automático. A distribuição de 20 animais por piquete visou respeitar a capacidade de suporte do sistema que, segundo recomendação da empresa, é de oito (8) animais por equipamento. Portanto, a densidade utilizada foi de cinco (5) animais por cocho, de forma a garantir o consumo *ad libitum*.

O reconhecimento dos animais pelo equipamento foi realizado através do botton transponde de rádio frequência (FDX) de identificação, localizado no pavilhão

auricular, previamente cadastrado no sistema. Este processo permite que sejam coletados os dados do consumo individual das dietas sólida e líquida, bem como, avaliar o comportamento ingestivo e a frequência de alimentação.

Teste de CAR

O período experimental foi constituído de duas fases: a fase de adaptação (21 dias) e a fase de avaliação de consumo propriamente dito (70 dias). O período de adaptação tem como finalidade adaptar os animais ao sistema de cochos eletrônicos para que todos utilizem o sistema normalmente quando em avaliação.

A dieta ministrada foi a mesma nas duas fases e ofertada em regime *ad libitum*. Os cochos tiveram abastecimento duas (2) vezes ao dia, respeitando a capacidade dos mesmos, descrita pela empresa (Max. 100kg alimento/cocho). A dieta foi composta por silagem de milho e ração concentrada a base de milho, soja e minerais, conforme fórmula na tabela 1.

Foi fornecida após mistura prévia, com o auxílio de um vagão forrageiro IPACOL Modelo VFTM na proporção de 70% de silagem de milho e 30% de ração concentrada.

O CAR foi calculado através de dois modelos de regressão, a seguir.

Modelo 1: O consumo predito obtido através do modelo de regressão múltipla base (Koch, 1963):

$$\text{IMS predito1} = \beta_0 + \beta_1\text{GDM} + \beta_2\text{PMMT}^{0,75} + \varepsilon_1$$

Onde: IMS – Ingestão de matéria seca diária por animal; β_0 – intercepto; β_1 – coeficiente linear de regressão para ganho diário médio (GDM); β_2 - coeficiente linear de regressão para peso metabólico na metade do teste ($\text{PMMT}^{0,75}$); ε_1 – Resíduo que expressa a medida da eficiência do CAR.

Modelo 2: Regressão múltipla corrigida para espessura de gordura subcutânea obtida por ultrassonografia ao final do teste:

$$\text{IMS predito2} = \beta_0 + \beta_1\text{GDM} + \beta_2\text{PMMT}^{0,75} + \beta_3\text{EGSUS} + \varepsilon_1$$

Onde: IMS – Ingestão de matéria seca diária por animal; β_0 – intercepto da regressão; β_1 – coeficiente linear parcial de regressão para ganho diário médio (GDM); β_2 - coeficiente linear parcial de regressão para peso metabólico na metade do teste

($PVMM^{0,75}$); β_3 – coeficiente linear parcial de regressão para espessura de gordura subcutânea ao final do teste medida por ultrassom (EGSUS); ε_1 – Resíduo que expressa a medida da eficiência do CAR corrigido para EGSUS.

Avaliação dos animais

Durante o período de teste (07/09/2017 a 15/11/2017), os animais foram avaliados em três momentos (início, meio e final do teste), quando da realização das pesagens (12 horas de jejum prévio de líquidos e sólidos) e das avaliações de espessura de gordura subcutânea. A espessura de gordura subcutânea na costela (EGSUS) e na picanha (EGPUS) foi avaliada por ultrassonografia através de imagens geradas pelo equipamento de ultrassom Aloka SSD 500 V, transdutor linear UST 5049 com frequência de 3,5 MHz. As imagens foram obtidas à $\frac{3}{4}$ da linha média do *longissimus*, para EGSUS, e no sítio anatômico paralelamente aos ossos ílio e ísquio, no ponto de intersecção entre os músculos *gluteus medius* e *biceps femoris*, para EGPUS. As imagens foram armazenadas e analisadas com auxílio de software UICS (CUP Lab[®], LLC-USA) certificado e por profissional habilitado pelo Ultrasound Guidelines Council (UGC).

O desempenho reprodutivo das fêmeas foi avaliado pela taxa de concepção (TC/%) ao final da estação reprodutiva, através da relação entre número de gestantes e número de novilhas colocadas em reprodução.

A estação de monta foi estabelecida como um período de 90 dias (20/11/2017 a 19/02/2018), por monta natural, em que as fêmeas foram mantidas no mesmo grupo de manejo e ficaram com reprodutores na relação de um touro para 30 fêmeas, avaliados como aptos por exame andrológico. O diagnóstico de gestação foi realizado a cada 30 dias após o início da estação reprodutiva, sendo o final realizado 40 dias após a retirada dos reprodutores.

As características de desempenho, de eficiência alimentar e de deposição de gordura corporal avaliadas foram: ganho diário médio (GDM), peso corporal no início e no final do período (PVi e PVf), peso metabólico na metade do teste (PMMT); consumo alimentar residual (CAR), consumo alimentar residual ajustado para espessura de gordura subcutânea ao final do teste (CARfat), ganho de peso residual (GPR), consumo

e ganho de peso residual (CGPR), consumo de matéria seca (CMS); espessura de gordura subcutânea ao final do teste (EGSUS), espessura de gordura na picanha ao início e no final do período (EGPUSi e EGPUSf), ambas por ultrassonografia, respectivamente; além da taxa de concepção (TC) .

Análise Estatística

Coefficientes de correlação fenotípica entre características de desempenho, eficiência alimentar e deposição de gordura corporal foram gerados pelo procedimento PROC CORR (SAS Institute Inc., Cary, NC, versão 9.4, 2014). A correlação de Pearson é uma medida paramétrica de associação entre duas variáveis, medindo o grau de associação e direção da relação linear.

Para posterior caracterização do CAR, as novilhas foram classificadas como CAR baixo, médio e alto, onde o desvio padrão foi de $<0,05$, $\pm 0,05$ e $>0,05$, respectivamente, baseando-se na média dos valores individuais de CAR (= 0,00). As variáveis foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e comparadas entre as classes das medidas de eficiência alimentar pelo teste Tukey-kramer, a 5% de probabilidade. As análises dos dados coletados foram realizadas pelo procedimento MIXED do SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, versão 9.4, 2014).

O CAR foi definido de duas formas: CARpad, sendo o resíduo da equação de regressão linear do CMS sobre GDM e PMMT; e CARfat sendo o resíduo da equação de regressão do CMS sobre GDM, PMMT e EGSUS final. O GPR foi calculado de forma semelhante, sendo o resíduo da equação de regressão linear do GDM sobre o CMS e PMMT. O CGPR foi calculado de forma direta pela fórmula $CGPR = (-1 * CAR) + GPR$. Também foi realizado o procedimento STEPWISE pelo software JMP (SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2019, versão 14.1), para verificar quais variáveis possuem real influência dentro do modelo. Adotando como critério de inclusão no modelo a significância de 5%.

Para avaliação das taxas de concepção entre as classes de CAR foi utilizado o procedimento GENMOD do SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, versão 9.4, 2014), assumindo uma distribuição binomial dos dados com uma função probit link para uma

distribuição adjacente normal. A probabilidade de $Prenha=1$ é dada por Φ^{-1} , onde Φ^{-1} é uma função de distribuição normal cumulativa.

Resultados

As equações de regressão observadas neste estudo foram: CAR padrão: CMS predito= $0,7835+0,5544*\text{GDM}+0,0596*\text{PMMT}$, $R^2=0,18$; CAR ajustado para espessura de gordura subcutânea ao final do teste: CMS predito= $1,5021+0,4166*\text{GDM}+0,0378*\text{PMMT}+0,1973*\text{EGSUS}$, $R^2=0,25$;

As estatísticas descritivas das variáveis consideradas constam na Tabela 3.

Os valores de CAR variaram de -1,43 kg MS/dia a 1,48 kg MS/dia, no modelo padrão e de -1,46 kg MS/dia a 1,4 kg MS/dia, no modelo ajustado para espessura de gordura. Para as outras medidas de eficiência GPR e CGPR ajustado para EGS, a variação dos valores foi de -0,31 kg/dia a 0,28 kg/dia e -1,60 a 1,74, respectivamente. Quanto à deposição de gordura corporal, a variação foi de 1,78 mm a 7,62 mm para EGSUS e de 1,3 mm a 8,9 mm para EGPUS.

Não houve diferenças entre peso vivo inicial, peso vivo final, peso metabólico, ganho diário médio, espessura de gordura na picanha inicial e final entre as classes de CAR em nenhum dos modelos utilizados (Tabelas 3 e 4). Apenas diferenças foram obtidas no consumo de matéria seca e nos valores de CAR.

As novilhas de CAR baixo consumiram 36,5% de kg MS/dia a menos que as de CAR alto, o que representou uma redução no consumo de 1,56 kg de alimento/dia. Quando o modelo foi ajustado para espessura de gordura, essa diferença foi reduzida, em que novilhas mais eficientes consumiram 33,8% menos alimento comparadas as menos eficientes, representando uma diferença no consumo diário de 1,47 kg MS/dia entre as duas classes de CAR.

Salienta-se que ao realizar o ajuste do modelo para espessura de gordura há uma inversão no comportamento de deposição de gordura corporal entre as classes de CAR. No modelo padrão, proposto por Koch et al. (1963), os animais de CAR alto apresentaram maior espessura de gordura subcutânea final em comparação aos de CAR baixo ($P=0,028$), devido a uma relação positiva entre as duas características. Com a inclusão da gordura no modelo, a relação entre CAR e espessura de gordura deixa de

existir, como podemos observar na Figura 1. Esta resposta é importante porque identificamos os animais mais eficientes no aproveitamento do alimento consumido sem comprometer a deposição de gordura destes.

O CAR, em ambos os modelos, mostrou-se associado positivamente com consumo de matéria seca ($rp=0,9$, CARpad; $rp=0,86$, CARfat) e negativamente com consumo e ganho de peso residual ($rp=-0,94$, CARpad; $rp=-0,98$, CARfat). Não houve associação com ganho de peso residual, ganho diário médio ou peso metabólico na metade do teste (Tabela 3). Já o CAR padrão foi relacionado com a espessura de gordura subcutânea final ($rp=0,26$).

O CGPR apresentou diferença entre animais eficientes e ineficientes apenas para consumo de matéria seca ($P<0,0001$) (Tabela 5). Obtiveram-se também relações negativas com ambos os modelos de CAR e com consumo ($rp=-0,81$), além de associação positiva com GPR ($rp=0,35$) (Tabela3).

Em relação ao ganho de peso residual, no presente estudo, os animais mais eficientes apresentaram menor PV tanto inicial ($P=0,0012$) como final ($P=0,0113$), maior GDM ($P<0,0001$) e menor peso PMMT ($P=0,0061$) em comparação aos menos eficientes. Não foi obtida diferença entre consumo de matéria seca e espessura de gordura. Estes dados demonstram que animais mais eficientes possuem maior ganho de peso por unidade de alimento consumido, menor peso metabólico, o que reflete menor exigência de manutenção, sem impactar na deposição de gordura. Corroborando o exposto por Wright (2014). O GPR apresentou correlação com CGPR ($rp=0,35$; $P<0,01$), valor bem inferior ao encontrado por Berry e Crowley ($rp=0,83$; 2013). Em contraste ao encontrado por Crowley et al ($rp=-0,4$; 2011) e Hafla et al ($rp=-0,46$; 2013), o presente estudo não encontrou correlação com CAR.

Foram observadas diferenças entre CGPR e os modelos de CAR ($P<0,0001$). Para ambos os modelos de CAR, as novilhas classificadas com CAR baixo foram mais eficientes quanto a CGPR, quando comparado com as de CAR alto. Da mesma forma que há um re-ranqueamento de animais entre as classes de CAR ao se ajustar a equação para espessura de gordura. Esta resposta se repete para CGPR, quando se utiliza CARfat (Eficientes $n=22$; Intermediários= 19; Ineficientes $n=19$) em substituição ao CARpad (Eficientes $n=18$; Intermediários= 24; Ineficientes $n=18$). Em relação às médias, os valores foram: CGPRfat: Eficientes= 0,799, intermediários= 0,063 e Ineficientes= -

0,88; CGPRPad: Eficientes= 1,64, Intermediários= -0,79e Ineficientes= -0,845, ambos com $P < 0,0001$.

Discussão

A magnitude dos valores individuais de CAR variam entre diferentes estudos; no presente trabalho, o CAR variou de -1,425 kg MS/dia a 1,484 kg MS/dia, diferindo dos resultados de Davis et al (2016), que relatam amplitude maior na variação, -1,48 a 3,2. Lancaster et al (2001ab) e Brown et al (2005), por outro lado, também obtiveram variações nos desvios padrão, 0,77 a 0,86 e 0,66 a 0,88, respectivamente. Tais intervalos condizem com o desvio padrão de 0,715, obtido neste estudo.

A ausência de associação entre CARpad e GDM e PMMT é esperada, pois a utilização de regressão linear para calcular o CMS esperado e, conseqüentemente, o CAR, força esta variável a ser independente de seus componentes (Koch et al., 1963; Basarab et al, 2003; Nkrumah et al, 2004; Lancaster et al., 2009; Kelly et al., 2010; Durunna et al, 2012; Fitzsimons et al., 2013). Pelo mesmo princípio, o CARfat não apresenta associação com GDM, PMMT e EGSUS. A relação entre CARpad e CMS no presente estudo ($r_p=0,90$; $P < 0,0001$) foi superior às obtidas por Basarab et al (2007) ($r_p=0,53$; $P < 0,0001$) e por Lancaster et al. (2009) ($r_p=0,70$; $P < 0,05$). Os últimos autores também observaram associação entre CMS e CAR ajustado para componentes de carcaça ($r_p=0,67$; $P < 0,05$), sendo inferior à do presente estudo ($r_p=0,86$; $P < 0,0001$). Não foi obtida associação entre CARpad e PMMT ($r_p=0$), diferentemente de Schenkel (2004); Archer et al. (2002) e de Arthur (2001b) que obtiveram relações negativas entre as variáveis -0,17; -0,17 e -0,21, respectivamente, enquanto que Herd and Bishop (2001) obtiveram relações positivas médias de 0,32 e 0,22, respectivamente.

Nkrumah et al. (2004) obtiveram altas associações entre CMS, GDM e PMMT ($r_p= 0,66$ e $r_p= 0,70$, respectivamente). Já, no presente estudo, não houve associação entre estas variáveis ($r_p=0,23$; $P=0,07$) e entre CMS e PMMT foi menor que a relatada pelos autores ($r_p=0,41$; $P=0,001$).

Associações entre CAR e composição corporal foram observadas em vários relatos, principalmente relacionadas com o grau de acabamento e modelos de deposição do tecido adiposo. Neste estudo, o coeficiente de correlação entre CAR e EGSUS foi de

0,26 ($P < 0,05$), semelhante ao obtido por Nkrumah et al. (2007) e Lancaster et al. (2009a), $r_p = 0,25$ ($P < 0,01$) e $r_p = 0,20$ ($P < 0,05$), respectivamente. Coeficientes de correlação menores foram observados: $r_p = 0,17$ por Arthur et al. (2001), $r_p = 0,19$ ($P < 0,05$), por Nkrumah et al. (2004), $r_p = 0,17$ ($P < 0,05$), Shenckel et al. (2004) e $r_p = 0,12$ ($P < 0,05$), por Lancaster et al. (2009b). O que demonstra que existe uma associação positiva, porém de baixa magnitude, mas importante entre estas características.

Diversos estudos (Arthur et al., 2001; Basarab et al., 2003; Schenkel et al., 2004; Nkrumah et al., 2007; Lancaster et al., 2009ab; Mao et al., 2013) têm apontado que as baixas associações entre CAR e EGSUS, podem vir a alterar a composição corporal dos animais a longo prazo; e sua variação é uma das principais fontes de efeitos negativos sobre a quantidade de gordura na carcaça destes e, provavelmente, sobre a precocidade reprodutiva de fêmeas de reposição.

Não foram obtidas diferenças entre as classes de CAR quanto a GDM, peso e EGPUS inicial e final, o que corrobora com o relatado por Lancaster et al. (GDM, 2009), e Mahler (GDM; 2016), Arthur et al. (GDM e EGPUS; 1999), Bingham et al. (2009) e Mota (2014) (peso e GDM) e Hafla et al. (peso, GDM e EGPUS; 2013). Em contraste, Herd et al. (2002) e Mercadante et al. (2015) observaram maiores GDM em animais de CAR baixo. Alguns estudos verificaram diferenças na EGPUS entre animais de CAR alto e baixo (Basarab et al. 2003; Nkrumah et al., 2007; Donoghue et al., 2011). Apesar de não haver diferença entre os valores de EGPUS nas classes de CAR, com base na Figura 2, é possível verificar que ao se ajustar o modelo para EGSUS, os animais ditos mais eficientes apresentam uma tendência de apresentarem maiores deposições de gordura na picanha, pois passa a existir uma relação negativa entre CAR e EGPUS. Diferente da EGSUS, que ao se ajustar o modelo a relação entre as variáveis deixa de existir (Figura 1). Isto era esperado, uma vez que, o acúmulo de depósito de gordura subcutânea na picanha é mais precoce em relação aos demais (Berg and Butterfield, 1979).

Apesar de não apresentar diferenças no GDM, ambos os modelos afetam a resposta de consumo de matéria seca entre as classes de CAR. A diferença no consumo para CARpad foi de 36,5%, sendo um valor bem mais alto do que o relatado na literatura (18%, Nkrumah et al., 2007; 22,5%, Bingham et al., 2009; 15%, Lancaster et al., 2009b; 17%, Hafla et al., 2013; Mahler, 2016). Quanto à variação para consumo de

matéria seca no modelo ajustado para EGSUS, a diferença entre novilhas eficientes e ineficientes foi de 33,8%, sendo superior ao obtido por Mahler (23%, 2016). Com base nestes resultados, é possível sugerir que ao apresentarem mesmo GDM e menor consumo, animais classificados como CAR baixo ganham mais peso corporal por kg/MS ingerida em relação aos classificados de CAR alto; ou seja, ao encontro dos resultados prévios, estes animais são mais eficientes.

Ao se comparar os modelos, com ou sem a inclusão da gordura subcutânea, podemos observar uma associação positiva e alta entre eles ($r_p=0,96$), semelhante às respostas obtidas por Shenckel et al (2004) e Mahler (2016), $r_p=0,99$ e $r_p=0,91$, respectivamente. Ao se ajustar o modelo para EGSUS, percebe-se uma melhora de 10% no R^2 , alterando de 0,18 para 0,28. Tal melhora é bem superior à apresentada na literatura. Arthur et al. (2003), Basarab et al. (2003) e Shenckel et al. (2004) reportam um aumento que varia de 2 a 4%, quando gordura corporal é inserida no modelo. Basarab et al. (2003) e Shenckel et al. (2004) trazem dados de aumento de 1,4 e 1,8%, respectivamente, quando utilizaram a EGSUS no modelo. Porém, em ambos os estudos, foram utilizados animais *B. taurus* que são de maturidade mais precoce, o que leva a um menor impacto da deposição de gordura sobre o consumo de alimento, diferentemente dos animais do presente estudo que são de raça sintética, oriundos de cruzas *Bos taurus* vs *Bos indicus*. Isto permite inferir que animais zebuínos e cruzas com *B. taurus*, com maturidade mais tardia do que as raças taurinas, possuem maior impacto da gordura sobre o consumo de alimento.

Na literatura, os coeficientes de determinação (R^2) dos modelos para o CARpad variaram de 0,53 a 0,82 (Arthur et al., 2003; Basarab et al., 2003; Schenkel et al., 2004; Baker et al., 2006; Lancaster et al, 2009b). No entanto, Ribeiro et al. (2006), utilizando animais zebuínos, obtiveram um R^2 de 0,22. Devido ao fato dos estudos com maiores coeficientes de determinação terem sido realizados em locais de clima temperado, é possível inferir que condições ambientais com elevadas temperaturas e variações da mesma, podem afetar de forma mais acentuada o consumo de alimento pelos animais. Com isso, os modelos apresentam menores R^2 . Altas temperaturas ou diferenças na saturação do ar, por exemplo, podem afetar o comportamento ingestivo do animal (Pires et al. 1998, West, 2003), bem como a composição bromatológica dos componentes de

origem vegetal que integram a dieta durante o período de avaliação (Fancelli and Dourado-Neto, 2000; Mundstock and Thomas, 2005).

Ao se realizar o ajuste do modelo padrão de CAR para a espessura de gordura subcutânea entre a 12^a e 13^a costelas ao final do teste, há um re-ranqueamento de 16,66% dos animais, em que quatro animais passaram de CAR baixo para médio, quatro passaram de CAR médio para baixo, um animal passou de CAR médio para alto e outro passou de CAR alto para médio. Este re-ranqueamento também foi observado por Mahler (2016), que obteve um valor semelhante, 15,9%. Identifica-se que ao ajustar o modelo para EGSUS, a diferença entre as classes de CAR em relação à EGSUS deixa de existir (Mahler, 2016).

Com base nestes resultados é possível verificar que a inclusão da espessura de gordura subcutânea no modelo para obtenção do CAR pode ser utilizada como uma estratégia para reduzir os possíveis impactos da seleção para esta medida de eficiência sobre a qualidade das carcaças e, provavelmente, sobre o *status* reprodutivo de fêmeas de reposição. Isto por que, sabe-se que uma carcaça de qualidade deve apresentar uma espessura de gordura subcutânea suficiente para garantir sua preservação e características desejáveis para o consumo (Sousa et al, 2015). A gordura subcutânea funciona como um isolante térmico, diminuindo a velocidade de resfriamento da carcaça, evitando a desidratação, o escurecimento e a redução da maciez da carne (Bridi & Constantino, 2009). Quanto à reprodução, o acúmulo de gordura atua no aumento das modificações no sistema neuroendócrino que possuem influência sobre a reprodução (Cardoso et al, 2018).

Resultados da análise de regressão stepwise, demonstram que no modelo ajustado, a EGSUS ($P=0,017$) é a primeira variável na ordem de inclusão, seguida do PMMT ($P=0,048$). Nas equações geradas a partir de ambos os modelos, o GDM se mostrou insignificante, resultado também obtido por Mercadante et al. ($P=0,07$; 2015). Na composição dos modelos para CAR_{pad}, o PMMT explicou 12,4% da variação no consumo; já para CAR_{fat}, a gordura foi a variável com maior explicação na variação, com um coeficiente de determinação de 8,9%.

A realização do ajuste do modelo para a espessura de gordura subcutânea revelou-se de suma importância, uma vez que o Brasil apresenta deficiência de gordura em suas carcaças, principalmente pela falta de padronização dos sistemas de criação, baixo nível

nutricional na maioria dos sistemas produtivos (Menezes, et al. 2010) e também pela genética zebuína, principal no país, a qual é mais tardia para a deposição de gordura (Menezes and Montagner, 2008), esta diferença na espessura de gordura foi observada por Yokoo et al. (2010) que, com animais zebuínos, obtiveram menores valores de médias para EGSUS quando comparados aos animais taurinos. Com base nisto, o impacto sobre a deposição de gordura decorrente da seleção de animais para CAR, sem a realização do ajuste, pode vir a agravar ainda mais esta realidade, diferentemente de países como Canadá e Estados Unidos em que os animais taurinos, em sua grande maioria, são criados em sistemas onde a deposição de gordura ocorre em excesso.

Baseando-se nos resultados encontrados neste estudo e na literatura consultada, pode-se inferir que o CARfat apresenta maior vantagem em sua utilização comparado ao CARpad, devido ao fato de reduzir o impacto da seleção para CAR sobre a gordura corporal dos animais. Com base nisto, o presente estudo realizou o cálculo do CGPR utilizando o CARfat.

Berry e Crowley (2013), criadores desta medida de eficiência, elucidam que o CGPR apresenta associação com CAR e GPR, devido ao fato destas variáveis comporem o seu cálculo. Corroborando os dados dos autores, o presente estudo, obteve coeficientes de correlação de alta e média magnitude entre CGPR com CAR de $r_p = -0,98$ e GPR de $r_p = 0,35$, respectivamente. Os autores anteriormente citados, ainda salientam que o CGPR apresenta uma associação com CMS e GDM. Neste estudo, foi observada alta correlação apenas com CMS ($r_p = -0,81$). Apesar de não haver associação do CGPR com GDM, ou diferença entre GDM nas classes desta variável, foi possível observar que animais considerados mais eficientes para esta medida apresentaram um leve aumento no GDM em comparação aos ditos ineficientes. Apesar de não apresentar diferenças do GDM, ainda assim, é possível inferir que a seleção para CGPR poderá, provavelmente, acarretar numa melhora no GDM e na redução do nível de consumo a longo prazo.

Ao comparar as classes de eficiência entre CARfat e CGPRfat se nota um re-ranqueamento de 15% dos animais, em que três (3) animais passaram de ineficientes para intermediários e seis de eficientes para intermediários. Com isso, o CGPR torna-se uma medida que possibilita a seleção de animais que tenham maiores ganhos de peso e

que ao mesmo tempo sejam economicamente mais vantajosos quanto ao consumo de alimento.

Não foram observadas diferenças nas taxas de concepção entre as classes de CAR independente do modelo, onde no padrão (CARpad), as taxas de concepção foram de 75% CAR baixo, 86,67% CAR médio e 75% CAR alto ($P=0,6188$). No modelo ajustado (CARfat), as taxas de concepção foram de 75% CAR baixo, 83,3% CAR médio e 73,3% CAR alto ($P=0,7019$). Tais resultados estão de acordo com os estudos de Basarab et al. (2007), Donoghue et al (2011) e Shaffer et al (2011), em que os autores também não obtiveram diferenças entre as taxas de concepção comparando os modelos, com ou sem a inclusão da gordura subcutânea. A taxa de concepção geral final das novilhas de reposição foi de 76,27%.

Conclusão

Os animais considerados eficientes para CAR apresentam menores consumo de matéria seca devido a sua melhor capacidade de digerir e absorver os nutrientes advindos da dieta, o que permite a seleção de animais com menores custos produtivos oriundos da alimentação.

Ao se realizar o ajuste do modelo para estimativa de CAR para espessura de gordura subcutânea é possível reduzir o impacto desta seleção sobre a deposição de gordura uma vez que diferenças entre as classes de CAR quanto a espessura de gordura entre a 12^a e 13^a costelas deixa de existir; e os animais ditos eficientes passam a apresentar uma tendência de maiores espessuras de gordura na picanha. A utilização do CAR, como forma de seleção para eficiência alimentar, mostrou-se efetiva na seleção de animais com menores consumos, o que possibilita redução nos custos de produção para o pecuarista.

O ajuste do modelo favorece a identificação de fêmeas mais precoces em terminação, sem afetar o desempenho reprodutivo. O CGPR também surge como uma medida alternativa de eficiência alimentar, pois visa selecionar animais com menores consumos e maiores ganhos de peso.

Agradecimentos

A Capes pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor e a Estação Experimental Agronômica da UFRGS, que cedeu o espaço e os animais para a realização deste estudo.

Referências

- ABIEC, Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Perfil da Pecuária do Brasil – Relatório Anual 2016**. Available at: <www.abiec.com.br> Accessed: May 25, 2017.
- Archer, J. A. et al. 2002. Genetic variation in feed intake and efficiency of mature beef cows and relationships with postweaning measurements. **Proceedings Montpellier: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production**, 311:221-224.
- Arthur, P. F. et al. 1999. Relationship between post-weaning growth, net feed intake and cow performance. In: **Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics** 484-487.
- Arthur, P. F. et al. 2001. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science** 79: 2805–2811,
- Arthur, P.F., Renand, G. and Krauss, D. 2001. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. **Livestock Production Science** 68:131-139.
- Arthur, P. F.; Herd, R. M. and Archer; J. A. 2003. Should measures of body composition be included in the model for residual feed intake in beef cattle? **Proceedings Association for the Advancement of Animal Breeding and Genetics** 15:306–309.
- Baker, S. D., et al. 2006. Residual feed intake of purebred Angus steers: Effects on meat quality and palatability. **Journal of Animal Science** 84:938–945.
- Basarab, J.A. et al. 2003. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science** 83: 189-204.
- Basarab, J. A. et al. Relationships between progeny residual feed intake and dam productivity traits. **Canadian Journal of Animal Science**. v.87, p. 489-502, 2007.
- Berry, D.P. and Crowley, J.J. 2012. Residual intake and body weight gain: a new measure of efficiency in growing cattle. **Journal of Animal Science** 90:109-115.
- BIF, Beef Improvement Federation. Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs, 9th Ed revised (2016). Available at: <<http://beefimprovement.org/library-2/bif-guidelines>>. Accessed on: May 6, 2017.

- Bingham, G. M., et al. 2009. Relationship between feeding behavior and residual feed intake in growing Brangus heifers. **Journal of Animal Science** 87:2685-2689.
- Bridi, A. M., Constantino, C. 2009. Qualidade e Avaliação de Carcaças e Carnes Bovinas. In: Congresso Paranaense dos Estudantes de Zootecnia, Anais do Congresso Paranaense dos Estudantes de Zootecnia Maringá..
- Brown, E. G. 2005. Sources of biological variation in residual feed intake in growing and finishing steers. Thesis (D.Sc.) a Texas A&M Univ., College Station.
- Davis, M. E. 2016. Life cycle efficiency of beef production: VIII. Relationship between residual feed intake of heifers and subsequent cow efficiency ratios. **Journal of Animal Science** 94:4860–4871.
- Donoghue, K. A., et al. 2011. Onset of puberty and early-life reproduction in Angus females divergently selected for post-weaning residual feed intake. **Animal Production Science** 51:183–190.
- Durunna, O. N., et al. 2012. Evidence of residual feed intake reranking in crossbred replacement heifers. **Journal of Animal Science** 90:734–741.
- Fancelli, A. L. and Dourado Neto, D. 2000. Produção de milho. Guaíba: Agropecuária, 360p.
- Hafla, A. N. et al. 2013. Relationships between postweaning residual feed intake in heifers and forage use, body composition, feeding behavior, physical activity, and heart rate of pregnant beef females. **Journal of Animal Science** 91: 5353-5365,
- Herd, R. M.; BISHOP, S. C. 2001. Genetic variation in residual feed intake and its association with other production traits in British Hereford cattle. **Livestock and Production Science** 63:111–119.
- Herd, R. M. et al. 2002. Selection for residual feed intake improves feed conversion ratio on pasture. **Animal Production Australia** 24:85-88.
- Kelly, A. K., et al. 2010. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition in growing beef heifers. **Journal of Animal Science** 88:109–123.
- Koch, R. M., et al. 1963. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science** 22:486-494.
- Lancaster, et al. 2005. Relationship between residual feed intake, ultrasound, and temperament traits in Brangus heifers **Journal of Animal Science** 83(Suppl.):325.
- Lancaster, et al. 2009a. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. **Journal of Animal Science** 87:1528-1539.
- Lancaster, P. A. et al. 2009b. Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass traits in Brangus heifers. **Journal of Animal Science** 87:3887-3896.
- Mahler, L. E. 2016. Recommended duration for evaluating feed intake and validating the residual feed intake model in Brangus heifers. Thesis (D.Sc.). Graduate Faculty of Auburn University.
- Mao, F. et al. 2013. Phenotypic and genetic relationships of feed efficiency with growth performance, ultrasound, and carcass merit traits in Angus and Charolais steers. **Journal of Animal Science** 91: 2067-2076.
- Marcadante, M. E. Z., et al. 2015. Relationship between residual feed intake and enteric methane emission in Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia** 44:255-262.

- Menezes, L. F. G. and Montagner, M. M. 2008. Cruzamento na bovinocultura de corte. In: Martin, T. M., Ziech, M. Sistemas de produção agropecuária. Dois Vizinhos - UTFPR Anais, cap. 9, p. 145-163, Dois Vizinhos.
- Menezes, L. F. G. et al. 2010. Características da carcaça e da carne de novilhos superjovens da raça Devon terminados em diferentes sistemas de alimentação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(3):667-676.
- Mundstock, C. M. and Thomas, A. L. 2005. Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos. Porto Alegre: Departamento de plantas de lavouras da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 30p.
- Nkrumah, J.D. et al. 2004. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationship with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. **Journal of Animal Science** 82:2451-2459.
- Nkrumah, J. D. et al. 2007. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science** 85:2711-2720.
- Ribeiro, F. R. B. et al. 2006. Evaluation of feed efficiency traits in growing Brahman heifers and relationship with body composition ultrasound traits and feeding behavior. **Journal of Animal Science** 84(Suppl. 1):123, (Abstr.).
- Richardson, E. C. and Herd, R. M. 2004. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture** 44:431– 440.
- Shaffer, K. S. et al. 2011. Residual feed intake, body composition, and fertility in yearling beef heifers. **Journal of Animal Science** 89:1028-1034.
- Schenkel, F. S; Miller. S. P. and Wilton J. W. 2004. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science** 84:177-185.
- Sousa, S. L. G et al. 2015. Características qualitativas da carcaça e da carne de animais Nelore e F1 Sindi-Nelore abatidos aos 36 e 48 meses de idade. *Acta Tecnológica* 10(1).
- Yokoo, M.J.I. et al. 2010. Genetic associations between carcass traits measured by real-time ultrasound and scrotal circumference and growth traits in Nelore Cattle. *Journal of Animal Science* 88:52-58.
- Wright, A. D. Evaluating Residual Feed Intake in Replacement Heifer Calves for Correlation with Breed and Sire. Tese (Doutorado) - Department Of Animal Science, of University of Arizona, Arizona, 2014.

Tabela 1: Composição da dieta

Ingrediente	Quantidade (g kg⁻¹ de dieta)
Silagem de Milho	0,859
Milho Moído	0,08
Soja Integral	0,07
Núcleo Mineral ¹	0,0028
Total	1,0118

¹Níveis de garantia do núcleo mineral: Cálcio 16 – 20%, Fósforo 8%, Sódio 9%, Magnésio 1,2%, Enxofre 1,2%, Cobre 750mg/kg, Ferro 5000mg/kg, Iodo 60mg/kg, Manganês 1400mg/kg, Selênio 25mg/kg, Cobalto 50mg/kg, Zinco 6000mg/kg, Flúor 800mg/kg.

Tabela 2: Níveis nutricionais da dieta total

Nutriente	Quantidade
NDT (g kg ⁻¹ de dieta)	740
Energia metabolizável (Mcal/kgMS)	2,69
Proteína Bruta (g kg ⁻¹ de dieta)	132

Tabela 3: Médias, desvio padrão, mínimo e máximo das variáveis dependentes¹

Variável	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
CARpad (kg MS/dia)	60	0	0,715	-1,425	1,484
CARfat (kg MS/dia)	60	0	0,684	-1,46	1,399
CGPRfat	60	0	0,721	-1,606	1,745
GPR (kg/dia)	60	0	0,147	-0,315	0,285
Consumo (kg MS/dia)	60	5,02	0,797	3,48	6,98
Ganho diário médio (kg/dia)	60	0,75	0,14	0,47	1,05
Peso metabólico	60	64,13	5,05	55,82	80,09
EGSUS (mm)	60	4,06	1,23	2,29	7,62
EGPUS inicial (mm)	60	2,69	0,83	1,27	4,83
EGPUS final (mm)	60	4,97	1,66	2,29	8,89
Ganho de EGPUS (mm/dia)	60	0,04	0,02	0	0,09
Peso inicial (kg)	60	229,34	25,68	186	316
Peso final (kg)	60	287,75	30,97	240	380

¹ CARpad- Consumo alimentar residual modelo padrão; CARfat- Consumo alimentar residual modelo ajustado; GPR- ganho de peso residual; EGSUS- espessura de gordura subcutâneas via ultrassom; EGPUS- espessura de gordura na picanha via ultrassom

Tabela 4: Características de desempenho de novilhas Brangus 13/15 meses, de alto, médio e baixo Consumo Alimentar Residual, modelo padrão¹

Característica	CAR			P-value
	Baixo (n= 24)	Médio (n= 15)	Alto (n=21)	
CAR, kg MS/dia	-0,71±0,05 C	0,00±0,07 B	0,81±0,6 A	<0,0001
GPR, kg/dia	0,011±0,03	-0,015±0,03	-0,002±0,04	0,8606
CGPR	0,73±0,07	-0,02±0,09	-0,81±0,08	<0,0001
Peso inicial, kg	228,27±5,29	234,6±6,69	226,81±5,66	0,6532
Peso final, kg	285,5±6,4	293±8,09	286,57±6,84	0,7516
Consumo, kg/dia	4,27±0,09 C	5,08±0,11 B	5,83±0,09 A	<0,0001
Ganho diário médio, kg/dia	0,75±0,03	0,73±0,04	0,76±0,03	0,8529
Peso metabólico, kg	63,74±1,04	65,23±1,032	63,79±1,11	0,6291
EGSUS final, mm	3,5±0,24	4,62±0,31	4,3±0,26	0,0121
EGPUS inicial, mm	2,47±0,16	3,05±0,21	2,63±0,18	0,0967
EGPUS Final, mm	4,72±0,36	5,22±0,43	5,07±0,38	0,6477
Ganho de EGPUS, mm/dia	0,03±0,004	0,03±0,004	0,03±0,004	0,7844
Taxa de concepção	75%	86,67%	75%	0,4845

¹ CAR- Consumo alimentar residual; GPR- ganho de peso residual; GDM- ganho diário médio; EGSUS- espessura de gordura subcutânea via ultrassom; EGPUS- espessura de gordura na picanha via ultrassom

Tabela 5: Características de desempenho de novilhas Brangus 13/15 meses de alto, médio e baixo Consumo Alimentar Residual (CARfat), com modelo ajustado para espessura de gordura¹

Característica	CARfat			P-value
	Baixo (n= 24)	Médio (n= 15)	Alto (n=21)	
CAR, kg MS/dia	-0,66±0,05 C	-0,06±0,07 B	0,8±0,06 A	<0,0001
GPR, kg/dia	0,027±0,03	-0,04±0,04	-0,004±0,03	0,4087
CGPR	0,68±0,07	0,03±0,08	-0,8±0,07	<0,0001
Peso inicial, kg	228,5±5,27	235,53±6,67	226,29±5,64	0,5508
Peso final, kg	286,79±6,41	292,07±0,11	285,76±6,85	0,8234
Consumo, kg/dia	4,35±0,10 C	4,98±0,12 B	5,82±0,10 A	<0,0001
GDM, kg/dia	0,75±0,03	0,73±0,04	0,76±0,03	0,7656
Peso metabólico, kg	63,88±1,04	65,19±1,31	63,67±1,11	0,6488
EGSUS final, mm	3,93±0,26	3,99±0,33	3,99±0,28	0,9796
EGPUS inicial, mm	2,67±0,17	2,85±0,21	2,55±0,18	0,5554
EGPUS final, mm	4,98±0,34	5,28±0,46	4,77±0,37	0,7002
Ganho de EGPUS, mm/dia	0,03±0,003	0,03±0,005	0,03±0,004	0,9822
Taxa de concepção	75%	83,3%	73,3%	0,5496

¹ CAR- Consumo alimentar residual; GPR- ganho de peso residual; GDM- ganho diário médio; EGSUS- espessura de gordura subcutânea via ultrassom; EGPUS- espessura de gordura na picanha via ultrassom

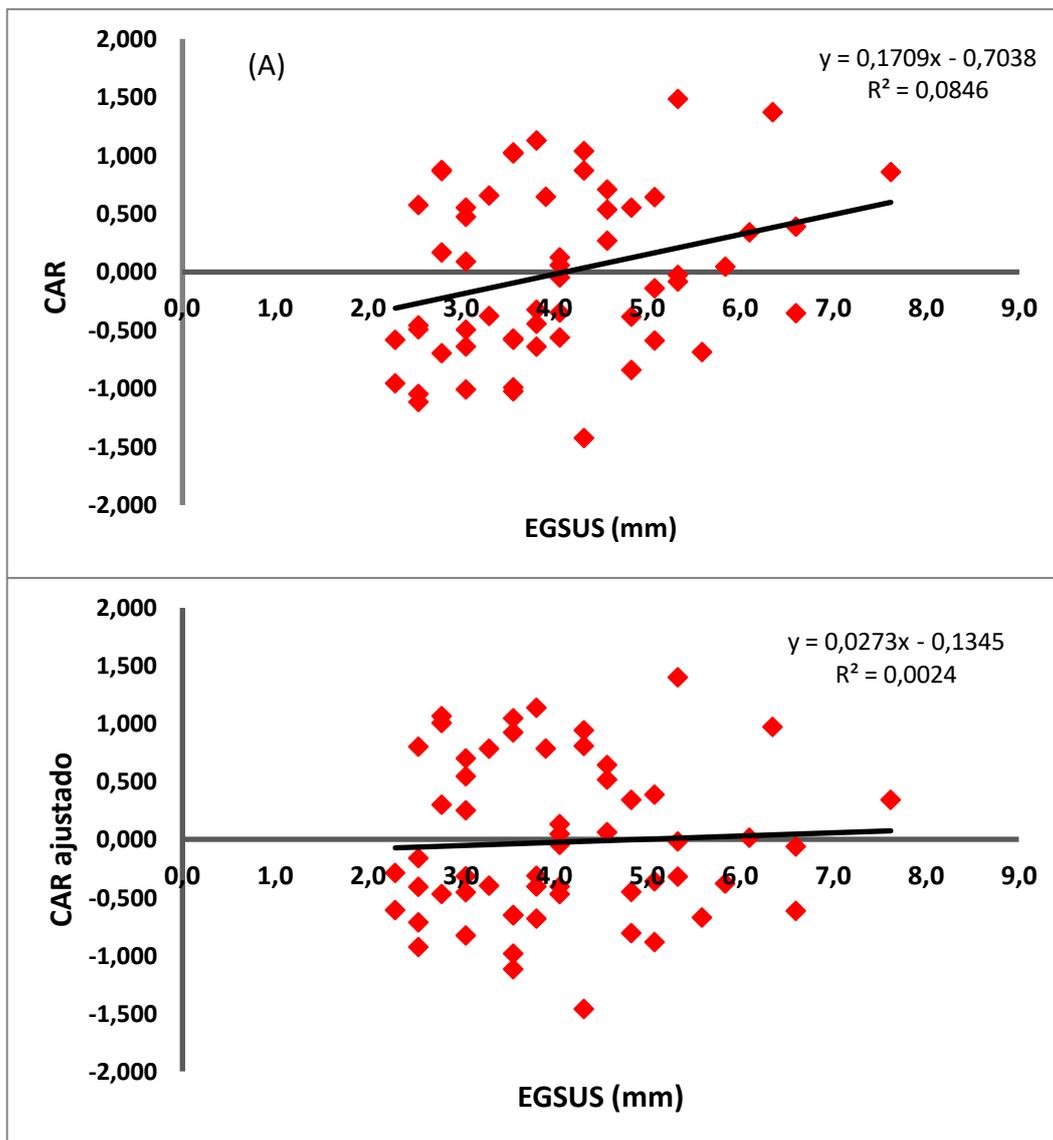


Figura 1: Relação entre consumo alimentar residual e espessura de gordura subcutânea em diferentes modelos: (A) CAR padrão e (B) CAR ajustado para gordura.

Tabela 6: Correlação de Consumo alimentar residual padrão (CARpad), Consumo alimentar residual ajustado para espessura de gordura (CARfat), consumo e ganho de peso residual (CGPR), ganho de peso residual (GPR), consumo de matéria seca (CMS) e ganho médio diário (GDM), peso metabólico na metade do teste (PMMT), espessura de gordura subcutânea final (EGSUS), espessura de gordura na picanha final (EGPUS), peso vivo inicial (PV_i) e peso vivo final (PV_f) de novilhas Brangus, 13/15 meses.

Variável	CARfat	CGPR	GPR	CMS	GDM	PMMT	EGSUS	EGPUS	PV _i	PV _f
CARpad	0,96***	-0,94***	-0,16 ^{ns}	0,90***	-0,03 ^{ns}	0 ^{ns}	0,29*	0,07 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0 ^{ns}
CARfat		-0,98***	-0,15 ^{ns}	0,86***	-0,03 ^{ns}	0 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0 ^{ns}	0 ^{ns}
CGPR			0,35**	-0,81***	0,17 ^{ns}	0 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,04 ^{ns}
GPR				0 ^{ns}	0,73***	-0,02 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,2 ^{ns}	0,16 ^{ns}
CMS					0,23 ^{ns}	0,41**	0,47**	0,25*	0,37**	0,42**
GDM						0,36**	0,24 ^{ns}	0,27*	0,22 ^{ns}	0,49***
PMMT							0,47**	0,39**	0,98***	0,98***
EGSUS								0,73***	0,48**	0,47**
EGPUS									0,34**	0,41**
PV _i										0,93***

Ns: p<0,1; * p<0,05; ** p<0,01; ***p<0,0001;

Tabela 7: Características de desempenho de novilhas Brangus 13/15 meses, classificadas como baixo, médio e alto para ganho peso residual (GPR) ¹

Característica	GPR			P-value
	Baixo (n=16)	Médio (n=29)	Alto (n=15)	
Peso inicial, kg	247,56±5,8 A	219,4±4,31 B	229,13±5,99 B	0,001
Peso final, kg	295,63±7,28 A	275,9±5,41B	302,27±7,52 A	0,0113
Consumo, kg/dia	5,07±0,2	5,01±0,15	4,98±0,21	0,9569
GDM, kg/dia	0,64±0,03 C	0,74±0,02 B	0,88±0,3 A	<0,0001
Peso metabólico, kg	66,65±1,18A	62,09±0,87B	65,39±1,21A	0,0061
EGSUS Final, mm	3,85±0,32	4,26±0,24	3,87±0,32	0,4821
EGPUS Final, mm	4,71±0,43	5,11±0,32	4,99±0,43	0,7599

¹ GDM- ganho diário médio; EGPUS- espessura de gordura na picanha via ultrassom

Tabela 8: Características de desempenho de novilhas Brangus 13/15 meses, classificadas como eficientes, intermediárias e ineficientes para consumo e ganho peso residual ajustado para gordura (CGPRfat);¹

Característica	CGPRfat			<i>P-value</i>
	Eficiente (n=18)	Intermediário (n=24)	Ineficiente (n=18)	
Peso inicial, kg	227,14±6,11	232,96±5,3	226,72±6,11	0,6790
Peso final, kg	287,78±7,41	289,76±6,41	285±7,41	0,8876
Consumo, kg/dia	4,32±0,18 C	5,1±0,19 B	5,9±0,17 A	<0,0001
GDM, kg/dia	0,76±0,03	0,74±0,03	0,74±0,03	0,8505
Peso metabólico, kg	63,83±1,21	64,69±1,04	63,69±1,21	0,7877
EGSUS Final, mm	3,8±0,29	4,3±0,31	3,99±0,3	0,4132
EGPUS Final, mm	5,09±0,39	5,27±0,35	4,48±0,39	0,3078

¹ GDM- ganho diário médio; EGPUS- espessura de gordura na picanha via ultrassom

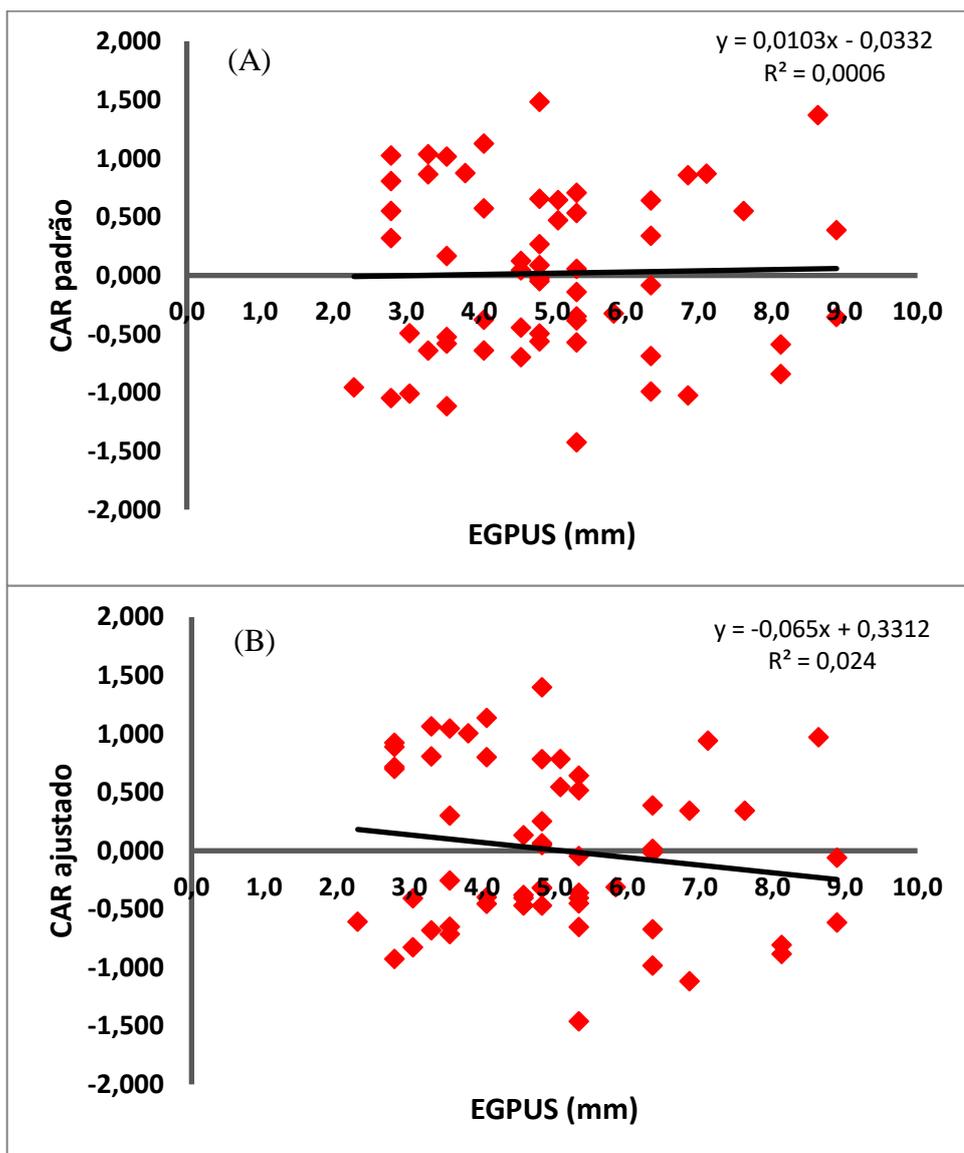


Figura 2: Relação entre consumo alimentar residual e espessura de gordura na picanha em diferentes modelos: (A) CAR padrão e (B) CAR ajustado para gordura.

CAPÍTULO III

Eficiência alimentar residual e desempenho reprodutivo de novilhas Brangus aos 13/15 meses de idade¹

¹ Elaborado conforme as normas da Revista Brasileira de Zootecnia

Eficiência alimentar residual e desempenho reprodutivo de novilhas Brangus aos 13/15 meses de idade

Carolina Silveira da Silva¹, Adriana Kroef Tarouco³, Lúcio Franciosi Carvalho¹, Harold Ospina Patino¹, Fernanda Dornelles Feijó¹, João Luiz Benavides Costa¹, Verônica Machado Rolim², Carolina Bremm³, José Fernando Piva Lobato¹, Jaime Urdapilleta Tarouco¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Departamento de Zootecnia, Porto Alegre, Brasil.

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Estação Agronômica da UFRGS, Eldorado do Sul, Brasil

³ Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária, Porto Alegre, Brasil.

*Corresponding author: carolina.silveira@hotmail.com

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi verificar as relações do Consumo Alimentar Residual (CAR) com a precocidade sexual de novilhas e seu desempenho reprodutivo em sua primeira estação de acasalamento. Foram utilizadas novilhas Brangus, pertencentes ao rebanho da Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), submetidas ao teste de consumo alimentar residual no pós-desmame, com média de idade de 311 ± 16 dias e com média de peso $229 \pm 25,68$ kg. Os valores de CAR foram calculados através de regressão linear, em que o CAR ajustado para gordura subcutânea entre a 12ª e 13ª costelas medida por ultrassom (CARfat) foi definido como o resíduo da regressão do consumo de matéria seca sobre o ganho diário médio, peso metabólico no meio do teste e espessura de gordura subcutânea final. O ranqueamento dos animais se baseou no desvio padrão (DP) sobre a média dos valores de CAR em que: CAR baixo $< -0,5$ DP, CAR médio $\pm 0,5$ DP e CAR alto $> 0,5$ DP. Também foi avaliado o escore de trato reprodutivo (ETR), com a classificação das fêmeas em impúberes, peripuberais e púberes e de condição corporal (ECC), além de: peso vivo (PV), idade, *frame*, taxa de Kleiber (TK), taxa de crescimento relativo (TCR), espessura de gordura entre a 12ª e 13ª costelas (EGSUS) e na picanha (EGPUS). Não houve diferença de taxa de concepção entre as classes de CARfat ($P=0,7019$). A taxa de concepção ao final da estação reprodutiva foi de 76,27%. Foi observado que novilhas classificadas como peripuberais, 30 dias antes da estação reprodutiva, apresentaram maior *frame*, valor de ETR e taxa de crescimento em comparação às impúberes. A seleção de fêmeas para CAR, considerando a inclusão da gordura subcutânea no modelo, não afetou o desempenho reprodutivo das mesmas. A EGPUS, entre as variáveis estudadas, foi a que mais influenciou as taxas de concepção (7 a 10%), possivelmente por atuar como um sinalizador do *status* nutricional para o eixo neuroendócrino e, com isso, impactar sobre o início da puberdade de novilhas.

Palavras-chave: desempenho reprodutivo, correlação, novilhas de reposição, taxa de crescimento.

ABSTRACT

The objective of the present study was to verify the relationships of Residual Feed Intake (RFI) with the sexual precocity of heifers and their reproductive performance in their first mating season. Brangus heifers, belonging to the herd of the Federal University of Rio Grande do Sul Agricultural Experiment Station (UFRGS), were submitted to a residual food consumption test after weaning, with a mean age of 311 ± 16 days and mean weight 229 ± 25.68 kg. The RFI values were calculated through linear regression, where the RFI adjusted for subcutaneous fat between the 12th and 13th ribs measured by ultrasound (RFIfat) was defined as the residue of the regression of the dry matter consumption on the average daily gain, metabolic weight in the middle of the test and final subcutaneous fat thickness. The ranking was based on the standard deviation (SD) over the mean RFI values where: low RFI < -0.5 SD, mean RFI ± 0.5 SD and high RFI > 0.5 SD. The reproductive tract score (RTS), with the classification of females in prepubertal, peripubertal and pubertal and body condition (BCS), as well as: body weight (BW), age, frame, Kleiber ratio (KR), relative growth rate (RGR), fat thickness between the 12th and 13th ribs (UBFT) and rump (URFT), with no difference in conception rate between RFIfat levels ($P = 0.7019$). At the end of the reproductive season, it was observed that heifers classified as peripubertal, 30 days before the breeding season, had a higher frame, RTS value and growth rate compared to the non-breeding females, considering the inclusion of subcutaneous fat in the model, did not affect their reproductive performance. Among the studied variables, URFT was the one that most influenced conception rates (7 to 10%), possible for acts as a sign of nutritional *status* to the neuroendocrine axis and, with this, impact on the onset of puberty of heifers.

Key words: reproductive performance, correlation, replacement heifers, growth rate.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a pecuária brasileira, apesar da crescente demanda de carne bovina, apresenta baixa eficiência nos sistemas de cria, com elevada idade ao primeiro ao parto, devido, em grande parte, ao baixo nível nutricional das novilhas durante a fase de recria. Além disso, a pecuária de corte apresenta baixas taxas de desmame (55%) e de concepção em vacas com cria ao pé (40%) (ABIEC, 2017). Decorrente da elevada idade ao primeiro serviço, o custo de recria deste animal aumenta e o retorno econômico é tardio e deficitário. Neste contexto, devemos buscar alternativas e estratégias para aumentar a produtividade da pecuária de corte, melhorando o nível nutricional destas fêmeas durante a fase de recria e, com isso, antecipar a idade à puberdade. A alimentação corresponde ao maior custo de input nos sistemas de produção animal, com uma representatividade de 65% (Wright, 2014). Portanto, faz-se necessário desenvolver sistemas de produção mais eficientes e capazes de reduzir os custos com a alimentação. É neste cenário que o Consumo Alimentar Residual (CAR) vem se destacando como medida de eficiência alimentar, uma vez que esta característica é independente do peso adulto e do ganho de peso. Estudos sugerem que a seleção pelo CAR repercute no desempenho reprodutivo. Testes para CAR são conduzidos após o desmame, período em que ocorre grande variação na idade à puberdade, diferentes estágios de desenvolvimento sexual e idade fisiológica entre os animais, afetando a classificação destes no teste. O atraso da puberdade é biologicamente possível devido à partição de energia ser diferente entre fêmeas, com a demanda energética voltada para o crescimento em detrimento à função reprodutiva nas classificadas CAR baixo. No entanto, alguns estudos indicam que seleção pós-demame para CAR não tenha afetado taxas de concepção, taxa de parto e produtividade materna (Donoghe et al, 2011). O objetivo do presente estudo foi verificar as relações do CAR com a precocidade sexual de novilhas e seu desempenho reprodutivo em sua primeira estação de acasalamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado na Estação Experimental Agronômica (EEA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), localizada em Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. A altitude média local é de 46m, com coordenadas geográficas 30° 05' 27" de latitude Sul e 51° 40' 18" de longitude Oeste. O clima da região é do tipo Cfa, subtropical

úmido com verão quente. Apresenta precipitação média anual de 1440 mm. As temperaturas médias mensais variam entre 14 e 25°C.

Foi conduzido de acordo às diretrizes da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA- UFRGS), projeto nº 33643.

Animais e instalações

Foram utilizadas 59 novilhas Brangus contemporâneas, pertencentes ao rebanho de bovinos de corte da EEA.. Estas foram desmamadas, em duas datas 08/05/2017 e 05/06/2017, com média de idade de $194,5 \pm 12,4$ dias e média de peso de $174 \pm 22,9$ kg. Após o desmame, ficaram em pastagem composta por *Brachiaria* spp. por um período de dois a três meses e, posteriormente, entraram em sistema de confinamento para realização do teste de eficiência alimentar, onde permaneceram por 100 dias (08 de agosto a 16 de novembro de 2017).

O setor de bovinos de corte da EEA possui o sistema Intergado (www.intergado.com.br) (JPL Comércio e Locação Ltda- Brasil) com 12 cochos eletrônicos modelo AF 1000 MASTER GATE e três bebedouros modelo WD 1000 MASTER GATE, responsáveis pelo registro de consumo e do comportamento ingestivo de alimentos e de água pelos animais de forma individualizada. As fêmeas foram identificadas individualmente por bottons transponder de rádio frequência passiva (FDX) inseridos no pavilhão auricular esquerdo. Durante o período para teste de eficiência, as novilhas foram alojadas em três piquetes de 45/25m, totalizando 1125 metros quadrados. Foram distribuídas de forma aleatória, totalizando 20 animais por piquete, sendo disponibilizados $56,25 \text{ m}^2$ por animal e com livre acesso a quatro (4) cochos de alimentação e um bebedouro de reabastecimento automático. A densidade utilizada foi de cinco animais por cocho, para garantir de forma efetiva o consumo *ad libitum*.

A dieta durante esta fase foi composta por silagem de milho e ração concentrada a base de milho, soja e minerais, conforme fórmula na Tabela 1.

Avaliação dos animais

As fêmeas foram avaliadas quanto ao crescimento e ao desempenho através das seguintes características: ganho diário médio do nascimento ao desmame (GDMND), ganho diário médio do desmame ao acasalamento (GDMDA), ganho diário médio durante

a fase de confinamento (GDMC), ganho diário médio na estação reprodutiva (GDMM), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de Kleiber (TK), *frame*, idade na avaliação reprodutiva, idade no início e ao final da estação reprodutiva, peso ao nascer (PN), peso ao desmame (PD), peso vivo na avaliação reprodutiva (PVe), peso vivo no início e ao final da estação reprodutiva (PVi e PVf), consumo alimentar residual ajustado para espessura de gordura subcutânea (CARfat) e taxa de concepção. Para as avaliações de composição corporal foram medidas: espessura de gordura subcutânea na picanha (EGPUSe) e escore de condição corporal (ECCe), na avaliação reprodutiva; espessura de gordura subcutânea na picanha no início e ao final da estação reprodutiva (EGPUSi e EGPUSf), ambas por ultrassonografia (características de composição corporal), escore de condição corporal no início e ao final do período (ECCi e ECCf). Já para as avaliações reprodutivas: escore de trato reprodutivo (ETR) e suas classificações (Tabela 3).

O período de confinamento foi dividido em duas fases, adaptação ao sistema de cochos eletrônicos (dia 0 a dia 30) e teste de eficiência alimentar propriamente dito (dia 30 a 100).

O CAR foi calculado através do modelo de regressão, a seguir.

Modelo: CARfat, regressão múltipla corrigida para espessura de gordura subcutânea ao final do teste obtida por ultrassonografia:

$$\text{IMS predito2} = \beta_0 + \beta_1 \text{GDM} + \beta_2 \text{PVMM}^{0,75} + \beta_3 \text{EGSUS} + \varepsilon_1$$

Onde: IMS – Ingestão de matéria seca diária por animal; β_0 – intercepto da regressão; β_1 – coeficiente linear parcial de regressão para ganho diário médio (GDM); β_2 - coeficiente linear parcial de regressão para peso metabólico na metade do teste ($\text{PVMM}^{0,75}$); β_3 – coeficiente linear parcial de regressão para espessura de gordura subcutânea ao final do teste medida por ultrassom (EGSUS); ε_1 – Resíduo que expressa a medida da eficiência do CAR corrigido para EGSUS.

Durante o teste de eficiência alimentar (07/09/2017 a 15/11/2017), as novilhas foram avaliadas em três momentos (dia 30, dia 65 e dia 100), em que foram realizadas pesagens (12 horas de jejum prévio de sólidos e líquidos), medições de altura na garupa para determinação de *frame* e avaliações de espessura de gordura subcutânea. A espessura de gordura subcutânea na costela (EGSUS) e na picanha (EGPUS) foi obtida por ultrassonografia, através de imagens geradas pelo equipamento de ultrassom Aloka SSD 500 V, transdutor linear UST 5049 com 3,5 MHz de frequência. As imagens foram tomadas a $\frac{3}{4}$ da linha média do músculo *longíssimus*, para a EGSUS, e no sítio anatômico paralelamente aos ossos ílio e ísquio, no ponto de intersecção entre os músculos *gluteus*

medius e *biceps femoris*, para a EGPUS. sendo armazenadas e analisadas com auxílio de software UICS (CUP Lab[®], LLC-USA) certificado e por profissional habilitado pelo Ultrasound Guidelines Council (UGC).

Para o mesmo período, foram calculadas duas medidas de taxa de crescimento, a taxa de crescimento relativo (TCR) e a taxa Kleiber (TK). A primeira representa o potencial de crescimento relativo à maturidade, onde valores maiores são favoráveis. É obtida através da equação $TCR = 100 [(\log PV_f - \log PV_i) / (\text{Duração do teste})]$, onde PV_i = peso vivo no início do teste e PV_f = peso vivo ao final do teste. A segunda, expressa o ganho de peso proporcional para cada kg de peso metabólico, em que maiores valores são favoráveis. É obtida através da equação $TK = GDM / PV^{0,75}$, em que GDM é o ganho de peso diário do período e $PV^{0,75}$ é o peso vivo elevado na 0,75, o que origina o peso metabólico do animal.

O *frame* foi obtido através de uma fórmula que leva em consideração a altura de garupa em polegadas e a idade em dias (BIF, 2017), a saber: $\text{Frame size} = -11.7086 + (0.4723 \times \text{Altura de garupa}) - (0.0239 \times \text{Idade}) + (0.0000146 \times \text{Idade}^2) + (0.0000759 \times \text{Altura de garupa} \times \text{Idade})$.

O escore de condição corporal (ECC) foi avaliado de forma subjetiva, durante a avaliação do desenvolvimento do trato reprodutivo, no início e ao final da estação reprodutiva, utilizando-se uma escala de 1 a 5, sendo 1-emaciado e 5-obeso (Lowman et al, 1976).

O exame ginecológico para determinação do escore de trato reprodutivo (ETR) foi realizado quando as novilhas atingiram um peso médio de 270 kg, 30 dias antes da estação reprodutiva (novembro de 2017). O ETR foi determinado através de uma escala de um (1) a cinco (5) (Tabela 3), levando em consideração o desenvolvimento do trato reprodutivo: diâmetro do corno uterino, atividade folicular (diâmetro do maior folículo presente no ovário) e luteal (presença de corpo lúteo em um dos ovários), realizado por exame ultrassonográfico (Aloka Prosound 2, transdutor transretal linear de seis (6) Mhz de frequência) efetuado por técnico experiente.

Visando avaliar o comportamento do ganho de peso entre os animais, as taxas de ganho foram fracionadas em sete (7) períodos, a saber: do nascimento ao desmame, do desmame ao início do confinamento, durante a fase de teste par CAR (dia 0 a 28, dia 28 a 65 e dia 65 a 101) e durante a estação reprodutiva (dia 101 a 157 e dia 157 a 190).

As variáveis consideradas para avaliação do desempenho reprodutivo foram: *status* puberal e taxa de concepção (TC%).

Status puberal: foi determinado com base no ETR, em que as novilhas foram classificadas como: impúberes (ETR 1 e 2), peripuberais (ETR 3 e 4) ou púberes (ETR 5).

Taxa de concepção (TC%): foi obtida através da relação entre número de gestantes e número de novilhas colocadas em reprodução.

A estação de monta foi estabelecida como um período de 90 dias (20/11/2017 a 1/02/2018), por monta natural, onde as fêmeas foram mantidas no mesmo grupo de manejo e ficaram com reprodutores na relação de um touro para 30 fêmeas, avaliados como aptos por exame andrológico. O diagnóstico de gestação foi realizado a cada 30 dias após o início da estação reprodutiva, sendo o final realizado 40 dias após a retirada dos reprodutores.

Análise Estatística

Os coeficientes de correlação fenotípica entre características de desempenho, reprodutivas e de composição corporal foram gerados pelo procedimento PROC CORR (SAS Inst Inc. 2014, versão 9.4). A correlação de Pearson (Lira, 2004) foi utilizada para medidas de caráter contínuo e a correlação de Spearman (Lira, 2004) para medidas não contínuas (ordinais).

Para posterior caracterização do CAR, as novilhas foram classificadas como CAR baixo, médio e alto, utilizando-se um desvio padrão de $<0,05$, $\pm 0,05$ e $>0,05$, respectivamente, baseando-se na média dos valores individuais de CAR (= 0,00). Para posterior avaliação do ETR, foram atribuídos escores de 1 a 5, de acordo com a Tabela 3 e, posteriormente, caracterizadas com Impúberes (ETR 1 e 2), Peripuberais (ETR 3 e 4) e Púberes (ETR 5).

As variáveis foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e comparadas entre as classes das medidas de eficiência alimentar, status reprodutivo e concepção pelo teste Tukey-kramer, a 5% de probabilidade. As análises dos dados coletados foram realizadas pelo procedimento MIXED do SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, 2014, versão 9.4). Para verificar quais variáveis tiveram real influência sobre a taxa de concepção, foi realizado o procedimento STEPWISE pelo software JMP (SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2019, versão 14.1), adotando como critério de inclusão no modelo a significância de 5%. Utilizando-se o mesmo software, foi realizado o procedimento Predictive Modeling função Partition para verificar as probabilidades de predição das variáveis sobre a concepção das novilhas.

Para avaliação das taxas de concepção entre as classes de CAR, bem como entre *status* puberal foi utilizado o procedimento GENMOD do SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC, versão 9.4, 2014), assumindo uma distribuição binomial dos dados com uma função probit link para uma distribuição adjacente normal. A probabilidade de Prenha=1 é dada por Φ^{-1} , onde Φ^{-1} é uma função de distribuição normal cumulativa.

Resultados

A equação de regressão CAR ajustado para EGSUS final observada neste estudo foi: CMS predito= $1,5021+0,4166*\text{GDM}+0,0378*\text{PMMT}+0,1973*\text{EGSUS}$, $R^2=0,25$;

Os resultados das análises estatísticas descritivas constam na Tabela 4.

As correlações referentes à fase do nascimento ao acasalamento constam nas Tabelas 11 e 12 e, da estação reprodutiva, nas Tabelas 13 e 14. O CARfat não apresentou associação com nenhuma das variáveis avaliadas, independentemente do período analisado (Tabelas 5 e 6).

Seguindo o mesmo comportamento que as suas associações, o CARfat não apresentou diferença em nenhuma das variáveis avaliadas entre suas classes (Tabelas 5 e 6). Na avaliação e classificação das novilhas quanto o *status* puberal, 30 dias antes da estação reprodutiva, 39% (23/59) se encontravam impúberes, 61% (36/59) peripuberais e nenhuma classificada como púbere. As fêmeas classificadas como peripuberais apresentaram maiores valores para: GDMDA, medidas de crescimento (TCR e TK), ETR, FRAME, EGPUS ao final da estação reprodutiva, além de apresentarem uma tendência de maior EGPUS no início do acasalamento ($P=0,0776$) (Tabela 7). No que se refere às taxas de crescimento, as novilhas classificadas como peripuberais apresentaram maiores ganhos de peso (Tabela 8), em que tal comportamento é observado na Figura 1. Quanto à redução considerável do ganho de peso, no período entre o dia 65 a 101 para o dia 101 a 157, é possível inferir que seja resultado da saída das novilhas do sistema de confinamento, em que estavam sob dieta que proporcionava alta potencial de ganho de peso, para o sistema de pastejo em *Brachiaria* sp., com menor potencial de ganho. Neste mesmo sentido, a elevação do ganho durante o período Dia 157 a 190, coincidiu com a transferência da pastagem de *Brachiaria* sp. para uma pastagem de milheto (*Pennisetum glaucum*), que proporciona maior potencial de ganho de peso. É possível observar na Figura 2, que as

novilhas peripuberais, além de apresentarem maiores ganhos de peso na maioria dos períodos avaliados, sempre tiveram maiores EGPUS.

A proporção do peso adulto no início da estação reprodutiva variou entre peripuberais e impúberes, 58,5% e 55,9%, respectivamente. Não foi obtida diferença na taxa de concepção entre as fêmeas impúberes e peripúberes. Em comparação entre fêmeas gestantes e não gestantes, o percentual de peso adulto foi de 57,77% vs 56,5%, no início, e 64,95% vs 66% ao final da estação reprodutiva, respectivamente.

As novilhas que foram diagnosticadas como gestantes ao final da estação reprodutiva, sempre apresentaram maiores espessuras de gordura subcutânea na picanha, (Figura 3). Porém, não foram observadas diferenças entre gestantes ou não, no tocante as outras medidas avaliadas, independentemente do período considerado (Tabela 9 e 10). A taxa de concepção ao final da estação reprodutiva foi de 76,27%

Não houve associações de peso vivo entre novilhas gestantes e não gestante, bem como, não foi encontrada diferença entre ECC e *status* puberal e ECC e concepção.

Discussão

A seleção de fêmeas de reposição visando uma maior eficiência alimentar impacta positivamente no custo de produção, no entanto, os seus efeitos sobre o desempenho reprodutivo, em longo prazo, devem ser analisados.

Uma das principais características indicadoras de precocidade sexual é a idade à puberdade, que juntamente com a idade à primeira concepção possui grande impacto na eficiência reprodutiva e econômica de fêmeas bovinas (Endecott et al, 2013). A puberdade nos bovinos pode ser definida como aquisição da capacidade em se reproduzir, sendo o resultado de inúmeras alterações fisiológicas e morfológicas que culminam com o primeiro estro e ovulação (Sá Filho et al., 2008), e é influenciada por diversos fatores como idade, peso, medidas de crescimento (Rocha and Lobato, 2002; Rodrigues et al., 2002; Endecott et al, 2013; Gasser, 2013) e composição corporal (Barcelos et al., 2001).

No presente estudo, não foi observada associação entre taxa de concepção e a idade das novilhas ($P=0,46$), corroborando os dados de Pence et al. (2007) ($P=0,139$) e Holm et al (2009) ($P=0,76$) que também não obtiveram associação entre as variáveis. A idade apenas apresentou correlação com PV ($r_p=0,4$), valor semelhante ao observado por Holm et al. (2014). Os mesmos autores verificaram correlações entre idade e ETR e idade e ECC (0,29 e 0,21, respectivamente), as quais não foram observadas no presente estudo. O fato

de estas fêmeas participarem do teste para CAR, sendo submetidas a um protocolo de condução para possíveis comparações entre os animais, possivelmente neutralizaram estes efeitos.

Ao buscar-se a redução da idade ao primeiro serviço, é necessário garantir pesos-alvo ao início da estação de acasalamento que não impacte de forma negativa a função reprodutiva e o desempenho da fêmea, além de garantir índices satisfatórios de concepção (Barcellos et al, 2002; Silva et al, 2005).

No estudo de Basarab et al (2011) não foi observada diferença entre peso ao nascer, peso ao desmame, EGPUSi do teste de eficiência, EGPUSf do teste de eficiência, GDM, PVi do teste de eficiência, PVf do teste de eficiência ($P=0,936$), PVi da estação reprodutiva PVf da estação reprodutiva, taxa de concepção, entre as classes de CARfat; corroborando com os resultados obtidos neste estudo.

Alves (2014) obteve resposta em novilhas com $ETR > 3$ que apresentaram em média a proporção de 58,8% do PV adulto, enquanto $ETR < 3$, a proporção foi de 49,6% no início da estação reprodutiva, similar ao observado neste estudo, em que novilhas com $ETR > 3$ apresentaram 58,5% PV adulto, diferindo apenas para $ETR < 3$, as quais apresentaram 55,9%. Esta pequena diferença nos percentuais de peso vivo adulto entre as classes de ETR pode ser explicado pelo fato de que as novilhas foram recriadas em sistema confinado, com dieta que proporcionou altos ganhos, não desafiando as mesmas quanto à precocidade sexual. Da mesma forma que não houve diferença na proporção do peso adulto no início da estação reprodutiva, não foi observada diferença na taxa de concepção entre as duas classes, semelhante ao obtido por Moriel et al (2017).

Ao se abordarem o desempenho reprodutivo das novilhas de uma forma geral (gestantes e não gestantes), estas iniciaram a estação de monta com uma proporção de 57% do PV adulto, menor do que o recomendado pelo NRC (1996) de 60 a 65% do PV adulto, porém sem impactar no desempenho das mesmas, corroborando os resultados de vários estudos que demonstraram ser possível acasalar as novilhas com pesos menores (50 a 57% do PV adulto) sem comprometer o resultado produtivo (Fuston and Deutscher, 2004; Martin et al, 2008; Roberts et al., 2009; Freetly et al., 2011; Fuston and Larson, 2011; Larson et al., 2011; Mullniks et al., 2013).

Estudos demonstram que o aumento dos ganhos de peso durante o pós-desmame permite alcançar a maturidade sexual mais cedo (Ferrell, 1982; Gasser, et al, 2006a; Alves et al., 2015; Cardoso et al, 2015). A taxa de crescimento na fase de recria apresenta impacto sobre a composição corporal de novilhas de reposição, uma vez que a promoção

de um crescimento acelerado permite uma deposição maior de gordura subcutânea (Wilkins et al., 2009).

Fica evidente que regimes alimentares, com ganho de peso adequado, após desmama, apresentam associação positiva com o estado metabólico, estimulando o crescimento ósseo, muscular e a taxa de deposição de gordura (Hopper et al., 1993; Hall et al., 1995).

Novilhas com maior ETR apresentaram maiores ganhos de peso (Figura 2), exceto durante o período de adaptação ao sistema de confinamento (Dia 0 a 28). As classificadas como peripuberais sempre apresentaram maiores taxas de crescimento durante a recria, vide diferença nas variáveis de crescimento (TCR e TK) entre estas e as impúberes, assim como pela associação observada entre ETR e TK ($R=0,32$), o que contrasta com o exposto por Holm et al (2014), que não verificaram associação entre estas variáveis. Maiores taxas de crescimento representaram maiores pesos, maior % PV adulto no início da estação reprodutiva, o que confirma o observado neste estudo, corroborando as observações Moriel et al. (2017). Roberts et al (2017), no entanto, obtiveram maiores taxas de ganho em novilhas classificadas como impúberes durante o período reprodutivo. Não foram obtidas diferenças nos pesos corporais entre peribuberais e impúberes, entretanto Roberts et al (2017) observaram que as novilhas mais pesadas durante a estação reprodutiva e, com maiores pesos ao desmame, foram as mais precoces sexualmente.

A ocorrência de eventos fisiológicos que suportam os mecanismos endócrinos, que levam a maturidade sexual, são resultados de um adequado desenvolvimento destas fêmeas, pois a maturação do eixo reprodutivo ocorre de uma maneira gradual e está associada com as mudanças na composição corporal e no eixo somatotrópico que regula o *status* metabólico do animal (Day and Maquivar, 2014).

Segundo Cardoso et al (2018), o aumento das modificações no sistema neuroendócrino que possuem influência sobre a reprodução, ocorrem devido a um *status* nutricional positivo oriundo do ganho de peso dos animais e acúmulo de gordura, resultando num aumento da liberação pulsátil de GnRH/LH que culmina com a ovulação.

Entre as formas de avaliar o *status* nutricional (balanço energético positivo) de fêmeas estão: escore de condição corporal (ECC), como medida subjetiva, e espessura de gordura subcutânea na picanha (EGPUS), obtida por ultrassom, como medida objetiva. Correlações entre ECC e EGPUS, variando de 0,31 a 0,47 foram obtidas neste estudo, sendo um valor muito similar ao relatado por Maciel et al (2009) em animais Nelore (0,49), porém inferior ao obtido em outros estudos, que variaram de 0,83 a 0,95 (Schroder

and Staufenbiel, 2006; Ayres et al, 2009). Novilhas com maior EGPUS tendem a apresentar trato reprodutivo mais desenvolvido (Leaflet, 2001; Montanholi et al., 2008).

Não houve associação entre ETR e ECC ou ETR e PV. Em contraste, Soares et al (2015) obtiveram altas correlações entre as variáveis ($r_p=0,74$ e $r_p=0,78$, respectivamente). Embora associações entre ETR, ECC e PV não foram obtidas neste estudo, correlação positiva entre ETR e GDMM foi de 0,33, semelhante ao relatado pelos autores (0,48). Patterson et al (1992), no entanto, também observaram associação entre ETR e peso vivo. Estes resultados levam a inferir que a ausência de associação entre as variáveis pode ter sido influenciada pela pouca variabilidade das fêmeas nestas características, em função da padronização do lote avaliado, seguindo ao protocolo do teste de eficiência alimentar (BIF, 2017).

Não foram estabelecidas diferenças de ECC entre as classes de CAR, corroborando com Basarab et al (2007) e Hafla et al (2013).

Da mesma forma que o observado por Donoghue et al (2011) e Roberts et al (2017), as novilhas mais precoces sexualmente apresentaram maior deposição de tecido adiposo subcutâneo. Maiores espessuras de gordura subcutânea também foram observadas quando comparamos gestantes e não gestante, como é possível observar na Figura 1, também observado por Silva et al (2018).

Pereira et al (2017) verificaram que a cada unidade de aumento da espessura de gordura de cobertura, a idade à puberdade foi reduzida em média 9,9 dias. Este fato pode ser explicado, pois animais com maior espessura de gordura subcutânea tendem a apresentar maiores níveis de leptina circulante. Cardoso et al (2018) afirmam que a leptina, produzida pelos adipócitos assume um papel importante, ao atuar como um sinalizador do *status* nutricional para o eixo neuroendócrino, impactando sobre o início da puberdade em novilhas. Fêmeas que atingem a puberdade antes ou no início da estação reprodutiva possuem maiores chances de conceberem.

Um alto grau de interdependência entre puberdade e características de crescimento, demonstra que a altura é uma importante fonte de variação na idade e no peso à puberdade. Visto que a mesma é menos propensa a variação ambiental do que o peso, podendo ser alcançada antes do peso maduro (Baker et al. 1988).

Novilhas consideradas peripuberais antes da estação reprodutiva apresentaram maior *frame* em relação às impúberes ($P=0,0153$), sendo umas das possíveis causas para este achado, o fato destas não apresentarem a desaceleração da taxa de crescimento (esperada conforme a maturidade se aproxima), possuindo assim curvas de crescimento maiores,

esperadas em animais de maior *frame*, por serem de biótipo mais tardio (Brown et al, 1972).

Entretanto, as novilhas que apresentaram maior ETR e maior *frame*, não necessariamente são mais precoces sexualmente, devido ao fato de animais de maior estrutura, normalmente apresentarem um prolongamento na inflexão da curva de crescimento, retardando a maturidade e o início de acúmulo de gordura corporal (De Nise and Brinks, 1985; Hall, 2005; Perry e Cushman, 2013). Neste estudo, o *frame* não influenciou o desempenho reprodutivo visto que todas as fêmeas possuíram altos ganhos de peso, o que permitiu que estas atingissem deposições de gordura suficientes para a promoção da puberdade.

As classes do CAR não afetaram as características reprodutivas. Evidenciou-se que a seleção CAR ajustado para a espessura de gordura subcutânea mensurada ao final do teste de eficiência, além de amenizar possíveis efeitos negativos sobre a sua deposição, também não apresenta efeitos negativos quanto ao desempenho reprodutivo de novilhas de reposição. Tais resultados são validados pelos estudos de Basarab et al. (2007), Donoghue et al (2011), Basarab et al (2011) e Shaffer et al (2011), os quais os autores também não obtiveram diferenças entre as taxas de concepção.

O período em que a avaliação do ETR foi realizada, 30 dias antes da estação reprodutiva, somando-se aos 90 dias de acasalamento, foi suficiente para que algumas novilhas consideradas impúberes atingissem a maturidade sexual e, conseqüentemente, obtivessem sucesso reprodutivo. Embora em termos absolutos não houvesse diferença na taxa de concepção entre o *status* reprodutivo pré-estação de monta, novilhas classificadas como impúberes apresentaram maiores percentuais de falha reprodutiva ao final do acasalamento (30,4%), semelhante ao observado por Gutierrez (2014) e Holm et al (2014) (20,3% e 39%, respectivamente).

Para verificar quais variáveis tiveram maior impacto sobre a taxa de concepção, realizou-se o procedimento Stepwise. Entre as variáveis consideradas, ETR, PV e GDM não influenciaram a taxa. O ETR, neste grupo de animais, não foi um bom preditor da concepção, similar ao observado por Holm et al. (2014). O maior preditor do sucesso reprodutivo foi a espessura de gordura subcutânea na picanha (EGPUS), a qual explicou de 7 a 10% da taxa de concepção, o que condiz com o exposto por Gottschall et al. (2004), em que os autores explanam a influência da deposição de gordura sobre o desempenho reprodutiva de novilhas aos 13/15 meses de idade.

Ao se realizar o procedimento Predictive Modeling função Partition do software JMP, incluindo todas as variáveis estudadas, verificou-se que os valores maiores de probabilidades de concepção se relacionaram com três variáveis principais, em que: novilhas que nasceram com mais de 33 kg, apresentaram um valor de probabilidade de concepção igual a 54%; nas que apresentaram valores de $\text{frame} < 5,83$, o valor da probabilidade de conceberem foi de 48%. Além destas variáveis, foi possível observar que para obtermos valores de probabilidade de concepção maiores que 50%, as novilhas deveriam depositar mais do que três (3) mm de gordura subcutânea no sítio anatômico da picanha antes do início da estação reprodutiva. O que corresponde a ganhos de peso em torno 0,566 kg/dia (Gonzalez et al, 2018).

A taxa de concepção ao final do período reprodutivo, independentemente do *status* puberal, foi de 76,27%, valor inferior ao obtido por Basarab et al (81,58%; 2011), em condições semelhantes. Porém, valor superior ao verificado em outros estudos realizados com novilhas de mesma idade, ainda que com diferentes pesos, genética e sistemas pecuários, além de outros fatores (66,7%, Azambuja et al, 2003; 48,7%, Freitas et al, 2003; 73%, Barcellos et al., 2006; 58%, Vaz and Lobato, 2010; 55,4% Gutierrez et al. 2014; 62,9%; Landarin et al, 2016; 74,8%; Silva et al, 2018).

Conclusão

A classificação para CAR, incluindo a espessura de gordura subcutânea por ultrassom no modelo de regressão, mostrou-se ser um método que permite a identificação de animais mais eficientes no quesito alimentar e de terminação mais precoce, sem afetar o desempenho reprodutivo de novilhas de reposição.

A utilização de medidas objetivas como espessura de gordura subcutânea por ultrassom na avaliação pré-estação de acasalamento, revelou-se um meio simples e vantajoso de selecionar fêmeas com maior potencial de sucesso reprodutivo.

Agradecimentos

A Capes pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor e a Estação Experimental Agronômica da UFRGS, que cedeu o espaço e os animais para a realização deste estudo.

Referências

- ABIEC, Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Perfil da Pecuária do Brasil – Relatório Anual 2018. Disponível em: www.abiec.com.br
- Alves, M. B. 2014. Desempenho de novilhas de corte para acasalamento aos 14 meses de idade. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- Alves, B. R. C. et al. 2015. Elevated body weight gain during the juvenile period alters neuropeptide Y-gonadotropin-releasing hormone circuitry in prepubertal heifers. *Biology of Reproduction* 92:46
- Azambuja, P. S. 2003. Sistemas alimentares para o acasalamento de novilhas aos 14-15 meses de idade. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Ayres, H. et al. 2009. Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows. *Livestock science* 123:175-179.
- Baker, J. F., Stewart, R. S. and Long, C. R. et al. 1988. Multiple regression and principal components analysis of puberty and growth in cattle. *Journal of Animal Science* 66(11): 2147-2158.
- Barcellos, J. O. S.; Prates, E. R.; Lopes, J. 2001. Influência da estrutura corporal na idade à puberdade de novilhas Braford. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia 38: 397, Viçosa.
- Barcellos, J. O. S, Prates, E. R. and Silva, M. D. 2002. Manejo da novilha de corte e a idade a puberdade. In: II Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos-ênfase: Manejo reprodutivo e sistemas de produção de gado de corte. Anais VII Ciclo de Palestras em Produção e Manejo de Bovinos, Canoas, Editora ULBRA, p. 95-125.
- Barcellos, J. O. J. et al. 2006. Taxas de prenhez em novilhas de corte acasaladas aos 18 e 24 meses de idade. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 58:1168-1173.
- Basarab, J. A. et al. 2007. Relationships between progeny residual feed intake and dam productivity traits. *Canadian Journal of Animal Science*. 87: 489-502.
- Basarab, J. A., Colazo, M. G., Ambrose, D. J., Novak, S., McCartney, D., and Baron, V. S. 2011. Residual feed intake adjusted for backfat thickness and feeding frequency is independent of fertility in beef heifers. *Canadian Journal of Animal Science* 91: 573-584.
- BIF, Beef Improvement Federation. Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs, 9th ed revised (2016). Disponível em: <<http://beefimprovement.org/library-2/bif-guidelines>>. Acesso: 6 de maio de 2017.

- Brown, J. E., C. J. Brown, and W. T. Butts. 1972. Relationships among weights, gains and earliness of maturing in Hereford and Angus Females. *Journal of Animal Science* 35(3):507–517.
- Cardoso, R. C. et al. 2015. Nutritional programming of accelerated puberty in heifers: Involvement of POMC neurons in the arcuate nucleus. *Journal of Neuroendocrinology* 27:647–657.
- Cardoso, R. C; Alves, B. R. C. and Williams, G. L. 2018. Neuroendocrine signaling pathways and the nutritional control of puberty in heifers. *Proceedings of the 10th International Ruminant Reproduction Symposium (IRRS 2018)*; Foz do Iguaçu, Paraná, Brazil.
- Day, M. L. and Maquivar, M. 2014. Puberty in heifers: nutrition and endocrinology. In: *AETA Joint Annual Convention, Middleton, Wisconsin*.
- De Nise, R. S. K. and Brinks, J. S. 1989. Genetics and environment aspects of growth curve parameters in beef cows. *Journal of Animal Science* v. 67(5): 1128-1137.
- Donoghue, K. A., et al. 2011. Onset of puberty and early-life reproduction in Angus females divergently selected for post-weaning residual feed intake. *Animal Production Science* 51:183–190.
- Endecott, R. L. et al. 2013. Implications of beef heifer development systems and lifetime productivity. *Journal of Animal Science* 91(3):1329-1335.
- Ferrell, C. L. 1982. Effects of postweaning rate of gain on onset of puberty and productive performance of heifers of different breeds. *Journal of Animal Science* 55(6):1272–1283.
- Freetly, H. C., Kuehn, L. A. and Cundiff, L. V. 2011. Growth curves of crossbreeding cows sired by Hereford, Angus, Belgian Blue, Brahman, Boran and Tulli bulls, and the fraction of mature body weight and height at puberty. *Journal of Animal Science* 89:2373-2379.
- Freitas, S. G. et al. 2003. Desempenho reprodutivo e produtivo de novilhas de corte aos dois anos submetidas a diferentes alternativas de alimentação. *Proceedings Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Santa Maria*.
- Fuston, R. N.; and Deutscher, G. H. 2004. Comparison of target breeding weight and breeding date for replacement beef heifers and effects on subsequent reproduction and calf performance. *Journal of Animal Science* 82:3094-3099.
- Funston, R. N; and Larson, D. M. 2011. Heifer development systems: Dry-lot feeding compared with grazing dormant winter forage. *Journal of Animal Science* 89:1595-1602.
- Gasser, C. L. et al. 2006. Effect of timing of feeding a high-concentrate diet on growth and attainment of puberty in early-weaned heifers. *Journal of Animal Science* 84:3118–3122.

- Gasser, C. L. 2013. Considerations on puberty in replacement beef heifers. *Journal of Animal Science* 91(3): 1336–40.
- Gonzalez, F. A. L. et al. 2018. Average daily gain rates determine eye muscle area and rump fat depth of beef heifers. *Italian Journal of Animal Science* 1: 1-7.
- Gottschall, C. S., et al. 2004. Variações de peso idade sobre o desempenho reprodutivo de novilhas de corte acasaladas aos 14-17 meses. *Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais* 2:69-74.
- Gutierrez, K. et al. 2014. Effect of reproductive tract scoring on reproductive efficiency in beef heifers bred by timed insemination and natural service versus only natural service. *Theriogenology* 81:918:924.
- Hafla, A. N. et al. 2013. Relationships between postweaning residual feed intake in heifers and forage use, body composition, feeding behavior, physical activity, and heart rate of pregnant beef females. *Journal of Animal Science* 91:5353-5365.
- Hall, J. B. et al. 1995. Body composition and metabolic profiles associated with puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science* 73(11):3409-3420.
- Hall, J. B. 2005. Reproductive evaluation of heifers. *Proceedings, Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle*, Lexington, Kentucky.
- Holm, D. E et al. 2009. The value of reproductive tract scoring as a predictor of fertility and production outcomes in beef heifers. *Journal of Animal Science* 87:1934-1940.
- Holm, D. E et al. 2014. Evaluation of pre-breeding reproductive tract scoring as a predictor of long term reproductive performance in beef heifers. *Preventive Veterinary Medicine* 118:56-63.
- Hopper, H. W. et al. 1993. Effect of prepubertal body weight gain and breed on carcass composition at puberty in beef heifers. *Journal of Animal Science* 71(5): 1104-1111.
- Landarin, C. M, et al. 2016. Growth and reproductive performance of 14- to 15-month-old Hereford heifers. *Revista Brasileira de Zootecnia* 45(11): 667-676.
- Larson, D. M.; Cupp, A. S.; and Fuston, R. N. 2011. Heifer development systems: A comparison of grazing winter range or corn residue. *Journal of Animal Science* 89:2365-2372.
- Leaflet, A. S. 2001. Relationship between body composition and reproduction in heifers. Ames Iowa State University, p. 145-148.
- Lira, S.A. Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações. *Dissertação (Mestrado)*. Curso de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia dos Setores de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

- Lowman, B. G.; Scott, N. and Somerville, S. 1976. Condition scoring beef cattle. Bulletin, 6. East of Scotland College of Agriculture, Edinburgh.
- Maciel, A. B. B. Proposta de avaliação da condição corporal em vacas Holandesas e Nelores. 2006. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia - Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- Martin, J. L. et al. 2008. Effect of pre-breeding body weight or progestin exposure before breeding on beef heifer performance through the second breeding season. *Journal of Animal Science* 86:451: 459.
- Montanholi, Y. R. et al. 2008. Variação nas medidas corporais e desenvolvimento do trato reprodutivo de novilhas de corte recriadas para acasalamento aos 18 meses de idade. *Ciência Rural* 38:185-190.
- Moriel, P. et al. 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, 2017.
- Mulliniks, J. T. et al. 2013. Metabolizable protein supply while grazing dormant winter forage during heifer development alters pregnancy and subsequent inter-herd retention rate. *Journal of Animal Science* 91:1409-1416.
- NRC, National Research Council. 1996. Nutrient requirements of beef cattle. Minerals, 7. ed. rev. Washington: National Academic Press, 232 p.
- Rocha, M. G. and Lobato, J. F. P. 2002. Avaliação do desempenho reprodutivo de novilhas de corte primíparas aos dois anos de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia* 31(3): 1388-1395.
- Rodrigues, H. D.; Kinder, J. E. and Fitzpatrick, L. A. 2002. Estradiol regulation of luteinizing hormone secretion in heifers of two breed types that reach puberty at differing ages. *Biology of Reproduction* 66:603-609.
- Roso, C.; Restle, J.; Soares, A. B. 1999. Produção e qualidade de forragem da mistura de gramíneas anuais de estação fria sob pastejo contínuo. *Revista Brasileira Zootecnia*, Viçosa-MG, v.28, n.3.
- Sá Filho, M. F. et al. 2008. Biotecnologia da reprodução em bovinos. In: *Simpósio Internacional De Reprodução Animal Aplicada*, Londrina, p. 54-67.
- Shaffer, K. S. et al. 2011. Residual feed intake, body composition, and fertility in yearling beef heifers. *Journal of Animal Science* 89: 1028-1034.
- Silva, M. D., Barcellos, J. O. J. and Prates, E. R. 2005. Desempenho reprodutivo de novilhas de corte acasaladas aos 18 ou aos 24 meses de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34(6): 2057-2063.

- Patterson, D. J; Perry, R. C.; Kiracofe, G. H.; Bellows, R. A.; Staigmiller, R. B. and Corah, L. R. 1992. Management considerations in heifer development and puberty. *Journal of Animal Science* 70:4018-4035
- Pence, M. et al. 2007. Improving reproductive efficiency through the use of reproductive tract scoring in a group of beef replacement heifers. *Bovine Practice* 41:35-40.
- Pereira, G. R., et al. 2017. Relationship of post-weaning growth and age at puberty in crossbred beef heifers. *Revista Brasileira de Zootecnia* 45(5): 413-420.
- Perry, G. A. and Cushman, R. 2013. Effect of age at puberty/conception date on cow longevity. *The Veterinary clinics of North America: Food Animal Practice* 29:579-590.
- Roberts, A. J. et al. 2009. Reproductive performance of heifers offered ad libitum or restricted access to feed for a 140-d period after weaning. *Journal of Animal Science* 87:3043–305,
- Roberts, A. J. et al. 2017. Developmental and reproductive characteristics of beef heifers classified by puberal *status* at time of first breeding. *Journal of Animal Science* 95:5629:5636.
- Schroder, U. J. and Staufenbiel, R., 2006. Methods to determine body fat reserves in the dairy cow with special regard to ultrasonographic measurement of backfat thickness. *Journal of Dairy Science* 89: 1–14.
- Silva, M. D. et al. 2018. Development and reproductive performance of Hereford heifers of different frame sizes up to mating at 14-15 months of age. *Revista Brasileira de Zootecnia* 47: e20170031.
- Soares, E. M. et al. 2015. Desempenho de novilhas de corte em pastagem natural sob pastoreio contínuo e rotativo no outono-inverno. *Ciência Rural* [online] 45:1859-1864.
- Vaz, R. Z.; Lobato, J. F. P. and Restle, J. 2010. Influence of weaning age on the reproductive efficiency of primiparous cows. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39:299-307.
- Wilkins, J. et al. 2009. Performance of steer progeny of sires differing in genetic potential for fatness and meat yield following post-weaning growth at different rates. 1. Growth and live-animal composition. *Animal Production Science, Melbourne*, 49(6): 515-524. ISSN 1836-5787.
- Wright, A. D. 2014. Evaluating Residual Feed Intake in Replacement Heifer Calves for Correlation with Breed and Sire. Theses (Doctored) - Department Of Animal Science, of University of Arizona, Arizona.

Tabela 1: Composição da dieta

Ingrediente	Quantidade (g kg⁻¹ de dieta)
Silagem de Milho	0,859
Milho Moído	0,08
Soja Integral	0,07
Núcleo Mineral ¹	0,0028
Total	

¹Níveis de garantia do núcleo mineral: Cálcio 16 – 20%, Fósforo 8%, Sódio 9%, Magnésio 1,2%, Enxofre 1,2%, Cobre 750mg/kg, Ferro 5000mg/kg, Iodo 60mg/kg, Manganês 1400mg/kg, Selênio 25mg/kg, Cobalto 50mg/kg, Zinco 6000mg/kg, Flúor 800mg/kg.

Tabela 2: Níveis nutricionais da dieta total

Nutriente	Quantidade
NDT (g kg ⁻¹ de dieta)	740
Energia metabolizável (Mcal/kgMS)	2,69
Proteína Bruta (g kg ⁻¹ de dieta)	132

Tabela 3: Parâmetros de avaliação para determinação de ETR

ETR	Cornos uterinos	Folículos > 8mm	Folículos > 10mm	Corpo lúteo
1	Imaturo, < 6 mm	Ausente	Ausente	Ausente
2	6 - 8 mm	Presente	Ausente	Ausente
3	8-10 mm	Presente	Presente	Ausente
4	10-12 mm	Presente	Presente	Ausente
5	> 12 mm	Presente	Presente	Presente

Adaptado de Pereira et al. (1999)

Tabela 4: Estatísticas descritivas das variáveis dependentes¹

Variável	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Peso ao nascer	59	36,29	5,13	28	46
Peso ao desmame	59	173,73	22,98	131,5	259
GDMND	59	0,707	0,096	0,527	0,947
GMDMA	59	0,598	0,08	0,454	0,765
GDMC	59	0,746	0,136	0,474	1,05
Frame	59	5,1	0,76	3,5	6,9
Taxa de crescimento relativo	59	0,324	0,06	0,203	0,473
Taxa de Kleiber	59	0,01	0,002	0,01	0,02
CARfat	59	0	0,68	-1,46	1,4
Peso vivo no ETR	59	265	27,47	220	352
Idade no ETR	59	350	16,15	325	386
EGPUS ETR	59	3,9	1,4	1,3	8,9
ECC ETR	59	3,45	0,37	3	4
Idade inicial monta	59	384,7	16,16	360	421
Idade final monta	59	476,7	16,16	452	513
PVi Estação reprodutiva	59	287,36	31,08	240	380
PVf Estação reprodutiva	59	326,15	33	279	420
GDM Estação reprodutiva	59	0,37	0,09	0,15	0,55
ECCi Estação reprodutiva	59	3,5	0,36	3	4
ECCf Estação reprodutiva	59	3,6	0,49	2,5	4,5
EGPUSi Estação reprodutiva	59	4,86	1,75	1,3	8,9
EGPUSf Estação reprodutiva	59	6,47	1,59	3	9

¹ Peso vivo no ETR (PVe), peso vivo pré monta (PVp), ganho diário médio do nascimento ao desmame (GDM-ND), ganho diário médio do desmame ao acasalamento (GDM-DA), ganho diário médio durante confinamento (GDM-C), espessura de gordura na picanha no ETR (EGPUSe), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de Kleiber (TK), escore de trato reprodutivo (ETR), escore de condição corporal (ECC), consumo alimentar residual ajustado (CARfat)

Tabela 5: Características de desempenho de fêmeas Brangus em diferentes classes de consumo alimentar residual ajustado para gordura durante a fase de recría.

Característica	CARfat			
	Baixo (n=24)	Médio (n=15)	Alto (n=20)	<i>P-value</i>
Peso ao nascer, kg	36,58±1,06	35,6±1,34	36,45±1,16	0,8364
Peso ao desmame, kg	174±4,71	178,8±5,96	169,55±5,16	0,5054
GDM-ND, kg/dia	0,71±0,02	0,73±0,02	0,68±0,02	0,3372
GDM-DA, kg/dia	0,594±0,02	0,591±0,02	0,608±0,02	0,8125
GDM-C, kg/dia	0,75±0,03	0,73±0,04	0,75±0,03	0,8034
TCR (% ganho/dia)	0,33±0,01	0,31±0,02	0,33±0,01	0,4545
TK (GDM/ kg PV ^{0,75})	0,013±0	0,012±0	0,013±0	0,5342
Frame	5±0,16	5,21±0,2	5,12±0,17	0,7089
ETR	2,79±0,21	2,93±0,27	2,6±0,23	0,6320
Idade ETR, dias	348,83±3,34	352,4±4,23	348,85±3,66	0,7685
Peso vivo ETR, kg	263,67±5,65	271,2±7,15	262±6,19	0,5969
EGPUS ETR, mm	4,13±0,29	3,87±0,36	3,68±0,32	0,5604
ECC ETR	3,46±0,07	3,4±0,09	3,53±0,08	0,5954

Tabela 6: Características de desempenho de fêmeas Brangus em diferentes classes de consumo alimentar residual ajustado para gordura na fase reprodutiva¹

Característica	CARfat			
	Baixo (n=24)	Médio (n=15)	Alto (n=20)	<i>P-value</i>
Idade inicial, dias	379,83±3,34	383,4±4,23	379,85±3,66	0,7685
Idade final, dias	463,83±3,34	467,4±4,23	463,85±3,66	0,7685
GDMM, kg/dia	0,372±0,02	0,385±0,02	0,355±0,02	0,6139
Peso vivo inicial, kg	286,79±6,42	292±8,13	284,5±7,04	0,7766
Peso vivo final, kg	323,54±6,75	335,93±8,54	321,95±7,39	0,4153
EGPUS inicial, mm	4,99±0,36	4,78±0,46	4,76±0,4	0,8950
EGPUS final, mm	6,71±0,33	6,4±0,41	6,25±0,36	0,6297
ECC inicial	3,46±0,07	3,4±0,09	3,53±0,08	0,5954
ECC final	3,58±0,1	3,57±0,13	3,7±0,11	0,6678
Taxa de concepção	75%	83,3%	73,3%	0,5496

¹ Ganho diário médio do nascimento a desmama (GDM-ND), ganho diário médio da desmama ao acasalamento (GDM-DA), ganho diário médio na fase de confinamento (GDM-C), ganho diário médio na estação reprodutiva (GDM-M), escore de trato reprodutivo (ETR), espessura de gordura na picanha (EGPUS), escore de condição corporal (ECC), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de Kleiber (TK)

Tabela 07: Medidas de avaliação de crescimento, composição corporal e taxa de concepção em novilhas Brangus em diferentes *status* puberais¹

Característica	<i>Status</i> Puberal		
	Impúbere (n=23)	Peripuberais (n=36)	<i>P-value</i>
TCR (% ganho/dia)	0,29±0,01	0,34±0,01	0,0024
TK (GDM/ kg PV ^{0,75})	0,012±0	0,014±0	0,0023
GDM-DA, kg/dia	0,552±0,02	0,627±0,01	0,0005
GDM-C, kg/dia	0,70±0,03	0,77±0,02	0,0544
Frame	4,8±0,15	5,29±0,12	0,0153
EGPUS inicial, mm	4,35±0,36	5,18±0,29	0,0776
EGPUS final, mm	5,87±0,32	6,86±0,25	0,0182
ECC inicial	3,4±0,07	3,5±0,06	0,3674
ECC final	3,5±0,1	3,7±0,08	0,2319
Taxa de concepção	69,56%	80,55%	0,3371

Tabela 08: Taxas de crescimento de fêmeas Brangus em diferentes *status* puberais em diferentes períodos

GDM	<i>Status</i> Puberal		
	Impúbere (n=23)	Peripuberais (n=36)	<i>P-value</i>
Nascimento ao desmame	0,71±0,02	0,7±0,02	0,7032
Desmame a dia 0	0,43±0,02	0,48±0,02	0,0880
Dia 0 a 28	0,68±0,05	0,63±0,04	0,3466
Dia 28 a 65	0,87±0,04	1,03±0,03	0,0047
Dia 65 a 101	0,55±0,04	0,66±0,04	0,0504
Dia 101 a 157	0,24±0,03	0,30±0,02	0,0973
Dia 157 a 190	0,75±0,04	0,88±0,04	0,0346

¹ Ganho diário médio (GDM) taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de Kleiber (TK), ganho diário médio da desmama ao acasalamento (GDM-DA), ganho diário médio na fase de confinamento (GDM-C), escore de trato reprodutivo (ETR), espessura de gordura na picanha (EGPUS), escore de condição corporal (ECC)

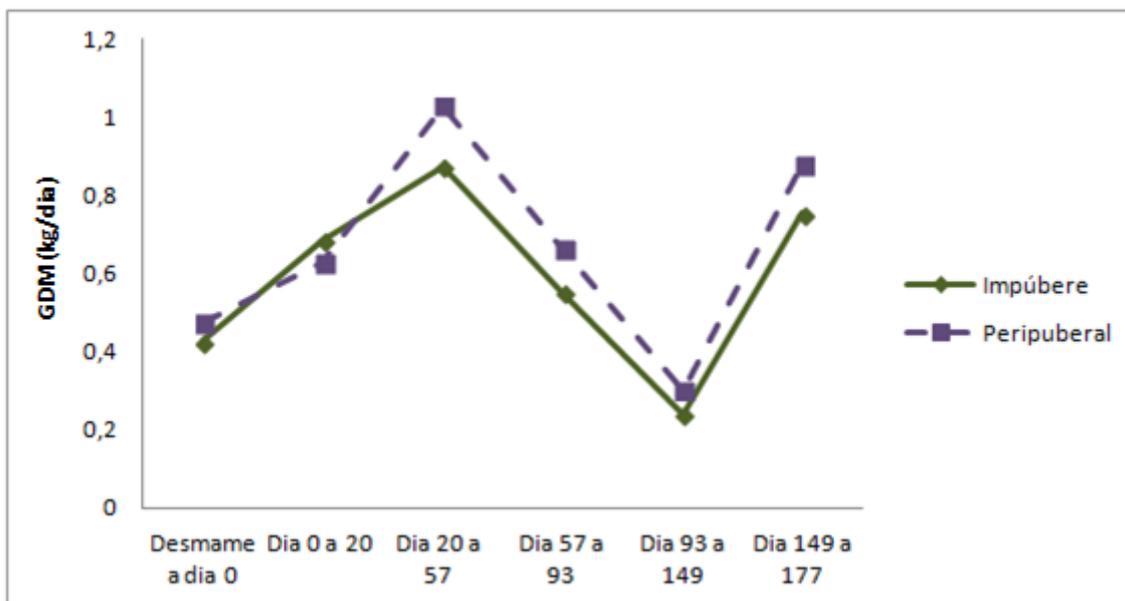


Figura 1: Comportamento da taxa de crescimento (GDM) entre novilhas Brangus, classificadas como impúberes e peripuberais na pré-estação de monta, do nascimento ao final da estação reprodutiva

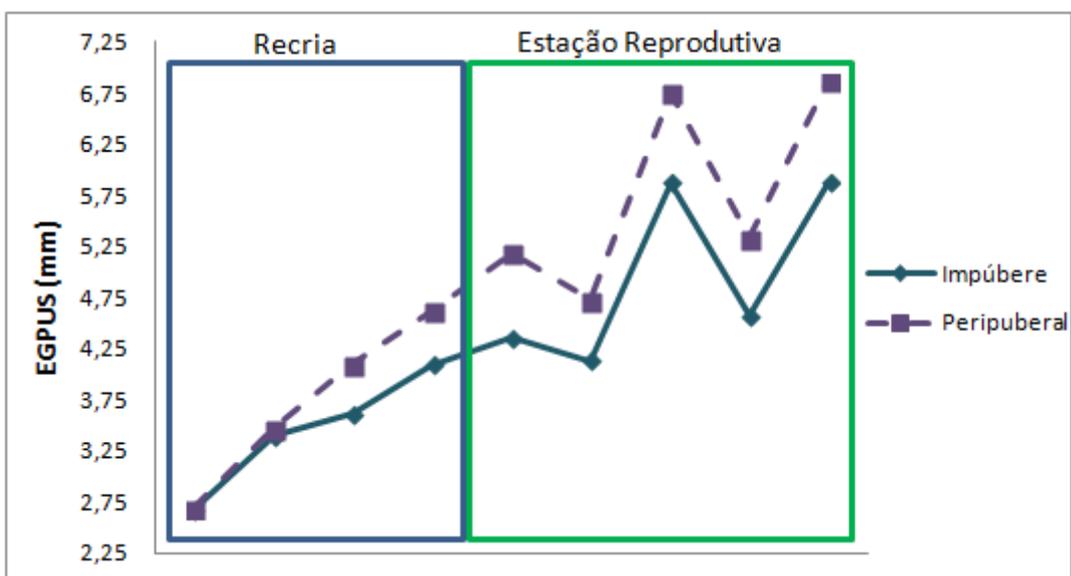


Figura 2: Comportamento da espessura de gordura na picanha em novilhas Brangus durante os períodos avaliados por *status* puberal

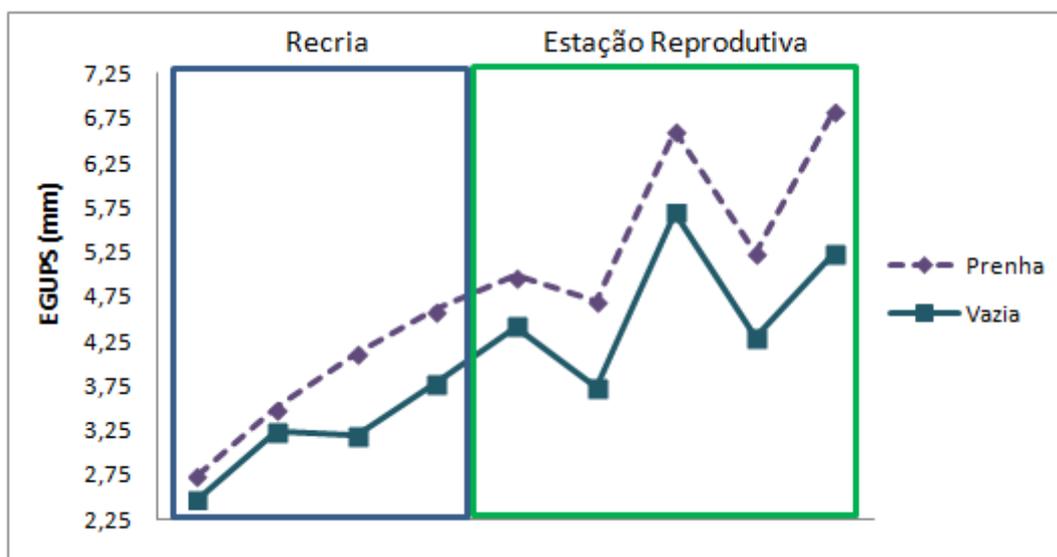


Figura 3: Comportamento da espessura de gordura na picanha em novilhas Brangus gestantes e não gestantes durante os períodos avaliados

Tabela 9: Características de desempenho de fêmeas Brangus gestantes e não gestantes durante a fase de recria¹

Característica	Concepção		
	Gestante (n=45)	Não gestante (n=14)	<i>P-value</i>
Peso ao nascer, kg	35,7±0,76	38±1,36	0,1379
Peso ao desmame, kg	173,48±3,45	174,54±6,19	0,8819
GDMND, kg/dia	0,71±0,01	0,69±0,03	0,5688
GDMDA, kg/dia	0,6±0,01	0,59±0,02	0,6814
GDMC, kg/dia	0,74±0,02	0,75±0,04	0,8585
CARfat	-0,06±0,1	0,14±0,18	0,3471
TCR (% ganho/dia)	0,32±0	0,34±0,02	0,3574
TK (GDM/ kg PV ^{0,75})	0,013±0	0,013±0	0,4832
Frame	5,14±0,11	4,95±0,21	0,4241
ETR	3±0,15	2,5±0,27	0,2749
Idade ETR, dias	351±2,4	345±4,3	0,2558
Peso vivo ETR, kg	266,62±4,11	259,86±7,37	0,4258
EGPUS ETR, mm	4,11±0,2	3,26±0,36	0,0448
ECC ETR	3,45±0,05	3,43±0,1	0,6572
Diâmetro de folículo, mm	9,11±0,35	8,54±0,63	0,4259
Diâmetro de corno, cm	0,88±0,04	0,84±0,07	0,5812

¹ Ganho diário médio do nascimento a desmama (GDM-ND), ganho diário médio da desmama ao acasalamento (GDM-DA), ganho diário médio na fase de confinamento (GDM-C), ganho diário médio na estação reprodutiva (GDM-M), escore de trato reprodutivo (ETR), espessura de gordura na picanha (EGPUS), escore de condição corporal (ECC), taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de Kleiber (TK)

Tabela 10: Características de desempenho de fêmeas Brangus gestantes e não gestantes durante a fase reprodutiva¹

Característica	Concepção		
	Gestante (n=45)	Não gestante (n=14)	<i>P-value</i>
Peso vivo inicial, kg	288,87±4,66	282,5±8,35	0,5080
Peso vivo inicial, kg	324,73±4,95	330,71±8,87	0,5583
Idade inicial, dias	386±2,4	380±4,3	0,2558
Idade final, dias	478±2,4	472±4,3	0,2558
ECC monta inicial	3,48±0,05	3,43±0,1	0,6572
ECC monta final	3,68±0,07	3,43±0,13	0,13
EGPUS monta inicial, mm	5±0,26	4,39±0,47	0,2615
EGPUS monta final, mm	6,8±0,22	5,43±0,4	0,0039
Representatividade, %	76,27%	23,73%	-

¹ Espessura de gordura na picanha (EGPUS), escore de condição corporal (ECC)

Tabela 11: Correlação de Pearson entre as variáveis mensuradas até recria: peso ao nascer (PN), peso ao desmame (PD), peso vivo na avaliação de ETR (PVe), ganho de peso médio no período de confinamento (GDM-C), ganho de peso médio do nascimento a desmama (GDM-ND), de peso médio da desmama ao acasalamento (GDM-DA), espessura de gordura na picanha na avaliação de ETR (EGPUSe), idade em dias na avaliação de ETR (Idade), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de Kleiber (TK), consumo alimentar residual ajustado (CARfat)

Variável	PD	PVe	GDM-C	EGPUSe	Idade	TCR	TK	CARfat	GDMND	GMDMA
PN	0,42 ^{**}	0,36 ^{**}	0,09 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,26 [*]	-0,07 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,001 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,12 ^{ns}
PD	-	0,89 ^{***}	0,18 ^{ns}	0,31 [*]	0,41 ^{**}	-0,2 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,85 ^{***}	0,25 ^{ns}
PVe		-	0,37 ^{**}	0,44 ^{**}	0,40 ^{**}	-0,07 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,006 ^{ns}	0,76 ^{***}	0,58 ^{***}
GDMC			-	0,14 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,68 ^{***}	0,74 ^{***}	-0,04 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,69 ^{***}
EGPUSe				-	0,03 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,38 ^{**}	0,41 ^{**}
Idade					-	-0,1 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,03 ^{ns}
TCR						-	0,98 ^{***}	0,02 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	0,53 ^{***}
TK							-	0,01 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,62 ^{***}
CARfat								-	-0,07 ^{ns}	0,1 ^{ns}
GDMND									-	0,15 ^{ns}

Ns: p<0,1; * p<0,05; ** p<0,01; ***p<0,0001;

Tabela 12: Correlação de Spearman entre as variáveis mensuradas até a recria: escore de trato reprodutivo (ETR), frame escore (FRAME), escore de condição corporal (ECC), peso vivo na avaliação de ETR (PVe), ganho de peso médio (GDM), espessura de gordura na picanha na avaliação de ETR (EGPUSe), idade em dias na avaliação de ETR (Idade), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de Kleiber (TK)

Variável	PVe	GDM	EGPUSe	TCR	TK	FRAME	ECC	IDADE	GDMND	GMDMA
ETR	0,15 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,36 ^{**}	0,32 [*]	0,32 [*]	0,15 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,36 ^{**}
FRAME	0,79 ^{***}	0,43 ^{**}	0,3 [*]	0,07 ^{ns}	0,34 ^{ns}	-	0,15 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,63 ^{***}	0,56 ^{***}
ECC	0,26 [*]	0,21 ^{ns}	0,47 ^{***}	-0,03 ^{ns}	0,1 ^{ns}	-	-	-0,07 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,35 ^{**}

Ns: p<0,1; * p<0,05; ** p<0,01; ***p<0,0001;

Tabela 13: Correlação de Pearson entre as variáveis mensuradas durante o período reprodutivo: peso vivo inicial (PVi), peso vivo final (PVf), ganho diário médio (GDM), espessura de gordura na picanha inicial (EGPUSi) e espessura de gordura na picanha final (EGPUSf)

Variável	PVf	IDADE	GDM	EGPUSi	EGPUSf	CARfat
PVi	0,54 ^{***}	0,47 ^{**}	0,15 ^{ns}	0,41 ^{**}	0,42 ^{**}	-0,02 ^{ns}
PVf	-	0,27 [*]	0,11 ^{ns}	0,26 [*]	0,27 [*]	-0,01 ^{ns}
IDADE		-	-0,17 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
GDM			-	-0,31 [*]	-0,23 ^{ns}	-0,05 ^{ns}
EGPUSi				-	0,71 ^{***}	-0,13 ^{ns}
EGPUSf					-	-0,18 ^{ns}

Ns: p<0,1; * p<0,05; ** p<0,01; ***p<0,0001;

Tabela 14: Correlação de Spearman entre as variáveis mensuradas durante o período reprodutivo: escore de trato reprodutivo (ETR), frame score (FRAME), escore de condição corporal inicial (ECCi), escore de condição corporal final (ECCf), peso vivo inicial (PVi), peso vivo final (PVf), ganho diário médio (GDM), espessura de gordura na picanha inicial (EGPUSi) e espessura de gordura na picanha final (EGPUSf), consumo alimentar residual ajustado (CARfat)

Variável	Pvi	PVf	GDM	EGPUSi	EGPUSf	ECCi	ECCf	FRAME	IDADE	CARfat
ETR	0,17 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,33 [*]	0,32 [*]	0,31 [*]	0,15 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,32 [*]	-0,16 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
ECCi	0,22 ^{ns}	0,14 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,49 ^{***}	0,25 ^{ns}	-	0,15 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,06 ^{ns}
ECCf	0,27 [*]	0,06 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,29 [*]	0,15 ^{ns}	-	0,15 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,19 ^{ns}
FRAME	0,77 ^{***}	0,35 ^{**}	0,32 [*]	0,24 ^{ns}	0,27 [*]	0,15 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-	0,02 ^{ns}	0,13 ^{ns}

Ns: p<0,1; * p<0,05; ** p<0,01; ***p<0,0001

CAPÍTULO IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados encontrados no presente estudo, o consumo alimentar residual se mostrou ser um meio interessante de selecionar fêmeas mais eficientes no âmbito alimentar sem impactar no desempenho reprodutivo. A inclusão da espessura de gordura subcutânea ao final do teste no modelo de estimativa de CAR reduziu possíveis impactos negativos da seleção desta característica sobre a composição corporal e o desempenho reprodutivo das fêmeas.

Constatou-se que a metodologia de avaliação para eficiência alimentar realizada no período de pós-desmame, por proporcionar alta taxa de crescimento às fêmeas, influenciou a composição corporal e permitiu uma maior deposição de gordura subcutânea.

O fato de estas fêmeas apresentarem contínua deposição de gordura subcutânea durante o período de teste e ao longo da estação de acasalamento possibilitou, independentemente do *status* puberal pré-estação de monta, o desencadeamento dos processos fisiológicos da puberdade e determinou o sucesso da concepção.

Embora não tenha sido constatada diferença estatística ente as taxas de concepção e o *status* puberal, a superioridade de 11% para as fêmeas consideradas peripuberais antes da estação de acasalamento representam um acréscimo de produção de 11 terneiros para cada 100 matrizes colocadas em reprodução, afetando diretamente o retorno econômico do produtor.

O consumo e o ganho de peso residual surge como uma forma alternativa de selecionar animais com menores custos produtivos, pois identificamos os que têm menor consumo de alimento e apresentam ganhos de peso significativos, tornando-se, assim, mais eficientes. Esta medida possibilita ao produtor reduzir seus custos de produção e aumentar a eficiência de seu sistema de cria.

APÉNDICES

Apêndice 1- Normas para submissão de trabalhos da Revisa Brasileira de Zootecnia

guidelines and, whenever pertinent, that the appropriate institutional committee(s) has approved them before commencement of the study.

2.6. Types of articles

Full-length research article

A full-length research paper provides a complete account of the experimental work. The text should represent the research process and foster its cohesive understanding and a coherent explanation regarding all the experimental procedures and results and must provide the minimal information necessary for an independent reproduction of the research.

Short communication

A succinct account of the final results of an experimental work, which has full justification for publication, although with a volume of information which is not sufficient to be considered a full-length research article. The results used as the basis to prepare the short communication cannot be used subsequently, neither partially nor wholly, for the presentation of a full-length article.

Technical note

An evaluation report or proposition of a method, procedure or technique that correlates with the scope of RBZ. Whenever possible, one should show the advantages and disadvantages of the new method, procedure or technique proposed, as well as its comparison with those previously or currently employed, presenting the proper scientific rigor in analysis, comparison, and discussion of results.

Board-invited reviews

An approach that represents state-of-the-art or critical view of issues of interest and relevance to the scientific community. It can only be submitted by invitation of the editorial board of RBZ. The invited reviews will be subjected to the peer-review process.

Editorial

Notes to clarify and establish technical guidelines and/or philosophy for designing and making of articles to be submitted and evaluated by RBZ. The editorials will be drafted by or at the invitation of the editorial board of RBZ.

3. Guidelines to prepare the manuscript

3.1. Structure of a full-length research article

Figures, Tables, and Acknowledgments should be sent as separated files and not as part of the body of the manuscript.

The article is divided into sections with centered headings, in bold, in the following order: Abstract, Introduction, Material and Methods, Results, Discussion, Conclusions, Acknowledgments (optional) and References. The heading is not followed by punctuation.

3.1.1. Manuscript format

The text should be typed by using Times New Roman font at 12 points, double-space (except for Abstract and Tables, which should be set at 1.5 space), and top, bottom, left and right margins of 2.5, 2.5, 3.5, and 2.5 cm, respectively.

The text should contain up to 25 pages, sequentially numbered in arabic numbers at the bottom. The file must be edited by using Microsoft Word® software.

3.1.2. Title

The title should be precise and informative, with no more than 20 words. It should be typed in bold and centered as the example: **Nutritional value of sugar cane for ruminants**. Names of sponsor of grants for the research should always be presented in the Acknowledgments section.

3.1.3. Authors

The name and institutions of authors will be requested at the submission process; therefore they should not be presented in the body of the manuscript. Please see the topic 4. Guidelines to submit the manuscript for details.

The listed authors should be no more than eight.

The list of authors must contain all authors' full name with no initials, current email address, and complete information about their affiliation. This list must follow the same authorship order presented in the Assurance of Contents and Copyright.

Spurious and "ghost" authorships constitute an unethical behavior. Collaborative inputs, hand labor, and other types of work that do not imply intellectual contribution may be mentioned in the Acknowledgments section.

3.1.4. Abstract

The abstract should contain no more than 1,800 characters including spaces in a single paragraph. The information in the abstract must be precise. Extensive abstracts will be returned to be adequate with the guidelines.

The abstract should summarize the objective, material and methods, results and conclusions. It should not contain any introduction. References are never cited in the abstract.

The text should be justified and typed at 1.5 space and come at the beginning of the manuscript with the word ABSTRACT capitalized, and initiated at 1.0 cm from the left margin. To avoid redundancy the presentation of significance levels of probability is not allowed in this section.

3.1.5. Key Words

At the end of the abstract list at least three and no more than six key words, set off by commas and presented in alphabetical order. They should be elaborated so that the article is quickly found in bibliographical research. The key words should be justified and typed in lowercase. There must be no period mark after key words.

3.1.6. Introduction

The introduction should not exceed 2,500 characters with spaces, briefly summarizing the context of the subject, the justifications for the research and its objectives; otherwise it will be rerouted for adaptation. Discussion based on references to support a specific concept should be avoided in the introduction.

Inferences on results obtained should be presented in the Discussion section.

3.1.7. Material and Methods

Whenever applicable, describe at the beginning of the section that the work was conducted in accordance with ethical standards and approved by the Ethics and Biosafety Committee of the institution.

Please provide ethics committee number as follows: "Research on animals was conducted according to the institutional committee on animal use (protocol number).

As for the location of the experiment, it should contain city, state, country, and geographical coordinates (latitude, longitude, elevation). Names of universities, laboratories, farms or any other institutions must not be mentioned.

A clear description on the specific original reference is required for biological, analytical and statistical procedures. Any modifications in those procedures must be explained in detail.

The presentation of the statistical model as a separate sentence from the text and as a numbered equation is mandatory whenever the research is about designed experiments, observational studies or survey studies. All terms, assumptions, and fitting procedures must be fully described to allow readers for a correct identification of the experimental unit.

3.1.8. Results

The author must write two sections by separating results and discussion. In the Results section, sufficient data,

with means and some measure of uncertainty (standard error, coefficient of variation, confidence intervals, etc.) are mandatory, to provide the reader with the power to interpret the results of the experiment and make his own judgment. The additional guidelines for styles and units of RBZ should be checked for the correct understanding of the exposure of results in tables. The Results section cannot contain references.

3.1.9. Discussion

In the Discussion section, the author should discuss the results clearly and concisely and integrate the findings with the literature published to provide the reader with a broad base on which they will accept or reject the author's hypothesis.

Loose paragraphs and references presenting weak relationship with the problem being discussed must be avoided. Neither speculative ideas nor propositions about the hypothesis or hypotheses under study are encouraged.

3.1.10. Conclusions

Be absolutely certain that this section highlights what is new and the strongest and most important inferences that can be drawn from your observations. Include the broader implications of your results. The conclusions are stated by using the present tense.

Do not present results in the conclusions, except when they are strictly important for the generalization.

3.1.11. Acknowledgments

This section is optional. It must come right after the conclusions.

The Acknowledgments section must NOT be included in the body of the manuscript; instead, a file named Acknowledgment should be prepared and then uploaded as "supplemental file NOT for review". This procedure helps RBZ to conceal the identity of authors from the reviewers.

3.1.12. Use of abbreviations

Author-derived abbreviations should be defined at first use in the abstract, and again in the body of the manuscript, and in each table and figure in which they are used.

The use of author-defined abbreviations and acronyms should be avoided, as for instance: T3 was higher than T4, which did not differ from T5 and T6. This type of writing is appropriate for the author, but of complex understanding by the readers, and characterizes a verbose and imprecise writing.

3.1.13. Tables and Figures

It is essential that tables be built by option "Insert Table" in distinct cells, on Microsoft Word® menu (No tables with

values separated by the ENTER key or pasted as figure will be accepted). Tables and figures prepared by other means will be rerouted to author for adequacy to the journal guidelines.

Tables and figures should be numbered sequentially in Arabic numerals, presented in two separate editable files to be uploaded (one for the tables and one for the figures), and must not appear in the body of the manuscript.

They may be uploaded separately and in a higher number of files if the size of the files hampers the upload.

The title of the tables and figures should be short and informative, and the descriptions of the variables in the body of the table should be avoided.

In the graphs, designations of the variables on the X and Y axes should have their initials in capital letters and the units in parentheses.

Non-original figures, i.e., figures published elsewhere, are only allowed to be published in RBZ with the express written consent of the publisher or copyright owner. It should contain, after the title, the source from where they were extracted, which must be cited.

The units and font (Times New Roman) in the body of the figures should be standardized.

The curves must be identified in the figure itself. Excessive information that compromises the understanding of the graph should be avoided.

Use contrasting markers such as circles, crosses, squares, triangles or diamonds (full or empty) to represent points of curves in the graph.

Figures should be built by using Microsoft Excel[®] to allow corrections during copyediting, and uploaded as a separate editable Microsoft Word[®] file, named "Figures" during submission. Use lines with at least 3/4 width. Figures should be used only in monochrome and without any 3-D or shade effects. Do not use bold in the figures.

The decimal numbers presented within the tables and figures must contain a point, not a comma mark.

Mathematical formulas and equations must be inserted in the text as an object and by using Microsoft Equation or a similar tool.

3.1.14. References

Reference and citations should follow the Name and Year System (Author-date)

3.1.15. Citations in the text

The author's citations in the text are in lowercase, followed by year of publication. In the case of two authors, use 'and'; in the case of three or more authors, cite only the surname of the first author, followed by the abbreviation et al.

Examples:

Single author: Silva (2009) or (Silva, 2009)

Two authors: Silva and Queiroz (2002) or (Silva and Queiroz, 2002)

Three or more authors: Lima et al. (2001) or (Lima et al., 2001)

The references should be arranged chronologically and then alphabetically within a year, using a semicolon (;) to separate multiple citations within parentheses, e.g.: (Carvalho, 1985; Britto, 1998; Carvalho et al., 2001).

Two or more publications by the same author or group of authors in the same year shall be differentiated by adding lowercase letters after the date, e.g., (Silva, 2004a,b).

Personal communication can only be used if strictly necessary for the development or understanding of the study. Therefore, it is not part of the reference list, so it is placed only as a footnote. The author's last name and first and middle initials, followed by the phrase "personal communication", the date of notification, name, state and country of the institution to which the author is bound.

3.1.16. References section

References should be written on a separate page, and by alphabetical order of surname of author(s), and then chronologically.

Type them single-spaced, justified, and indented to the third letter of the first word from the second line of reference.

All authors' names must appear in the References section.

The author is indicated by their last name followed by initials. Initials should be followed by period (.) and space; and the authors should be separated by semicolons. The word 'and' precedes the citation of the last author.

Surnames with indications of relatedness (Filho, Jr., Neto, Sobrinho, etc.) should be spelled out after the last name (e.g., Silva Sobrinho, J.).

Do not use ampersand (&) in the citations or in the reference list.

As in text citations, multiple citations of same author or group of authors in the same year shall be differentiated by adding lowercase letters after the date.

In the case of homonyms of cities, add the name of the state and country (e.g. Gainesville, FL, EUA; Gainesville, VA, EUA). Sample references are given below.

Articles

The journal name should be written in full. In order to standardize this type of reference, it is not necessary to quote the website, only volume, page range and year. Do not use a comma (,) to separate journal title from its volume; separate periodical volume from page numbers by a colon (:).

Miotto, F. R. C.; Restle, J.; Neiva, J. N. M.; Castro, K. J.; Sousa, L. F.; Silva, R. O.; Freitas, B. B. and Leão, J. P. 2013. Replacement of corn by babassu mesocarp bran in diets for feedlot young bulls. *Revista Brasileira de Zootecnia* 42:213-219.

Articles accepted for publication should preferably be cited along with their DOI.

Fukushima, R. S. and Kerley, M. S. 2011. Use of lignin extracted from different plant sources as standards in the spectrophotometric acetyl bromide lignin method. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, doi: 10.1021/jf104826n (in press).

Books

If the entity is regarded as the author, the abbreviation should be written first accompanied by the corporate body name written in full.

In the text, the author must cite the method utilized, followed by only the abbreviation of the institution and year of publication.

e.g.: "...were used to determine the mineral content of the samples (method number 924.05; AOAC, 1990)".

Newmann, A. L. and Snapp, R. R. 1997. *Beef cattle*. 7th ed. John Wiley, New York.

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. AOAC International, Arlington, VA.

Book chapters

The essential elements are: author (s), year, title and subtitle (if any), followed by the expression "In", and the full reference as a whole. Inform the page range after citing the title of the chapter.

Lindhal, I. L. 1974. Nutrición y alimentación de las cabras. p.425-434. In: *Fisiología digestiva y nutrición*

de los ruminantes. 3rd ed. Church, D. C., ed. Acríbia, Zaragoza.

Theses and dissertations

It is recommended not to mention theses and dissertations as reference but always to look for articles published in peer-reviewed indexed journals. Exceptionally, if necessary to cite a thesis or dissertation, please indicate the following elements: author, year, title, grade, university and location.

Castro, F. B. 1989. *Avaliação do processo de digestão do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado em bovinos*. Dissertação (M.Sc.). Universidade de São Paulo, Piracicaba.

Palhão, M. P. 2010. *Induced codominance and double ovulation and new approaches on luteolysis in cattle*. Thesis (D.Sc.). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.

Bulletins and reports

The essential elements are: Author, year of publication, title, name of bulletin or report followed by the issue number, then the publisher and the city.

Goering, H. K. and Van Soest, P. J. 1970. *Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications)*. Agriculture Handbook No. 379. ARS-USDA, Washington, D.C., USA.

Conferences, meetings, seminars, etc.

Quote a minimal work published as an abstract, always seeking to reference articles published in journals indexed in full.

Casaccia, J. L.; Pires, C. C. and Restle, J. 1993. Confinamento de bovinos inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos. p.468. In: *Anais da 30ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Rio de Janeiro.

Weiss, W. P. 1999. Energy prediction equations for ruminant feeds. p.176-185. In: *Proceedings of the 61th Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers*. Cornell University, Ithaca.

Article and/or materials in electronic media

In the citation of bibliographic material obtained by the Internet, the author should always try to use signed articles, and also it is up to the author to decide which sources actually have credibility and reliability.

In the case of research consulted online, inform the address, which should be presented between the signs

< >, preceded by the words "Available at" and the date of access to the document, preceded by the words "Accessed on:".

Rebollar, P. G. and Blas, C. 2002. Digestión de la soja integral en rumiantes. Available at: <http://www.ussoymeal.org/ruminant_s.pdf> Accessed on: Oct. 28, 2002.

Quotes on statistical software

The RBZ does not recommend bibliographic citation of software applied to statistical analysis. The use of programs must be informed in the text in the proper section, Material and Methods, including the specific procedure, the name of the software, its version and/or release year.

"... statistical procedures were performed using the MIXED procedure of SAS (Statistical Analysis System, version 9.2.)"

3.2. Structure of the article for short communication and technical note

The presentation of the title should be preceded by the indication of the type of manuscript whether it is a short communication or a technical note, which must be centered and bold.

The structures of short communications and technical notes will follow guidelines set up for full-length papers, limited, however, to 14 pages as the maximum tolerated for the manuscript.

Processing and publishing fees applied to communications and technical notes are the same for full-length papers.

3.3. Additional guidelines for style and units – Use of percentage

Because of the intense use of units in percentage form (%), the Editorial Board of *Revista Brasileira de Zootecnia* defines that percentage should be exceptionally and seldom used only for description of relative variations (e.g., variation of a result obtained in a given treatment in relation to other treatment) and not as an absolute unit of measurement.

3.3.1. Chemical or feed composition of diets

Chemical compositions of diets or feedstuffs have to be expressed as mass contents, e.g., g kg⁻¹ of dry matter or g kg⁻¹ as fed.

Examples:

Food composition of the concentrate mixture supplied to animals

Item	Incorrect (%)	Correct (g kg ⁻¹ as fed)
Corn grain	70.0	700
Soybean meal	27.0	270
Urea	1.0	10
Mineral mixture	2.0	20

Chemical composition of corn silage

Item	Incorrect (%)	Correct (g kg ⁻¹ as fed)
Dry matter ¹	35.23	352.3
Organic matter ²	95.45	954.5
Crude protein ²	7.86	78.6
Ether extract ²	2.35	23.5
Neutral detergent fiber corrected for ash and protein ²	55.86	558.6
Non-fibrous carbohydrates ²	29.38	293.8
Non-protein nitrogen ³	32.45	324.5

¹ Incorrect: percent as fed. Correct: g kg⁻¹ as fed.

² Incorrect: dry matter percentage. Correct: g kg⁻¹ dry matter.

³ Incorrect: total nitrogen percentage. Correct: g kg⁻¹ total nitrogen.

3.3.2. Measures of intake

Measures of intake have to be expressed as mass consumed per mass unit per unit of time.

Example:

Incorrect: "... animals presented average intake of 2.52% of body weight..."

Correct: "... animals presented average intake of 25.2 g kg⁻¹ d⁻¹ of body weight..."

3.3.3. Units expressed as coefficients

In animal science, it is common to produce variables given by the ratio between two variables. Therefore, because they represent direct measures made at the experimental unit and not relative comparisons among different situations (e.g., among treatments), those variables have to be expressed as mass unit per mass unit.

Most common examples:

Measures of digestibility coefficients:

Incorrect: "... the apparent digestibility coefficient of dry matter was 62.5%..."

Correct: "... the apparent digestibility coefficient of dry matter was 0.625..." (In this example, because it is a fractional measure, it is understood that it is expressed as g g⁻¹ or kg kg⁻¹). Another possibility is to express it as 625.0 g kg⁻¹ of dry matter.

REFERÊNCIAS

ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Perfil da Pecuária do Brasil – Relatório Anual 2016**. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br>>. Acesso em: 25 maio 2017.

ABIEC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Perfil da Pecuária do Brasil – Relatório Anual 2018**. Disponível em: <<http://www.abiec.com.br>>. Acesso em: 05 jan. 2019.

AGO- AUSTRALIAN GREENHOUSE OFFICE. **Greenhouse emission from beef cattle**. 2001.

ADAM, I. et al. Energy cost of eating in cattle given diets of different form. **Animal Science**, Cambridge, v. 38, n.1, p. 53-56, 1984.

ADAMS, G. P. et al. Progress in understanding ovarian follicular dynamics in cattle. **Theriogenology**, Los Altos, v.69, n.1, p.72-80, 2008.

ADAMIÁK, S. J.; et al. Impact of nutrition on oocyte quality: cumulative effects of body composition and diet leading to hyperinsulinemia in cattle. **Biology of Reproduction**, New York, v. 73, n.5, p. 918-926, 2005.

AERTS, J. M. J.; BOLS, P. E. J. Ovarian follicular dynamics: a review with emphasis on the bovine species. Part II: Antral development, exogenous influence and future prospects. **Reproduction in Domestic Animals**, Berlin, v.45, n.1, p.180-187, 2010.

ALFORD, A. R. et al. The impact of breeding to reduce residual feed intake on enteric methane emission from Australian beef industry. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.46, n.7, p.813-820, 2006.

ALMEIDA, R. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento**. 2005. 182 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

ALVES, B. R. C. et al. Elevated body weight gain during the juvenile period alters neuropeptide Y-gonadotropin-releasing hormone circuitry in prepubertal heifers. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 92, n. 2, p. 1-10, 2015.

AMSTALDEN, M. et al. Leptin gene expression, circulating leptin and luteinizing hormone pulsatility are acutely responsive to short-term fasting in prepubertal heifers: relationships to circulating insulin and insulin-like growth factor I. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 63, n. 1, p. 127-133, 2000.

AMSTALDEN, M. et al. Central infusion of recombinant ovine leptin normalizes plasma insulin and stimulates a novel hypersecretion of luteinizing hormone

after short-term fasting in mature beef cows. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 66, n.5, p. 1555-1561, 2002.

AMSTALDEN, M. et al. Leptin acts at the bovine adenohypophysis to enhance basal and gonadotropin releasing hormone-mediated release of luteinizing hormone: differential effects are dependent upon nutritional history. **Biology of Reproduction**, Champaign, v. 69, n.5, p. 1539-1544, 2003.

AMSTALDEN, M. et al. Reproduction Symposium: hypothalamic neuropeptides and the nutritional programming of puberty in heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.92. n.8, p. 3211–3222, 2014.

ARAÚJO, V. R. et al. Papel das proteínas morfogenéticas ósseas-6 e -7 (BMP-6 e -7) na regulação da foliculogênese inicial em mamíferos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.34, n.2, p.69-78, 2010.

ARAUJO, A. A.; MOURA, A. A. A. **Utilização da ultrassonografia no manejo reprodutivo de rebanhos bovinos**. [2017]. Disponível em: <<http://www.bovinos.ufc.br/ultrasom.doc>>. Acessado em: 05 set. 2017.

ARCHER, J. A. et al. Optimum post-weaning test for measurement of growth rate, feed intake, and feed efficiency in British breed cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, n.8, p. 2024–2032, 1997.

ARTHUR, P. F. et al. Relationship between post-weaning growth, net feed intake and cow performance. In: ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS, 1999, Amidale. **Proceedings ...**, Amidale, v.13, p. 484-487, 1999.

ARTHUR, P. F. et al. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.79, n.11, 2001.

ARTHUR, P. F.; RENAND, G.; KRAUSS, D. Genetic and phenotypic relationships among different measures of growth and feed efficiency in young Charolais bulls. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.68, n.2-3, p.131-139, 2001.

ARTHUR, P.F; ARCHER, J. A.; HERD, R. M. Feed intake and efficiency in beef cattle: overview of recent Australian research and challenges for the future. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 44, n.5, p. 361-369, 2004.

ARTHUR, P. F. et al. Maternal productivity of Angus cows divergently selected for post-weaning residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 45, n.8, p. 985-993, 2005.

- ARTHUR, P. F.; HERD, R. M. Efficiency of feed utilization by livestock – Implications and benefits of genetic improvement. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.85, n.3, p.281-290, 2005.
- ATKINS, J. A.; POHLER K. G.; SMITH M. F. Physiology and endocrinology of puberty in heifers. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, Philadelphia, v.29, n.3, p. 479–492, 2013.
- AYRES, H. et al. Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 123, n. 2-3, p. 175-179, ago. 2009.
- AYRES, H. et al. Inferences of body energy reserves on conception rate of suckled Zebu beef cows subjected to timed artificial insemination followed by natural mating. **Theriogenology**, Los Altos, v. 82, n. 4, p 529-536, 2014.
- BARASH, I. A. et al. Leptin is a metabolic signal to the reproductive system. **Endocrinology**, New York, v. 137, n.7, p. 3144-3147, 1996.
- 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, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, v. 38, p. 397-398, 2001.
- BARUSELLI, P. S.; GIMENES, L. U.; SALES, J. N. S. Fisiologia reprodutiva de fêmeas taurinas e zebuínas. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.31, n. 2, p.205- 211, 2007.
- BASARAB, J. A. et al. Net feed intake in beef cattle. In: ADVANCES IN BEEF CATTLE SCIENCE. Lethbridge, Canada: Agriculture and Agri-Food Canada, 2001. v.1, p. 129-133.
- BASARAB, J. A. et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.83, n.2, p. 189-204, 2003.
- BASARAB, J. A. et al. Relationships between progeny residual feed intake and dam productivity traits. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.87, n.4, p. 489-502, 2007.
- BASARAB, J. A. et al. Residual feed intake adjusted for backfat thickness and feeding frequency is independent of fertility in beef heifers. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.91, n.4, p. 573-584, 2011.
- BASTOS, M. R. et al. Ovarian function and circulating hormones in nonlactating Nelore versus Holstein cows. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v.38, supl.2, s277-s831, 2010. Trabalho apresentado na 24ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Tecnologia de Embriões, 2010, Porto de Galinhas.

- BAVERA, G. A. **Escala de tamaño, estructura corporal o frame score** - cursos de producción bovina de carne. Argentina: Facultad Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina, 2005.
- BELTRAN, M. P. **Possíveis efeitos da leptina e IGF-I plasmáticos sobre a puberdade e a precocidade sexual de novilhas Nelore (*Bos taurus indicus*)**. 2007. 106 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Reprodução Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.
- BERETTA, V.; LOBATO, J. F. P.; MIELITZ NETO, C. G. A. Produtividade e eficiência biológica de sistemas pecuários de cria diferindo na idade das novilhas ao primeiro parto e na taxa de natalidade do rebanho do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.4, p. 1278-1286, 2001.
- BERRY, D. P.; CROWLEY, J. J. Residual intake and body weight gain: a new measure of efficiency in growing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.90, n.1, p.109-115, 2012.
- BERRY, D. P.; CROWLEY, J. J. CEEL BIOLOGY SYMPOSIUM: Genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.91, n.4, p.1594-1613, 2013.
- BIANCHINI, W. **Crescimento muscular e qualidade da carne de bovinos Nelore, Simental e seus mestiços no sistema de produção superprecoce**. 2005. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, Botucatu – São Paulo, 2005.
- BIF - BEEF IMPROVEMENT FEDERATION. **Guidelines for Uniform Beef Improvement Programs**. 9th ed. rev. 2016. Disponível em: <<http://beefimprovement.org/library-2/bif-guidelines>>. Acesso: 6 maio 2017.
- BLAXTER, K. L. **The efficiency metabolism of ruminants**. London, UK: Hutchinson Scientific and Technical, 1962.
- BOAITEY, A. et al. Feed efficiency estimates in cattle: The economic and environmental impacts of reranking. **Sustainable Agriculture Research**, Ontario, v.6, n.2, p.35-47, 2017.
- BURATINI JR., J. Controle endócrino e local da foliculogênese em bovinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.31, n.2, p.190-196, 2007.

BYERLY, D. J. et al. Pregnancy rates of beef heifers bred either on puberal or third estrus. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.65, n.3, p.645–650, 1987.

CAPPER, J. L.; HAYES D. J. The environmental and economic impact of removing growth-enhancing technologies from United States beef production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.90, n.10, p. 3527-3537, 2012.

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

CARDOSO, R. C. et al. Nutritional programming of accelerated puberty in heifers: Involvement of POMC neurons in the arcuate nucleus. **Journal of Neuroendocrinology**, Malden, v.27, n.8, p.647–657, 2015.

CARDOSO, R. C; ALVES, B. R. C.; WILLIAMS, G. L. Neuroendocrine signaling pathways and the nutritional control of puberty in heifers. In: INTERNATIONAL RUMINANT REPRODUCTION SYMPOSIUM (IRRS 2018), Foz do Iguaçu, Paraná, Brazil. **Proceedings...** Foz do Iguaçu, 2018.

CASTELLANO, J. M. et al. Early metabolic programming of puberty onset: impact of changes in postnatal feeding and rearing conditions on the timing of puberty and development of the hypothalamic kisspeptin system. **Endocrinology**, New York, v.152, n.9, p. 3396-3408, 2011.

CATUNDA, A. G. V. et al. O papel da leptina na reprodução de ruminantes. **Revista Brasileira Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.38, n.1, p. 3-9, 20014.

CHANNON, A. F., ROWE, J. B.; HERD, R. M. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.44, n.5, p. 469–474. 2004.

CHILLIARD, Y. et al. Plasma leptin in underfed or overfed adult Holstein and Charolais cows, and its relationship with adipose tissue cellularity. **International Journal of Obesity**, London, v.22, supl.3, p. 171, 1998.

COUSE, J.F.; KORACH, K.S. Estrogen receptor null mice: what have we learned and where will they lead us? **Endocrinology Reviews**, New York, v. 20, n.3, p. 358-417, 1999.

CRC - Cooperative Research Centre for Cattle and Beef Quality. **For Beef Genetic Technologies Prospectus**. Armidale, Australia, 2004.

CREWS, D. H. et al. Genetic parameters for net feed efficiency of beef cattle measured during postweaning growing versus finishing periods. **Proceedings...**, Champaign, v.54, p. 1-4, 2003.

CREWS, D. H. Genetics of efficient feed utilization and national cattle evaluation: a review. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 4, n.2, p.152-165, 2005.

CROWLEY, J. J. et al. Phenotypic and genetic parameters for different measures of feed efficiency in different breeds of Irish performance-tested beef bulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n.3, p. 885-894, 2010.

CULBERTSON, M. M. et al. Optimum measurement period for evaluating feed intake traits in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.93, n.5, p.2482-2487, 2015.

CURRAN, S.; GINTHER, O. J. Ultrasonic diagnosis of equine fetal sex by location of the genital tubercle. **Journal Equine Veterinary Science**, Colorado, v. 9, n. 2, p. 77-83, 1989.

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

DAY, M. L. et al. Fatores que afetam a idade na puberdade em novilhas de corte. In: PIRES, A. V. (ed.). **Bovinocultura de corte**. Piracicaba: Fealq, 2010. 2 v. p. 637-652.

DAY, M. L.; MAQUIVAR, M. Puberty in heifers: nutrition and endocrinology. In: AETA JOINT ANNUAL CONVENTION, 2014, Middleton, Wisconsin. [**Proceedings**]. Middleton, Wisconsin, 2014.

EGAN, O. K.; INGLIS, M. A.; ANDERSON, G. M. Leptin signaling in AgRP neurons modulates puberty onset and adult fertility in mice. **Journal of Neuroscience**, Washington, v.37, n.14, p. 3875-3886, 2017.

ENDECOTT, R. L. et al. Implications of beef heifer development systems and lifetime productivity. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.91, n. 3, p. 1329-1335, 2013.

DONOGHUE, K. A., et al. Onset of puberty and early-life reproduction in Angus females divergently selected for post-weaning residual feed intake. **Animal Production Science**, Melbourne, v. 51, n.3, p.183-190, 2011.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **How to feed the world in 2050**. Rome, 2009. Disponível em: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2018.

FERREIRA JR. R. J et al. Evidence of negative relationship between female fertility and feed efficiency in Nelore cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.96, n.10, p. 4035-4044, 2018.

FERRELL, C. L. Effects of postweaning rate of gain on onset of puberty and productive performance of heifers of different breeds. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 55, n. 6, p. 1272– 1283, 1982.

FILIPIAK, Y; VIQUEIRA, M; BIELLI, A. Desarrollo y dinámica de los folículos ováricos desde la etapa fetal hasta la prepuberal en bovinos. **Veterinaria** [online], Montevideo, v.52, n.202, p.14-22, 2016.

FITZHUGH, H. A.; TAYLOR, C. S. Genetic analysis of degree of maturity. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 33, n.4, p. 717-725, 1971.

FREITAS, B. G. **Influência do desenvolvimento corporal na resposta aos programas de sincronização para inseminação artificial em tempo fixo em novilhas Nelore de 14 meses de idade**. 2015. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Reprodução Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

FUSTON, R. et al. Effect of calving distribution on beef cattle progeny performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.90, n. 13, p. 5118-5121, 2012.

GASSER, C. L. et al. Effect of timing of feeding a high-concentrate diet on growth and attainment of puberty in early-weaned heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.84, n.11, p. 3118–3122, 2006a.

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

GASSER, C. L. Considerations on puberty in replacement beef heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, n. 3, p. 1336–40, 2013.

GAZAL, O. S. et al. Gonadotropin-releasing hormone secretion into third-ventricle cerebrospinal fluid of cattle: correspondence with the tonic and surge release of luteinizing hormone and its tonic inhibition by suckling and neuropeptide Y. **Biology of Reproduction**, New York, v.59, n.3, p.676-683, 1998.

GIBB, D. J.; MCALLISTER, T. A. The impact of feed intake and feeding behavior of cattle on feedlot and feed bunk management. In: WESTERN NUTRITION CONFERENCE, Calgary, 1999. **Proceedings of....** Calgary, 1999. p.101-116.

GINTHER, O. J. **Ultrasonic imaging and reproductive and reproductive events in the mare**. Cross Plains, Wisconsin: Equiservices, 1986. 378 p.

GINTHER, O. J. et al. Follicle selection in monovular species. **Biology of Reproduction**, Champaign, v.65, n. 3, p. 638-647, 2001.

GINTHER, O. J. The theory of follicle selection in cattle. **Domestic Animal Endocrinology**, Auburn, v. 57, p. 85-99, 2016.

GOMES, R. C. **Metabolismo proteico, composição corporal, características de carcaça e qualidade de carne de novilhos Nelore (*Bos indicus*) em função de seu consumo alimentar residual**. 2009. 95 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GONÇALVES, P. B. D.; FIGUEIREDO, J. R.; FREITAS, V. J. F. **Biotécnicas Aplicadas à Reprodução Animal**. 2ª ed. São Paulo: Roca, 2008.

GONZÁLEZ, F. H. D. **Introdução a Endocrinologia Reprodutiva Veterinária**, 2002. 87 f. Disponível em: <www.ufrgs.br/favet/bioquimica/posgrad/> Acesso em: 25 nov. 2017.

GOTTSCHELL, C. S. **Controle do ciclo estral e taxa de prenhez em matrizes de corte bovinas: efeitos hormonais, genéticos e ambientais**. 2011. 190 f. Tese (Doutorado)- Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

GUTIERREZ, K. et al. Effect of reproductive tract scoring on reproductive efficiency in beef heifers bred by timed insemination and natural service versus only natural service. **Theriogenology**, Los Altos, v. 81, n. 7, p. 918–924, 2014.

HAFLA, A. N. et al. Relationships between postweaning residual feed intake in heifers and forage use, body composition, feeding behavior, physical activity, and heart rate of pregnant beef females. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, n. 11, p. 5353-5365, 2013.

HAVEL, P.J. Update on adipocyte hormones: regulation of energy balance and carbohydrate/lipid metabolism. **Diabetes**, Arlington, v. 53 (Suppl 1), p. 143–151, 2004.

HEGARTY, R.S.; GOOPY, J.P.; HERD, R.M. et al. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.85, n.6, p.1479-1486, 2007.

HERD, R. M; BISHOP, S. C. Genetic variation in residual feed intake and its association with other production traits in British Hereford cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.63, n.2, p.8, 2000.

HERD, R. M.; ARCHER, J. A.; ARTHUR, P. F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake. Opportunity and challenges to application. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n.13, p. 9-17, 2003.

HERD, R. M.; ODDY, V. H.; RICHARDSON, E. C. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 1. Review of potential mechanisms. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.44, n.5, p.423-430, 2004.

HERD, R. M.; ARTHUR, P. F.; ARCHER, J. A. Repeatability of residual feed intake and interaction with level of nutrition in Angus cows. In: AUSTRALIAN SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION BIENNIAL CONFERENCE, 26., 2006, Perth. **[Proceedings]**. Perth, 2006.

HERD, R. M.; ARTHUR, P. F. Physiological bases for residual feed intake. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, (Suppl 14), p. 64-71, 2009.

HALL, M. B. - What you feed vs. what you get: feed efficiency as an evaluation tool . In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 14., 2003, Gainesville. **[Proceedings]**. Gainesville, 2003. Disponível em: <http://dairy.ifas.ufl.edu/rns/2003/Hall.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2017.

HILL, I. D. Reprodução com metas de precocidade marca o programa da Jacarezinho. **Pecuária de Corte**, [S.l.], p. 19-26, 1998.

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.

HORIMOTO, A. R. V. R. **Estimativas de parâmetros genéticos para escores de estrutura corporal (*frame*) em bovinos de corte da raça Nelore**. 2005. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2005.

IRELAND, J.J. et al. Historical perspective of turnover of dominant follicles during the bovine estrous cycle: key concepts, studies, advancements, and terms. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 7, p. 1648-1658, 2000.

JI, S. Q. et al. Partial cloning of the bovine leptin gene and its expression in adipose depots and in cattle before and after finishing. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75 (suppl.1), p. 167, 1997.

KASTELIC, J. P; PIERSON, R. A.; GINTHER, O. J. Ultrasonic morphology of corporea lutea and central luteal cavities during the estrous cycle and early pregnancy in heifers. **Theriogenology**, Los Altos, v. 34, p. 487-498, 1990.

KERLEY, M. S. **Impact of selection for residual feed intake on forage intake by beef cows and feed efficiency of progeny.** [Missouri]: University of Missouri, Division of Animal Sciences, 2010.

KLEIBER, M. Body size and metabolic rate. **Physiological Reviews**, Rockville, v.27, n. 4, p. 511, 1947.

KOLATH, W. H. et al. The relationship between mitochondrial function and residual feed intake in Angus steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.84, n. 4, p.486-494, 2006.

KENNEDY, B. W.; VAN DER WERF, J. H. J.; MEUWISSEN, T. H. E. Genetic and statistical properties of residual feed intake. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, n. 12, p.3239-3250, 1993.

KOCH, R. M. et al. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.22, n. 2, p.486-494, 1963.

KORVER, S. Genetic aspects of feed intake and feed efficiency in dairy cattle: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.20, n. 1, p.1-13, 1988.

LANCASTER P. A, et al. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 4,p.1528-1539, 2009a.

LANCASTER, P. A. et al. Phenotypic and genetic relationships of residual feed intake with performance and ultrasound carcass traits in Brangus heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 87, n. 12, p. 3887-3896, 2009b.

LAWRENCE, P. et al. Grass silage intake, rumen and blood variables, ultrasonic and body measurements, feeding behavior and activity in pregnant beef heifers differing in phenotypic residual feed intake. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.89, n. 10, p.3248-3261, 2011.

LESMEISTER, J. L.; BURFENING, P. J.; BLACKWELL, R. L. Date of first calving in beef cows and subsequent calf production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 36, n. 1, p.1-6, 1973.

LIMA, L. L. N.; PEREIRA, G, I; RIBEIRO, S, J. Consumo Alimentar Residual Como Critério De Seleção Para Eficiência Alimentar. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v.7, n.4, p.255-260, 2013.

LOOPER, M.L. et al. Influence of estradiol, progesterone, and nutrition on concentrations of gonadotropins and GnRH receptors, and abundance of mRNA for GnRH receptors and gonadotropin subunits in pituitary glands of beef cows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n.1, p. 269-278, 2003.

LOYD, A. N. Effects of physiological age on residual feed intake of growing heifers. **Open Journal of Animal Sciences**, Champaign, v. 1, n. 3, p.89-92, 2011.

MADDOCK, T.D.; HENRY D. D.; LAMB G. C. **The Economic Impact of Feed Efficiency in Beef Cattle. AN217**. Gainesville: Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, [2015]. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/an217.2015>>. Acesso em: 15 ago. 2017.

MAGALHÃES, D. M. Papel do hormônio folículo estimulante na foliculogênese *in vivo* e *in vitro*. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.33, n. 4, p.171-182, 2009.

MAHLER, L. E. **Recommended Duration for Evaluating Feed Intake and Validating the Residual Feed Intake Model in Brangus Heifers**. 2016. 106 f. Tese (Doutorado) - Graduate Faculty of Auburn University, Auburn, Alabama, 2016.

MALHADO, C. H. M. et al. Age at first calving of Nellore cattle in the semi-arid region of northeastern Brazil using linear, threshold, censored and penalty models. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 154, n.1-3, p.28-33, 2013.

MAO, F. et al. Phenotypic and genetic relationships of feed efficiency with growth performance, ultrasound, and carcass merit traits in Angus and Charolais steers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 91, n. 5, p. 2067-2076, 2013.

MARTIN, J. L. et al. Effect of prebreeding body weight or progestin exposure before breeding on beef heifer performance through the second breeding season. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, n. 2, p. 451–9, 2008.

MAYER, C. et al. Timing and completion of puberty in female mice depend on estrogen receptor α -signaling in kisspeptin neurons. **Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, Washington, v.107, n.52, p.22693-22698, 2010.

MCDONAGH, et al. Meat quality and the calpain system of feedlot steers following a single generation of divergent selection for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.41, n.7, p. 1013–1021, 2001.

MCDONALD, L. E. **Veterinary endocrinology and reproduction**. 4th ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 2003. p.597.

MCDONALD, J. M.; NIELSEN, M. K. Mitochondrial efficiency in lines of mice divergently selected of heat loss. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.86, (E-suppl.2) p. 600, 2008.

MEMBRIVE, C. M. B. **Estudo da sincronização das ondas foliculares e das características de estros, por radiotelemetria, em novilhas cruzadas (*Bos indicus* x *Bos taurus*) tratadas com acetato de melengestrol e prostaglandina associados a hCG, GnRH ou 17b estradiol + progesterona.** 2000. 156 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

MINTON, J.E. et al. Serum leptin is associated with carcass traits in finishing cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, (suppl.1), p.231, 1998.

MONTAÑO-BERMUDEZ, M.; NIELSEN, M.K.; DEUTSCHER, G.H. Energy requirements for maintenance of crossbred beef cattle with different genetic potential for milk. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.68, p.2279-2288, 1990.

MORIEL, P. et al. Effects of post-weaning growth rate and puberty induction protocol on reproductive performance of *Bos indicus*-influenced beef heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 95, n. 8, p. 3523-3531, 2017.

MOTA, L. F. M. **Expressão do gene leptina, proteômica e modelos para estimação do CAR em animais da raça Nelore.** 2014. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, Minas Gerais, 2014.

MU, Y. et al. Genetic correlations between female fertility and postweaning growth and feed efficiency traits in multibreed beef cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.96, n. 3, p.448–455, 2016.

NAKADA, K. et al. Changes in responses to GnRH on luteinizing hormone and follicle stimulating hormone secretion in prepubertal heifers. **Journal of Reproduction and Development**, Tokyo, v. 48, n. 6, p. 545-551, 2002.

NETT, T.M. et al. Pituitary effects of steroid hormones on secretion of follicle-stimulating hormone and luteinizing hormone. **Domestic Animal Endocrinology**, Auburn, v 23, n. 1-2, p. 33-42, 2002.

NIELSEN, M. K. et al. Review: Life-cycle, total industry genetic improvement of feed efficiency in beef cattle: Blueprint for Beef Improvement Federation. **The Professional Animal Scientist**, Champaign, v. 29, n. 6, p. 559-565. 2013.

NKRUMAH, J. D. et al. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, n. 8, p. 2451–2459, 2004.

NKRUMAH, J. D. et al. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy

partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.85, n.1, p.145-153, 2006.

NKRUMAH, J.D. et al. Primary genome scan to identify putative quantitative trait loci for feedlot growth rate, feed intake, and feed efficiency of beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, n. 12, p. 3170-3181, 2007a.

NKRUMAH, J. D. et al. Genetic and phenotypic relationships of feed intake and measures of efficiency with growth and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, n. 10, p.2711-2720, 2007b.

NOGUEIRA, G. P. Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 82-83, p. 361-372, 2004.

ODDY, V. H. Genetic variation in protein metabolism and implications for variation in efficiency of growth. In: RECENT ADVANCED IN ANIMAL NUTRITION CONFERENCE, 1999, Australia. **Proceedings...** Australia: RAAN, 1999. v.12, p.23–29. Disponível em: <<http://livestocklibrary.com.au/handle/1234/19880>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

OKINE, E. K. et al. Residual feed intake and feed efficiency: differences and implications. In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 15., 2004, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 2004. p.27-38

OLSON, T. A. et al. **Relación entre tamaño corporal y fertilidad en Ganado Brahman**. Asocebú, 2002. Disponível em: <http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/frame%20score/02-relacion_tamano_fertilidad.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2017.

OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, n. 11, p. 3138-3150, 1993.

PERRY, G. A. Physiology and endocrinology symposium: Harnessing basic knowledge of factors controlling puberty to improve synchronization of estrus and fertility in heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.90, n. 4, p.1172–1182, 2012.

PERRY, G. A.; CUSHMAN, R. A. "Invited Review: Use of ultrasonography to make reproductive management decisions." **The Professional Animal Scientist**, Champaign, v.32, n. 2, p.154–161, 2016.

PIERSON, R. A.; GINTHER, O. J. Ultrasonography for detection of pregnancy and study on embryonic development in heifers. **Theriogenology**, Los Altos, v. 22, n. 2, p. 225-233, 1984.

PIERSON, R. A.; GINTHER, O. J. Ultrasonic imaging of the ovaries and uterus in cattle. **Theriogenology**, Los Altos, v.29, n. 1, p. 21-37, 1988.

PÖTTER, L.; LOBATO, J. F. P.; MIELITZ NETTO, C. G. Produtividade de um modelo de produção para novilhas de corte primíparas aos dois, três e quatro anos de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27, n.3, p.613-615, 1998.

RANDEL, R. D.; WELSH JR T. H. Joint Alpharma-Beef Species Symposium: Interactions of feed efficiency with beef heifer reproductive development. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.91, n. 3, p. 1323-1328, 2013.

RICHARDSON, E. C. et al. Possible physiological indicators for net feed conversion efficiency in beef cattle. In: AUSTRALIAN SOCIETY ANIMAL PRODUCTION, 1996, Sydney. **Proceedings...** Sydney, 1996. v.21, p.103–106

RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M.; ODDY, V. H. Variation in body composition, activity and other physiological process and their associations with feed efficiency. In: FEED EFFICIENCY IN BEEF CATTLE WORKSHOP, 2000, Armidale. **Proceedings...** Armidale, New South Wales: University of New England, 2000. p.46-50.

RICHARDSON, E. C. et al. Body composition and implications for heat production of Angus steers progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 41, n. 7, p. 1065-1072, 2001.

RICHARDSON, E. C. et al. Metabolic differences in Angus steers divergently selected for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 44, n. 5, p. 441-452, 2004.

RICHARDSON, E. C.; R. M. Herd. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.44, n. 5, p.431– 440, 2004.

ROBERTS, A. J. et al. Reproductive performance of heifers offered ad libitum or restricted access to feed for a one hundred forty-day period after weaning. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.87, n. 9, p.3043–3052, 2009.

ROBINSON, D. L.; ODDY, V. H. Genetic parameters for feed efficiency, fatness, muscle area and feeding behavior of feedlot finished beef cattle. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v.90, p. 255–270, 2004.

ROBINSON, D. L. Accounting for bias in regression correlation coefficients with example from feed efficiency. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 95, n. 2-3, p.155-166, 2005.

ROCHA, M. G.; LOBATO, J. F. P. Avaliação do desempenho reprodutivo de novilhas de corte primíparas aos dois anos de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n.3, p. 1388-1395, 2002.

ROCHA, E. D. et al. Tamanho de vacas Nelore adultas e seus efeitos no sistema de produção de gado de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.55, n.4, p.474-479, 2003.

RODRIGUES, H. D.; KINDER, J. E.; FITZPATRIK, L. A. Estradiol regulation of luteinizing hormone secretion in heifers of two breed types that reach puberty at differing ages. **Biology of Reproduction**, Champaign, v.66, n. 3, p.603-609, 2002.

RUTHERFORD, W. C. **Evaluation of residual feed intake in centrally-tested bulls and related steers**. 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Auburn Graduate Faculty of Auburn University, Auburn, Alabama. 2010.

SÁ FILHO, M. F. et al. Biotecnologia da reprodução em bovinos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE REPRODUÇÃO ANIMAL APLICADA, 2008, Londrina. **Anais...** Londrina, 2008. p. 54-67.

SALES, M. G. F.; ARAÚJO, A. A. Corpo lúteo cíclico e gestacional: revisão. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v.34, n. 3, p.185-194, 2010.

SARTORI et al. Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON REPRODUCTION IN DOMESTIC RUMINANTS, 8., 2010, Anchorage, Alaska. **Proceedings...** Anchorage, Alaska, 2010. v.67, p. 357-375.

SCHENKEL, F. S; MILLER S. P.; WILTON J. W. Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, n.2, p.177-185, 2004.

SHAFFER, K. S. et al. Residual feed intake, body composition, and fertility in yearling beef heifers. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 4, p. 1028-1034.2011.

SPRECHER, D. J. et al. The predictive value, sensitivity and specificity of palpation per rectum and transrectal ultrasonography for the determination of bovine luteal fase. **Theriogenology**, Los Altos, v. 31, n. 6, p.1165-1172, 1989.

STEINFELD, H. et al. **Livestock's long shadow** – Environmental issues and options. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006. 408 p.

TATHAM, B. G.; DAVIS, J. J.; FERRIER, G. R. Commercial application of net feed intake assessment, biochemical relationships and economic implications of using tested Angus bulls. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 13, (Supplement A), p. 327-330, 2000.

TAYLOR, R.E. **Beef production and the beef industry**: A beef producer's perspective. Minneapolis: Burgess Publishing Company, 1984. 595 p.

TIXIER-BOICHARD, M. A. et al. Residual food consumption as a tool to unravel genetic components of food intake. In: WORLD CONGRESS GENETIC APPLIED LIVESTOCK, 7., 2002, Montpellier, France. **Proceedings...** Montpellier, 2002. p. 10–16.

UNGER, RH. Mini review: weapons of lean body mass destruction: the role of ectopic lipids in the metabolic syndrome. **Endocrinology**, Washington, v.144, n. 12, p. 5159–5165, 2003.

VAZ, R. Z.; LOBATO, J. F. P. Efeito da idade de desmame no desempenho reprodutivo de novilhas de corte expostas à reprodução aos 13/15 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, n.1, p.142-150, 2010.

WANG, Z. et al. Test duration for growth, feed intake, and feed efficiency in beef cattle using the Grow Safe System. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 9, p. 2289-2298, 2006.

WEBB, R; CAMPBELL, B. K. Development of the dominant follicle: mechanisms of selection and maintenance of oocyte quality. **Society of Reproduction and Fertility Supplement**, Nottingham, v.4, p.141-163, 2007.

WILLIAMS, G. L. et al. Leptin and its role in the central regulation of reproduction in cattle. **Domestic Animal Endocrinology**, Auburn, v.23, n. 1-2, p. 339-349, 2002.

WILTBANK, M.C.; GUMEN, A.; SARTORI, R. Physiological classification of anovulatory conditions in cattle. **Theriogenology**, New York, v.57, n.1, p.21-52, 2002.

WRIGTH, A. D. **Evaluating Residual Feed Intake in Replacement Heifer Calves for Correlation with Breed and Sire**. 2014. 41 f. Dissertação (Mestrado) - Department Of Animal Science, University of Arizona, Arizona, 2014.

ZIEBA, D.A; AMSTALDEN, M.; WILLIAMS, G.M. Regulatory roles of leptin in reproduction and metabolism: a comparative review. **Domestic Animal Endocrinology**, Auburn, v. 29, n. 1, p. 166-85, 2005.

VITTA

Carolina Silveira da Silva, filha de Pedro Joel Silva da Silva e Angela Mari Silveira da Silva, nasceu em Porto Alegre/RS, no dia 27 de março de 1991. cursou o ensino fundamental na Escola Estadual Setembrina e o ensino médio no Instituto de Educação Marista Nossa Senhora das Graças. Em 2010, ingressou no curso de graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), e concluiu o curso em dezembro de 2015. Em 2017, ingressou no curso de Mestrado junto ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), na área de concentração Produção Animal, com bolsa CAPES. Foi submetida à banca examinadora de defesa de dissertação em março de 2019.