

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Milena Alves da Silva

**EFEITO DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL SOBRE A FERTILIDADE DE
TOUROS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE**

Diamantina
2022

Milena Alves da Silva

**EFEITO DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL SOBRE A FERTILIDADE
DE TOUROS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Jeanne Broch Siqueira

**Diamantina
2022**

Catálogo na fonte - Sisbi/UFVJM

D111e da Silva, Milena Alves
2022 da "EFEITO DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL SOBRE A
FERTILIDADE DE TOUROS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA E META-
ANÁLISE". [manuscrito] / Milena Alves da Silva. -- Diamantina,
2022.

59 p. : il.

Orientadora: Prof.^a Jeanne Broch Siqueira .

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -- Universidade Federal
dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia, Diamantina, 2022.

1. Eficiência alimentar em touros. 2. Fertilidade em
touros. 3. Revisão sistemática. 4. Meta-análise. 5. Consumo
alimentar residual. I. Siqueira , Jeanne Broch. II.
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. III.
Título.

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

Este produto é resultado do trabalho conjunto entre o bibliotecário Rodrigo Martins
Cruz/CRB6-2886

e a equipe do setor Portal/Diretoria de Comunicação Social da UFVJM



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

MILENA ALVES DA SILVA

EFEITO DO CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL SOBRE A FERTILIDADE DE TOUROS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em ZOOTECNIA da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, nível de MESTRADO, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA

Orientadora: Jeanne Broch Siqueira

Data de aprovação 13/05/2022

Documento assinado digitalmente
gov.br JEANNE BROCH SIQUEIRA
Data: 17/05/2022 13:06:09-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof.^a Dr.^a Jeanne Broch Siqueira - UFVJM

Documento assinado digitalmente
gov.br ADALFREDO ROCHA LOBO JUNIOR
Data: 17/05/2022 23:46:40-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Adalberto Rocha Lobo Júnior - UFVJM

Documento assinado digitalmente
gov.br Cláudia Braga Pereira Bento
Data: 17/05/2022 13:58:05-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof.^a Dr.^a Cláudia Braga Pereira Bento - UFVJM

Documento assinado digitalmente
gov.br LUDMILA COUTO GOMES PASSETTI
Data: 18/05/2022 09:38:42-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof.^a Dr.^a Ludmila Couto Gomes Passetti - UFVJM

DIAMANTINA - MG

2022

Ao meu marido Bruno Mikael, minha filha Stella Maria, minha irmã, minha mãe e meus sogros. A minha amiga Ana Paula, todos os meus amigos e todos que disseram que seria possível.

A minha avó Belcholina e meu avô José Olímpio. Dedico.

*“Que não se perturbe o seu rosto, nem seu coração..., não fiques aflito, **não estou eu aqui, que sou sua mãe?** Você não está debaixo da minha sombra e sob o meu cuidado? Não sou eu a fonte da sua alegria?*

Nossa senhora de Guadalupe a São Juan Diego – 09/12/1531

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, Senhor que dá a vida e se encarnou por nós, a Virgem Santíssima Nossa Senhora sobre o título de Nossa Senhora de Fátima, a meu anjo da guarda, Santa Terezinha e São Padre Pio.

Agradeço em especial a minha orientadora a Professora Jeane Broch que aceitou as adversidades do meu processo de mestrado, me ajudou a enfrentar a maternidade e o medo do Covid – 19, graças a ela, que se tornou caríssima a meu coração cheguei aqui. Ao professor Jenevaldo e a professora Cláudia e ao professor Adalfredo, que tão prontamente nos auxiliaram na elaboração deste estudo.

A meus afilhados, Alisson, Victor, Eloisa, Lucas, Francisco, Thamirys e Theo eu amo muito vocês e sou grata a Deus por cada um.

Ao meu terapeuta, Tainã que foi e sempre será um raio de luz na escuridão. Agradeço a meus amigos, em especial meu compadre Wilson Júnior, meus primos e familiares que foram a força para não desistir. A Tia Lena e Dona Conceição por sua força e intercessão.

A minha avó Belcholina que é o sustenho e o esteio da minha família e a meu avô José Olímpio que nos ensinou que as adversidades são sustentadas pelo amor que só encontramos na família.

A toda a equipe do Laboratório Municipal de Unaí, pelo apoio.

A meu marido e minha filha, agradeço por existirem e me escolherem a cada dia, vocês são tudo que importa.

Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

RESUMO

O consumo de ração residual (CAR) é uma medida avaliativa de eficiência alimentar, onde animais CAR negativos são considerados eficientes, enquanto animais CAR positivos, são ineficientes. O objetivo desta revisão sistemática foi selecionar artigos recentes que demonstrassem o efeito do CAR sobre características de fertilidade em touros, para posteriormente através do estudo de meta-análise averiguar a há ou não concordância entre o CAR e a fertilidade, na maioria dos estudos avaliados. Para tal foi realizada busca na plataforma *Scopus*, utilizando uma associação entre termos relacionados a espécie, ao CAR e a eficiência alimentar e a fertilidade de machos, intercalados pelos operadores booleanos OR e AND, onde foram selecionadas publicações do tipo artigo, nos idiomas português e/ou inglês, que possuísem ao menos um termo de cada grupo (espécie, eficiência alimentar/CAR, reprodução) no título, abstract e ou palavras-chave, que tratassem exclusivamente de machos, tivessem análises de variáveis semelhantes e que através de dados numéricos estabelecessem uma correlação entre o CAR e a fertilidade. A circunferência escrotal, motilidade espermática progressiva, viabilidade espermática, anormalidades de parte mediana e a intensidade de pixels, apresentaram valores superiores em animais considerados ineficientes para CAR, já as anormalidades de partes proximais foram melhores avaliadas em animais eficientes para CAR. A motilidade espermática, quantidade de espermatozoides normais, volume dos testículos, concentração do sêmen, anormalidade de cabeça, termografia da parte proximal do escroto e a termografia da parte distal do escroto não apresentaram diferença entre animais CAR eficientes e ineficientes. A heterogeneidade presente nas variáveis CAR e ME, e foi avaliada por meta-regressão e análise de subgrupos, onde a heterogeneidade pode ser explicada pela diversidade dos padrões raciais tanto quanto pela idade dos animais e consequente maturidade reprodutiva. Pode-se concluir que para algumas avaliações reprodutivas (circunferência escrotal, motilidade espermática progressiva, viabilidade espermática, anormalidades de parte mediana e a intensidade de pixels) os animais eficientes apresentam taxas inferiores se comparados aos animais ineficientes, e na grande maioria dos aspectos observados não houve disparidade entre os grupos analisados, o que demonstra a necessidade de estudos subsequentes para analisar o efeito da seleção de CAR sobre a fertilidade .

Palavras-chave: circunferência escrotal, eficiência alimentar, macho bovino, qualidade de sêmen

ABSTRACT

Residual feed intake (RIF) is an evaluative measure of feed efficiency, where negative RIF animals are considered efficient, while positive RIF animals are considered inefficient. The objective of this systematic review was to select recent articles that demonstrated the effect of the RIF on fertility characteristics in bulls, and then, through meta-analysis, to investigate whether or not there is agreement between the RIF and fertility in most of the studies evaluated. To this end, a search was conducted on the *Scopus platform*, using an association between terms related to species, RIF and feed efficiency and male fertility, interleaved by the Boolean operators OR and AND, where publications of the article type were selected, in Portuguese and/or English, that had at least one term of each group (species, feed efficiency/RIF, reproduction) in the title, abstract and/or keywords, that dealt exclusively with males, had similar variable analysis and that through numerical data established a correlation between the RIF and fertility. The scrotal circumference, progressive sperm motility, sperm viability, median part abnormalities and the pixel intensity showed higher values in animals considered inefficient for RIF, while the proximal part abnormalities were better evaluated in animals efficient for RIF. Sperm motility, amount of normal spermatozoa, testicle volume, semen concentration, head abnormality, proximal scrotum thermography and distal scrotum thermography showed no difference between efficient and inefficient RIF animals. The heterogeneity present in RIF and sperm motility variables was evaluated by meta-regression and subgroup analysis, where the heterogeneity can be explained by the diversity of racial patterns as well as by the age of the animals and consequent reproductive maturity. It can be concluded that for some reproductive evaluations (scrotal circumference, progressive sperm motility, sperm viability, median part abnormalities and pixel intensity) the efficient animals present lower rates if compared to the inefficient animals, and in the great majority of the observed aspects there was no disparity between the analyzed groups, which demonstrates the need for further studies to analyze to analyze the effect of RIF selection on fertility .

Keywords: scrotal circumference, feed efficiency, bovine male, semen quality

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Diagrama das informações obtidas nas diferentes etapas de revisão sistemática, influenciando o número de artigos obtidos e excluídos em cada uma das fases, adaptado das diretrizes do PRISMA (MOHER *et al.*, 2009; GALVÃO, PANSANI, HARRAD, 2015).....32
- Figura 2** – Análise de subgrupo para investigação da heterogeneidade causada pelo efeito da composição racial sobre o consumo alimentar residual (CAR) em bovinos de corte de alta e baixa.....45
- Figura 3** - Análise de subgrupo para investigação da heterogeneidade causada pelo efeito da população sobre o consumo alimentar residual (CAR) em bovinos de corte de alta e baixa eficiência alimentar. DM: diferença média; IC: intervalo de confiança.....46
- Figura 4.** Análise de subgrupo para investigação da heterogeneidade causada pelo efeito da população sobre a motilidade do espermatozoide (ME) em bovinos de corte de alta e baixa eficiência alimentar. DM: diferença média; IC: intervalo de confiança.....46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Critérios e palavras-chave empregados na base de dados <i>Scopus</i> para a revisão sistemática.....	299
Tabela 2 : Relação dos artigos analisados, variáveis categóricas, variáveis resposta e número de estudos obtidos	30
Tabela 3: Variáveis dependentes e independentes empregadas na extração dos dados	33
Tabela 4 - Distribuição de frequência dos estudos selecionados na revisão de literatura sistemática para a meta-análise de acordo com as covariáveis categóricas.....	35
Tabela 5. Análise descritiva dos estudos selecionados na revisão de literatura sistemática para a meta-análise de acordo com as covariáveis contínuas e variáveis respostas para avaliação de bovinos de corte de alta (-CAR, “tratados”) e baixa (+CAR, “controle”) eficiência alimentar	37
Tabela 6. Meta-análise para avaliar os efeitos sobre características de produção e reprodução de bovinos de corte com alta e baixa eficiência alimentar	40
Tabela 7. Inferência sobre múltiplos modelos através de estatísticas que computam a importância dos preditores (covariáveis) para seleção do melhor modelo a ser usado na análise de meta-regressão	42
Tabela 8. Análise de meta-regressão para investigação da heterogeneidade encontrada durante a meta-análise nas variáveis de produção e reprodução de bovinos de corte com alta e baixa eficiência alimentar	43

LISTA DE SIGLAS

CAR: Consumo Alimentar Residual
DM: Desvio Médio
CE: circunferência escrotal;
ME: motilidade do espermatozoide;
MPE: motilidade progressiva do espermatozoide;
EN: espermatozoides normais;
VE: viabilidade do espermatozoide;
VT: volume do testículo;
CS: concentração do sêmen;
AC: anormalidades da cabeça;
APM: anormalidades da parte mediana;
IPMAX: intensidade de pixel máxima;
TPPE: termografia da parte proximal do escroto;
TPDE: termografia da parte distal do escroto
CA: Conversão alimentar
IMS: ingestão de matéria seca diária
GPD: ganho de peso diário
EAB: eficiência alimentar bruta
BR: Britânico
CONT: Continental

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	21
2 REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 Medidas de eficiência alimentar.....	23
2.1.1 <i>Consumo alimentar residual</i>	23
2.1.2.1 <i>Determinação do CAR</i>	24
2.1.2.1.1 <i>Sistemas de automação</i>	26
2.1.2.1.2 <i>Componentes fisiológicos para a análise de CAR</i>	27
2.1.2.1.3 <i>Parâmetros de fertilidade no macho bovino</i>	27
3 METODOLOGIA	29
3.1 Revisão sistemática e Triagem dos artigos	29
3.1.1 <i>Extração de dados</i>	33
3.1.2.1 <i>Análise estatística</i>	34
4 RESULTADOS	35
4.1 Revisão sistemática	35
4.2 Meta-análise	39
4.2.1 <i>Meta-análise de estudos em bovinos de corte com alta e baixa eficiência alimentar</i> ..	39
4.2.1.1 <i>Meta-regressão</i>	42
4.2.1.1.1 <i>Análise de subgrupo</i>	44
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
7 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	53

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui o segundo maior rebanho bovino do mundo, aproximadamente te 214,7 milhões de cabeças, é o primeiro país em exportação de carne bovina e o segundo maior em produção de carne (IBGE,2019). A bovinocultura tem um importante papel na economia brasileira, e este setor está em constante evolução em nosso país, tanto do ponto de vista de gestão como de manejo, onde a cada dia temos mais capacitação dos profissionais envolvidos, o que se faz necessário para atender as exigências de bem-estar animal e produção segura de alimentos (GOMES et al., 2017; SENAR, 2018, BRANCALION e DORIGAN, 2021). Dados da ABIEC (2022), afirmam que a bovinocultura de corte representou 8,5% do PIB brasileiro, sendo a carne de consumo interno e exportação os principais produtos desta cadeia.

Diante deste cenário, seria fundamental aumentar a produtividade e lucratividade deste setor. Uma das maneiras para isto acontecer, seria por meio da seleção de bovinos mais eficientes para consumo alimentar, resultando em menores impactos ao meio ambiente (FREITAS, 2020) e menores taxas de metano entérico (BASARAB et al., 2013). Animais que aproveitam de maneira mais eficiente o alimento, contribuem para a sustentabilidade e diminuição dos custos da produção (ARTHUR e HERD, 2008).

O peso corporal do animal ao abate e a sua eficiência reprodutiva são os componentes determinantes para seu valor comercial. Cerca de 70 a 75% do custo envolvido na produção animal, se origina dos gastos com alimentação (LIU et al., 2000), o que tem influência significativa sobre a lucratividade da atividade. Por isso, a conversão alimentar (CA), razão entre a ingestão de matéria seca diária (IMS) e o ganho de peso diário (GPD), ou a eficiência alimentar bruta (EAB) definida pela razão entre GPD e IMS, são as medidas de eficiência mais utilizadas na pecuária de corte (MORAES et al., 2016; FREITAS, 2020).

Tais medidas de eficiência levam em consideração os padrões de maturidade dos animais e relacionam-se diretamente com o peso à idade adulta e a taxa de crescimento, e, isto pode induzir a qualificação de animais maiores o que nem sempre cursa com real eficiência alimentar (ARCHER et al., 1999). Diante disso, Koch et al. (1963) desenvolveram o conceito do CAR (Consumo Alimentar Residual), que desconsidera a influencia o peso adulto o animal. O CAR se dá pela diferença da IMS observada e a IMS predita estimada em função do peso vivo médio metabólico e do ganho médio diário de peso (BASARAB et al., 2003).

Avaliando a medida CAR, verifica-se que os animais mais eficientes são aqueles que apresentam o consumo observado menor do que o consumo esperado, ou seja, os animais com CAR negativo. Deste modo, os animais com CAR positivo, aqueles que apresentam

consumo observado maior do que o consumo esperado, são classificados como menos eficientes (FREITAS, 2020).

Selecionar animais mais eficientes associando à eficiência reprodutiva dos animais poderia trazer mais ganho ao produtor. Entretanto, não há um consenso na literatura do impacto da seleção de touros com CAR negativos sobre a eficiência reprodutiva (ARTHUR et al. 2001, SCHENKEL et al.,2004, HAFLA et al.,2012, AWDA et al. 2013; WANG et al. 2012, MORAES et al., 2016)

Para tentar resolver a falta de consenso entre trabalhos sobre um mesmo tema, muitos pesquisadores têm usado uma ferramenta estatística bastante valiosa, após uma revisão de literatura sistemática, que é a meta-análise. Desta forma, o objetivo deste estudo foi encontrar uma tendência entre os trabalhos que avaliaram o impacto da seleção de touros com CAR negativos sobre a eficiência reprodutiva, através de uma revisão de literatura sistemática e meta-análise.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Medidas de eficiência alimentar

O melhoramento genético tem sido usado como parâmetro de seleção no processo produtivo como um todo objetivando maiores ganhos em lucratividade. O foco clássico que visa a produção a qualquer custo, vêm sendo substituído pela necessidade de encontrar animais que apresentem um menor consumo e uma mesma produção ou uma produção similar. Diante deste cenário, estudos recentes com animais de corte, demonstraram que essas diferenças individuais existem o que torna possível a seleção (KOCH et al., 1963).

O aproveitamento dos alimentos consumidos pelos animais envolve um complexo sistema de processos biológicos somados a vários fatores de interação com meio ambiente, além disto o consumo está fortemente correlacionado ao tamanho do corpo e o nível da produção empregada. Visando superar tais complexidades e correlacionar o consumo de ração para a eficiência dos sistemas de produção, foram implementadas várias medidas de avaliação de eficiência alimentar, que podem ser agrupadas em: eficiência bruta, eficiência parcial de crescimento, eficiência de manutenção, eficiência vaca/bezerro e o consumo de alimentar residual (CAR) (ARTHUR e HERD, 2008).

Quando classificamos novilhos de corte, sua eficiência é avaliada em relação a taxa de crescimento, e algumas das medidas comumente usadas são: eficiência parcial de crescimento, taxa de conversão alimentar e o CAR. A relação entre o fenótipo e o genótipo na maioria destas taxas de avaliação é alta, no entanto, existem divergências entre estas medidas de eficiência e outras características (ARTHUR e HERD, 2008) como por exemplo características de crescimento (ARTHUR et. al., 2001)

2.1.1 Consumo alimentar residual

O consumo de ração residual (CAR) é um indicador utilizado na linha de seleção, para eficiência alimentar. Ele, expressa a diferença entre uma ingestão real média e seu consumo estimado com base em uma equação de regressão entre o peso vivo metabólico e o ganho de peso (KOCH et al., 1963; CLARO, 2011).

O CAR tem como vantagem principal, em comparação as demais medidas de eficiência, o fato de ser uma variável que expressada fenotipicamente independentemente do tamanho e peso dos animais, e também por possuir uma herdabilidade moderada.

Adicionalmente, é um indicador que possibilita ganhos ambientais com a redução da emissão de gases do efeito estufa, pois animais que aproveitam melhor a alimentação, reduzem a produção de subprodutos da digestão e conseqüente menos gases poluentes (HERD et al., 1998).

Almeida et. al. (2004) ressaltam que, como qualquer outro indicador de eficiência, o CAR possui suas limitações. Entre eles, destacam-se o sistema de produção adotado na avaliação, pois ainda são necessárias mais pesquisas para poder afirmar com veracidade que a avaliação realizada em confinamento é eficiente para animais a pasto. Outra desvantagem seriam os custos com a determinação do consumo individual dos animais. Entretanto, segundo os autores, tais desvantagens seriam irrelevantes visto a possibilidade de disseminar o potencial genético de deficiência alimentar dos animais selecionados em relação ao CAR.

2.1.2.1 Determinação do CAR

Para uma seleção eficiente de animais em relação ao CAR deve-se definir qual será o cálculo empregado para estimar o CAR e definir os grupos contemporâneos (GC), utilizando então uma equação para cada GC individualmente e depois analisando o desempenho dos vários GC conjuntamente (CLARO, 2011).

A eficiência através do CAR, é definida avaliando-se o consumo de ração através de baias individuais ou coletivas em um período médio de 70 a 84 dias (precedido de um período de adaptação) (FONTOURA et al., 2016) onde se registram diariamente a quantidade de alimento fornecido, a quantidade de alimento recusado e o ganho médio diário (SAINZ et al., 2006).

O modelo inicial de avaliação do CAR foi proposto por Koch et al. (1963) e consiste em calcular o resíduo obtido através da diferença entre o consumo alimentar observado e o consumo predito, este é calculado através de equação de regressão linear com base no consumo de matéria seca (CMS, Kg/dia) em relação ao peso metabólico (PVM, Kg) e o ganho de peso diário (GPD, Kg/dia), a equação é demonstrada pelo seguinte modelo: $Y_i = \beta_0 + \beta_1 GMD + \beta_2 PVMM + \epsilon_i$; onde o Y_i representa consumo de matéria seca predito para o animal i , β_0 o intercepto da regressão, β_1 o coeficiente de regressão parcial sobre GMD e o β_2 , o coeficiente de regressão parcial sobre PVMM e ainda o ϵ_i demonstra o erro residual do consumo predito do animal i (LIMA, PEREIRA, RIBEIRO, 2013). Diante disto, os animais que apresentam valores negativos ou baixo CAR, são mais eficientes, pois consomem menor

quantidade de ração para um mesmo ganho de peso que os animais positivos ou com alto CAR. (KENNEDY et al., 1993; BASARAB et al., 2003; ARTHUR et al., 2001b; SAINZ et al., 2006).

A seleção de animais mais eficientes através do CAR, tem um impacto relevante no que diz respeito a economia (LASSEY, 2002; NKRUMAH et al., 2006; HEGARTY et al., 2007), visto que a alimentação corresponde a 70% do custo da produção animal (HERD et al., 2003). Ainda, animais mais eficientes também tem destaque sobre os impactos ambientais gerados pela fermentação entérica dos ruminantes no meio ambiente, sendo que animais selecionados para baixo CAR produzem menos metano, devido melhor aproveitamento da ingesta, o que têm alcançado uma redução nas emissões de 5 a 20% em relação a animais com alto CAR (LASSEY, 2002; NKRUMAH et al., 2006; HEGARTY et al., 2007).

Outras formas de calcular o CAR também são descritas na literatura: sendo o CARregressão, estimado através da regressão do consumo de matéria seca no peso metabólico e ganho de peso (ROBINSON; ODDY, 2004; LANCASTER et al., 2009), CARfenotípico e CARgenético, estimados com valores fenotípicos e genéticos a partir de componentes de variância e covariância, numa análise de múltiplas características do peso metabólico e ganho de peso (HERD; BISHOP, 2000; HOQUE; OIKAWA, 2004; HOQUE et al., 2006). Ainda há avaliações que levam em consideração ajustes em componentes corporais, energia metabolizável, equações de predição de consumo. Acredita-se que os diferentes modos de calcular o CAR produzem influências significativas sobre a avaliação e classificação dos animais (CLARO, 2011).

A utilização do CARfenotípico ou CARregressão se mostram eficientes na interpretação da variação de eficiência de produção mais ainda não é a melhor forma de seleção, pois a avaliação que leva em consideração multicaracterísticas dos componentes como o ganho médio diário e peso vivo metabólico (CAR genético) se mostra mais acurada acomodando diferentes modelos e dados perdidos (VAN DER WERF, 2004). Avaliando os efeitos dos diferentes cálculos de determinação de CAR Snelling et al. (2010) afirmam que os ajustes para componentes corporais e demais características não têm efeito sobre a herdabilidade do CAR.

O CAR apresenta um valor de herdabilidade moderado o que ressalta a importância de se explorar a variabilidade genética na identificação e seleção de animais com genótipo superior no que diz respeito ao uso de alimentos para a produção de carne (CLARO, 2011). Valores de herdabilidade de 0,18, 0,39 e 0,42 foram estimados por Robinson e Oddy (2004), Arthur et al. (2001a) e Nkrumah et al. (2007), respectivamente.

Nkrumah et al. (2007) estimaram a herdabilidade CAR em machos castrados provenientes de cruzamentos entre raças *Bos taurus*, chegando a um índice de $0,42 \pm 0,15$, este

achado afirma que o CAR apresenta uma considerável variabilidade genética, mesmo diante de genótipos e ambientes distintos. Estudos com animais Angus x Hereford, demonstraram diferenças de 15,3% no consumo de matéria seca (7,52 vs. 6,37 Kg. D-1 de MS) entre animais de baixo e alto CAR, em um estudo de 120 dias (CASTRO BULLE et al., 2006).

No Brasil, em pesquisa realizada por Branco et al. (2009), em animais machos da raça Nelore, com idade inicial de 211 dias, foram descritas diferenças fenotípicas entre animais baixo e alto CAR de 4% no consumo de matéria seca, onde animais baixo CAR consumiam menos que animais alto CAR. Em outro estudo, onde foram avaliados 75 novilhos com média de 18 meses de idade, animais com baixo CAR tiveram consumo de 20% menos que animais de alto CAR (FARJALLA, 2009). Del Claro et al. (2010), registraram diferença de 12% no consumo dos animais CAR negativo em relação aos animais CAR positivos, em estudo realizado com 60 machos com média de idade de 309 dias, em uma avaliação de 70 dias, demonstrando a eficiência alimentar dos animais CAR negativo.

Diante disto, verifica-se que a seleção de animais eficientes para CAR, pode resultar em progênie que consomem menos alimento, porém que não apresentam efeitos negativos sobre seu desempenho; todavia é necessário avaliar a relação do CAR com as demais características de importância para a produtividade do rebanho (CLARO, 2011).

2.1.2.1.1 Sistemas de automação

Obter o consumo alimentar residual não configura uma tarefa fácil, e a mensuração manual desta informação se faz impossível quando os animais estão dispostos em sistemas que utilizam baias coletivas, isto porque é necessário que se pese a quantidade fornecida de alimento e as sobras deixadas no cocho por cada animal, para só assim se obter registros confiáveis de consumo. Para tal, uma análise precisa se faz necessário o uso de baias individuais (CROZARA, 2018)

Diante disto para uma averiguação precisa do consumo alimentar residual se fazem necessários o uso de equipamentos automatizados como o GrowSafe System® (GrowSafe Systems LTD., Airdrie, Alberta, Canadá), Intergado® (INTERGADO LTD., CONTAGEM, MINAS GERAIS, BRASIL) e o sistema In sentec Roughage Intake Control (Insentec BV, MARKNESSE, HOLANDA; validado por CHAPINAL et al., 2007), Estes equipamentos, apesar do alto custo de obtenção, são capazes de registrar o consumo e o comportamento alimentar dos animais a cada visita realizada ao cocho, exigindo assim uma menor mão de obra, e um número maior de animais avaliados por teste. (HUZZEY et al., 2014; CROZARA, 2018).

Para o funcionamento destes sistemas automatizados, cada animal é identificado com um bóton eletrônico e quando o mesmo se aproxima do cocho um leitor de frequência capta o sinal do bóton e transfere a informação de qual animal está se alimentando naquele momento, enviando a informação para o banco de dados do sistema. Ao mesmo tempo, as células eletrônicas de captação que estão instaladas sobre os cochos registram a quantidade de alimento que havia no cocho antes e após a saída do animal, assim por diferença é possível mensurar a quantidade de consumo (CROZARA, 2018; HUZZEY et al., 2014).

2.1.2.1.2 Componentes fisiológicos para a análise de CAR

Estudos comprovam que existem componentes fisiológicos e metabólicos associados a expressão da característica CAR, estes processos contribuem para a variação observada entre os animais classificados entre eficientes e não eficientes (CAR negativos e CAR positivos), sendo os cinco principais: o consumo de alimentos, digestão dos alimentos, metabolismo associado a processos de anabolismo e catabolismo além da variação na composição corporal, atividade física e fatores de termorregulação (HERD e ARTHUR, 2009).

Um exemplo é a produção de calor, animais CAR negativos, utilizam menos energia para a realização de processos fisiológicos de manutenção, o que produz uma sobra energética, que é destinada aos tecidos. (CASTRO BULLE et al., 2006). As divergências entre o uso da energia metabolizável em gado com divergências de eficiência alimentar influenciam diretamente no tempo de maturidade sexual (KOLATH et al., 2006; PRUITT, 1980).

2.1.2.1.3 Parâmetros de fertilidade no macho bovino

O consumo alimentar residual, como vimos anteriormente, é uma medida eficaz e com herdabilidade considerável, o que torna uma característica elegível nos programas de melhoramento animal, no entanto é preciso correlacionar tais medidas com as demais características importantes para maior produtividade, dentre estas, destacam-se as características de fertilidade. A fertilidade tem grande impacto na produtividade brasileira (KRIECK, 2019).

A ANUALPEC em 2017, estimou uma proporção de 1:25 touros por matrizes, ou seja, a cada 1 reprodutor deve cobrir 25 fêmeas, para tal seria necessário a produção de aproximadamente 501 touros para suprir a demanda, levando em consideração uma vida útil de 5 anos por animal. Essa grande necessidade de reprodutores faz que animais não classificados

muitas vezes para eficiência alimentar e até mesmo eficiência reprodutiva, sejam inseridos nos rebanhos. O que ressalta a necessidade de combinar as duas avaliações, para maior produtividade.

A maturidade sexual e fertilidade em touros podem ser mensuradas através das medidas de circunferência escrotal, avaliação da produção diária de espermatozoides, a qualidade do sêmen (motilidade espermática progressiva e morfologia espermática), e parâmetros histológicos testiculares (BARTH e OMINSKI, 2000; WALKER., 1982; MARTIG e ALQUIMIST, 1969; ABDEL-RAOUF, 1961). Ainda, também podem ser empregadas técnicas não invasivas como as tecnologias de imagem termográficas que avaliam os padrões térmicos do escroto relacionado a fertilidade visto que a temperatura escrotal está intimamente relacionada a produção e qualidade dos espermatozoides (COULTER, 1988; CASTELIC, 2014), e a ultrassonografia testicular que avalia a ecogenicidade respectiva a intensidade de pixels, esta representa a maturidade espermática (AHMAD, 2011; EVANS, 1996).

A eficiência alimentar e a fertilidade variam de acordo com a idade dos animais, sendo assim touros mais jovens avaliados na fase de desenvolvimento sexual podem apresentar diferenças significativas tanto na eficiência alimentar como reprodutiva como por exemplo na biometria testicular, qualidade de sêmen, termografia do escroto, ultrassonografia e histomorfometria (OWENS et al., 1993; COE, 1999).

Existem estudos que classificam as características e desempenho alimentar como sendo antagônicas a eficiência reprodutiva (SHAFFER et al., 2011). Arthur et al., (2001), Schenkel et al., (2004) e Hafla et al., (2012), afirmam que o CAR não é fenotipicamente associado ao perímetro escrotal ou a motilidade dos espermatozoides. Awda et al. (2013) divergem ao observar que touros jovens com alto CAR apresentaram menores índices de motilidade espermática e de perímetro escrotal, quando em relação a animais baixo CAR. Wang et al., (2012) observaram que houve uma proporção maior de animais que não alcançaram o índice mínimo de 60% de motilidade espermática entre animais baixo CAR do em animais alto CAR.

Tais evidencias levaram Hafla et al., (2012) a classificar o CAR como desfavorável a morfologia espermática em touros jovens. Ajustando a avaliação de CAR para espessura de gordura a morfologia espermática ainda é desfavorável. Diante disto o CAR tem potencial para um alcance maior de lucratividade na produção animal porem, pesquisas se fazem necessárias para explorar sua associação com a fertilidade dos animais selecionados.

3 METODOLOGIA

3.1 Revisão sistemática e Triagem dos artigos

Neste estudo, uma revisão sistemática de artigos científicos foi realizada com o objetivo de identificar ou não uma relação entre o CAR, positivo e negativo, e características sexuais de machos bovinos com aptidão para corte. O relatório para revisões sistemáticas e meta-análise PRISMA (MOHER et al., 2009; GALVÃO, PANSANI, HARRAD, 2015) foi utilizado como base para a confecção do presente estudo.

Para a definição dos critérios e palavras-chave foram considerados os seguintes termos: a) termos relacionados a espécie ou grupo de animais; b) termos relacionados a eficiência alimentar e ao CAR; c) termos relacionados as características reprodutivas dos machos (Tabela 1).

Tabela 1: Critérios e palavras-chave empregados na base de dados *Scopus* para a revisão sistemática.

Espécie ou grupo animal	Termos relacionados a eficiência alimentar e ao CAR	Termos ligados a características reprodutivas
<i>Bovine</i>	<i>Residual feed intake</i>	<i>Semen quality</i>
<i>Bull</i>	<i>feed efficiency</i>	<i>Testis histology</i>
<i>Calf</i>		<i>Testis ultrasonography</i>
		<i>Scrotal circumference</i>
		<i>reproductive precocity</i>
		<i>Sperm motility</i>
		<i>Sperm morphology</i>

Os termos e palavras chaves foram adicionados ao sistema de busca da base de dados *Scopus* no idioma inglês. Foi estabelecida a seguinte combinação: *bovine* OR *bull* OR *calf* AND "*residual feed intake*" OR "*feed efficiency*" AND "*semen quality*" OR "*testis histology*" OR "*testis ultrasonography*" OR "*scrotal circumference*" OR "*sperm motility*" OR "*sperm morphology*".

Ao utilizar a combinação de palavras-chave, a busca sistemática encontrou um total de 312 resultados. Destes, durante o processo de triagem, 291 estudos foram excluídos devido as seguintes limitações: a) não possuem um dos termos de busca de cada grupo no título, palavras – chave e resumo, o que resultou em 21 artigos dos quais foi lido o resumo; b) destes

01 artigos foi excluído por não estar em português e/ou inglês e c) 01 por ser uma publicação do tipo revisão de literatura e meta- análises, resultando em 19 artigos.

Posteriormente, foi realizada a leitura integral dos 19 artigos e destes foram excluídos: 7 artigos por não estabelecerem a correlação esperada entre o CAR e os parâmetros reprodutivos; 2 artigos que exploravam características reprodutivas de fêmeas; 1 artigo que não possuía dados tabuláveis e; 3 artigos por não possuírem dados replicáveis em estudos, impossibilitando análise estatística.

Por fim foram selecionadas 6 publicações nesta meta-análise. As características avaliadas em cada um dos artigos selecionados estão relacionadas na Tabela 3. Foram classificados para cada artigo incluído na meta – análise o nome do autor, o número de animais utilizados no estudo, a composição racial dos animais utilizados, o sistema de automação utilizado para a mensuração do consumo residual dos animais durante a fase de teste CAR, o tipo de avaliação, se realizada no próprio touro ou em sua matriz, e quais as variáveis extraídas de cada artigo.

Tabela 2 - Relação dos artigos analisados, variáveis categóricas, variáveis resposta e número de estudos obtidos

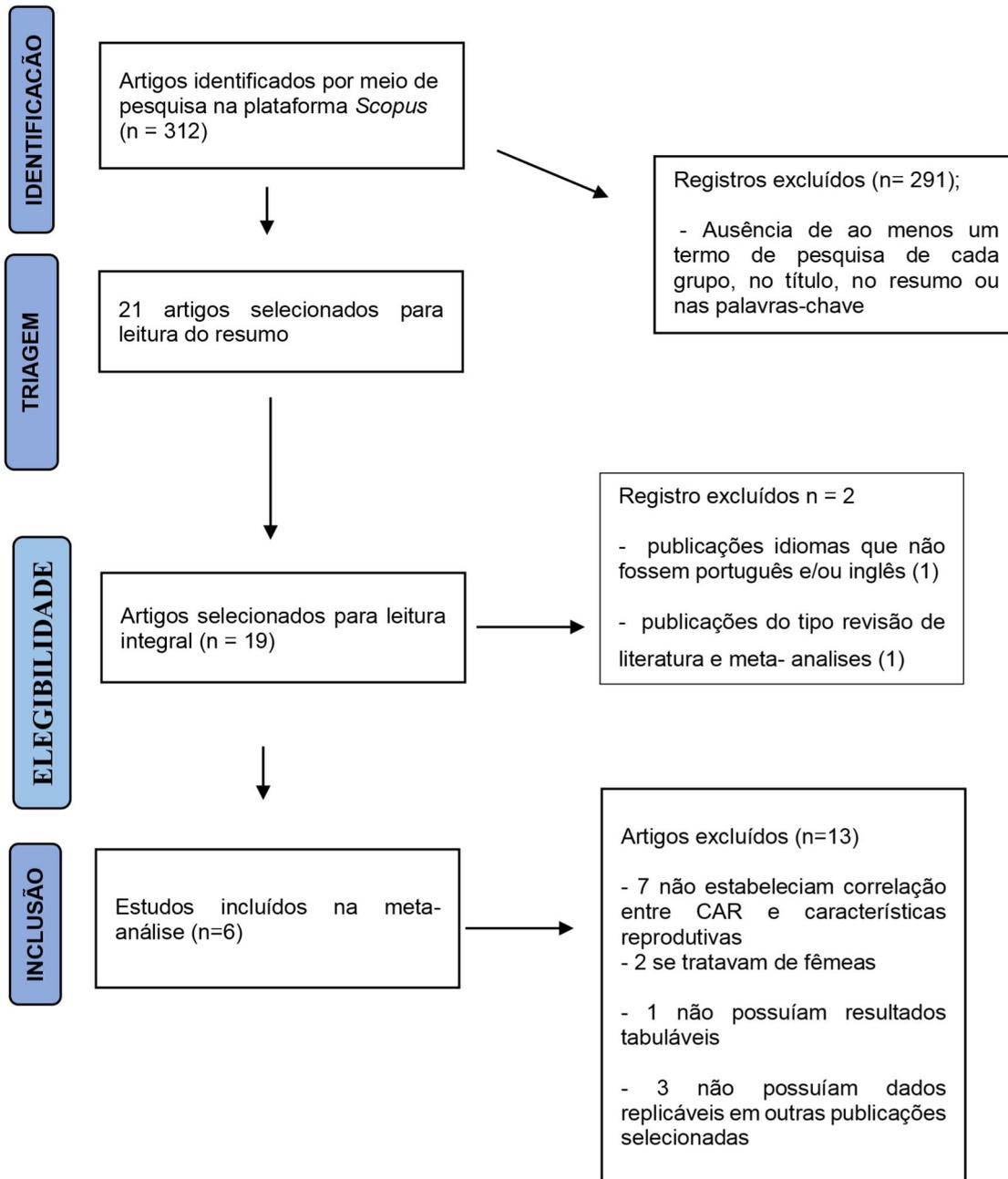
AUTOR	ANIMAIS (n)	RAÇA	SISTEMA	AValiação CAR	VARIÁVEIS RESPOSTA
Hafl et al. (2012)	112	Taurino × Zebu	GrowSafe	Próprio touro	CAR, Peso Corporal, CE, ME, EM
Wang et al. (2012)	178	Cruzamento terminal	GrowSafe	Próprio touro	Peso Corporal, CE,
Awda et al. (2013)	260	Taurino (Britânico + Continental)	Insentec	Próprio touro	CAR, Peso Corporal, CE, ME, MPE, VE,
Fontoura et al. (2016)	96	Taurino (Britânico + Continental)	Insentec	Próprio touro	CAR, Peso Corporal, CE, ME, EN, MPE, VT, CS, AC, APM, IPMAX, TPPE, TPPDE
Bourgon et al. (2018)	158	Taurino (Britânico + Continental)	GrowSafe e Insentec	Próprio touro	CAR, Peso Corporal, CE, ME, EN, MPE, CS, AC, APM, IPMAX, TPPE, TPPDE

Johnson et al. (2019)	100	Taurino (Britânico)	x	GrowSafe	Mãe do touro	MPE, EN, VE, VT
------------------------------	-----	---------------------	---	----------	--------------	-----------------

CAR: consumo alimentar residual; CE: circunferência escrotal; ME: motilidade do espermatozoide; MPE: motilidade progressiva do espermatozoide; EN: espermatozoides normais; VE: viabilidade do espermatozoide; VT: volume do testículo; CS: concentração do sêmen; AC: anormalidades da cabeça; APM: anormalidades da parte mediana; IPMAX: intensidade de pixel máxima; TPPE: termografia da parte proximal do escroto; TPDE: termografia da parte distal do escroto

O modelo a ser utilizado na meta-análise foi determinado através da existência de heterogeneidade entre os estudos. Assim, quando não houve heterogeneidade ($I^2 = 0$; $P > 0,05$) ou quando houve baixa heterogeneidade ($I^2 \leq 25\%$; $P > 0,05$) entre os estudos, estes foram avaliados utilizando os modelos de efeito fixo. Porém, quando os estudos apresentavam média ($I^2 \geq 50\%$; $P \leq 0,05$) ou alta heterogeneidade ($I^2 \geq 75\%$; $P \leq 0,05$) foram avaliados através dos modelos de efeito aleatório (Tabela 6). Assim, observa-se que a variável de produção CAR e a variável de reprodução ME apresentaram alta e média heterogeneidade, respectivamente (Tabela 6).

Figura 1 - Diagrama das informações obtidas nas diferentes etapas de revisão sistemática, influenciando o número de artigos obtidos e excluídos em cada uma das fases, adaptado das diretrizes do PRISMA (MOHER *et al.*, 2009; GALVÃO, PANSANI, HARRAD, 2015).



3.1.1 Extração de dados

Os dados contidos nos estudos selecionados foram extraídos e tabulados em uma planilha de Excel. Para a realização da meta-análise, foram identificadas as variáveis independentes e dependentes, como disposto na Tabela 2. Os dados dos animais CAR positivos (ineficientes) foram considerados como grupo Controle e os dados dos animais CAR negativos (eficientes) foram considerados como grupo Tratado.

Os estudos foram categorizados de acordo com autor e ano de publicação. A raça, idade do animal (meses), peso vivo (kg) modelo de análise CAR (levando ou não em consideração características de carcaça), Tipo de teste CAR, modelo animal, raça, matéria seca (%), proteína bruta na dieta (%), nutrientes digestíveis na dieta (%), população, sistema e idade inicial para a mensuração da Circunferência escrotal, foram as variáveis independentes, enquanto que CAR, circunferência escrotal (CE), motilidade espermática (ME), motilidade espermática progressiva (MPE), espermatozoides normais, viabilidade espermática, volume testicular, concentração de sêmen, anormalidade de cabeça, peça intermediária e cauda, gotículas (gota proximal), intensidade máxima e mínima de pixels, e termografia de área proximal e distal do testículo foram as variáveis dependentes.

Tabela 3: Variáveis dependentes e independentes empregadas na extração dos dados

Variáveis Independentes	Variáveis dependentes
Teste CAR	CAR
Modelo	Peso, (kg)
Raças	Circunferência escrotal, (cm)
Matéria seca da dieta, (%)	Motilidade do espermatozoide (%)
Proteína bruta da dieta,(%)	Motilidade progressiva do espermatozoide (%)
Nutrientes digestíveis da dieta, (%)	Espermatozoides normais (%)
População	Viabilidade do espermatozoide (%)
Sistema	Volume do testículo (mL)
Idade inicial da mensuração da Circunferência escrotal,(meses)	Concentração do sêmen (milhão/mL)
	Anormalidades da cabeça (%)
	Anormalidades da parte mediana (%)
	Anormalidades da cauda (%)
	Gota proximal (%)
	Intensidade de pixel mínima (pixels)
	Intensidade de pixel máxima (pixels)
	Termografia da parte proximal do escroto (°C)
	Termografia da parte distal do escroto (°C)

3. 1.2.1 *Análise estatística*

A meta-análise foi conduzida usando o programa estatístico R (pacote Metafor, versão 3.4.2). A avaliação dos animais de alta (-CAR, “tratados”) e baixa (+CAR, “controle”) eficiência alimentar sobre características de produção e reprodução foi conduzida usando modelos de efeitos fixos ou aleatórios, dependendo da heterogeneidade encontrada ao examinar a diferença média (DM) entre os resultados obtidos com animais -CAR e +CAR (medida de efeito). As médias dos tratamentos foram ponderadas usando o método de variância inversa de acordo com o método proposto por Der-Simonian & Laird (1986) para modelos com efeitos aleatórios.

A heterogeneidade do efeito de tratamento foi avaliada através do teste do Qui-quadrado (Q) e da estatística I^2 , a qual mede a porcentagem de variação devido a heterogeneidade (HIGGINS et al., 2002). O viés de publicação foi avaliado usando o teste de assimetria de Egger (EGGER et al., 1997). Por sua vez, a análise de meta-regressão foi realizada para identificar os efeitos das covariáveis (moderadores) categóricas e contínuas. Antes disto, a multicolineariedade entre as covariáveis contínuas foi testada por análise de correlação para evitar modelos excessivamente grandes e maior número de resultados falso-positivos. Modelos múltiplos foram testados e comparados usando o *Akaike Information Criterion* (AIC; AKAIKE, 1973). Assim, um modelo misto foi usado na análise de meta-regressão considerando a DM como variável dependente.

Os coeficientes de regressão das covariáveis foram testados usando o teste de Wald (HARBORD e HIGGINS, 2008) e a significância desses coeficientes foi confirmada por testes de permutação conduzidos com 1.000 iterações. Além disso, o R^2 ajustado foi usado para indicar a proporção de heterogeneidade explicada pelas covariáveis (HARBORD e HIGGINS, 2008; VIECHTBAUER, 2010). A análise de meta-regressão foi conduzida somente quando a heterogeneidade foi detectada. Aquelas covariáveis categóricas que contribuíram para explicar heterogeneidade foram avaliadas também através de análises de subgrupo.

4 RESULTADOS

4.1 Revisão sistemática

O número e a porcentagem de estudos foram apresentados na Tabela 4 de acordo com as covariáveis categóricas. A maior parte dos estudos, usados na meta-análise, avaliaram as características reprodutivas no próprio animal selecionado por CAR (72,22%), enquanto que a menor parte dos estudos avaliaram as características reprodutivas nas progênes das matrizes selecionadas por CAR (27,78%). Ainda, pode-se observar que a maioria dos estudos foram realizados em animais selecionados por CAR ajustado para espessura de gordura (61,11%) do que por CAR não ajustado (38,89%).

No que diz respeito a composição racial dos animais, nota-se que a maioria dos animais selecionados para CAR são Taurinos, mestiços Britânicos e Continentais (55,56%). Sobre os sistemas automatizados utilizados para avaliação do CAR, metade dos estudos utilizaram GrowSafe (50%) e a outra metade utilizaram Insentec (50%).

Tabela 4 - Distribuição de frequência dos estudos selecionados na revisão de literatura sistemática para a meta-análise de acordo com as covariáveis categóricas

Covariável categórica	Frequência		Frequência Acumulada	
	Absoluta (k)	Percentual (%)	Absoluta (k)	Percentual (%)
<i>Teste do CAR</i>				
Próprio touro	13	72,22	13	72,22
Mãe do touro	5	27,78	18	100,00
<i>Modelo^s</i>				
Não ajustado	7	38,89	7	38,89
Ajustado	11	61,11	18	100,00
<i>Composição racial</i>				
Taurino × Zebu	1	5,55	1	5,55
Cruz terminal	2	11,11	3	16,66
Taurino(Br + Cont)	10	55,56	13	72,22
Taurino (Br)	5	27,78	18	100,00
<i>População</i>				
Base	8	44,44	4	44,44
Selecionados	10	55,56	6	100,00
<i>Sistema automatizado</i>				
GrowSafe	9	50,00	9	50,00
Insentec	9	50,00	18	100,00

k: número de estudos; CAR: consumo alimentar residual; Br: Britânico; Cont: Continental; §: cálculo do CAR usando um modelo sem ajuste ou ajustado para características de carcaça.

As análises descritivas das covariáveis contínuas mostraram que o período médio do teste de CAR nos estudos usados na meta-análise foi de 96,4 dias e que, em média, 68,6% dos animais selecionados por CAR eram da raça Angus (Tabela 5). Também, observou-se que a média de idade dos animais no momento da mensuração da circunferência escrotal (ICE) nos estudos foi de 404,8 dias.

Análises descritivas das variáveis respostas de produção e reprodução também foram realizadas em função dos grupos comparados na meta-análise, que foram animais eficientes *versus* ineficientes (Tabela 5). De fora geral, observa-se médias de características reprodutivas superiores para animais com CAR positivo, indicando que a seleção de animais eficientes (CAR negativo) poderia resultar prejuízos nas características reprodutivas.

Tabela 5. Análise descritiva dos estudos selecionados na revisão de literatura sistemática para a meta-análise de acordo com as covariáveis contínuas e variáveis respostas para avaliação de bovinos de corte de alta (-CAR, “tratados”) e baixa (+CAR, “controle”) eficiência alimentar

Item	CAR	K	Média	DP	Mín.	Perc. 25	Perc. 50	Perc. 75	Máx.
<i>Covariável contínua</i>									
PE (dias)	---	18	96,4	18,25	74,0	74,0	112,0	112,0	112,0
ANG (%)	---	16	68,3	24,11	22,6	54,0	60,4	100,0	100,0
MS (%)	---	16	53,2	13,73	38,0	38,0	53,4	55,0	85,1
PB (%)	---	14	15,3	2,90	11,9	11,9	17,4	18,0	18,0
NDT (%)	---	15	78,3	8,48	67,5	67,5	83,7	85,6	86,5
ICE (dias)	---	18	404,8	43,73	330,0	377,0	405,5	417,0	517,0
<i>Variável resposta</i>									
<i>Produção</i>									
CAR (kg MS/dia)	+CAR	11	0,66	0,289	0,37	0,45	0,54	0,97	1,14
	-CAR	11	-0,64	0,259	-1,17	-0,92	-0,54	-0,45	-0,37
Peso corporal (kg)	+CAR	13	522,1	58,96	396,0	502,0	525,0	565,0	586,0
	-CAR	13	521,3	61,88	395,0	507,0	524,0	560,0	613,0
<i>Reprodução</i>									
CE (cm)	+CAR	14	36,0	2,72	27,6	36,0	36,8	37,5	38,3
	-CAR	14	35,1	3,00	25,2	34,6	36,1	36,6	36,8
ME (%)	+CAR	11	53,4	17,59	30,0	36,4	61,6	67,1	79,7
	-CAR	11	47,1	22,15	18,0	27,0	56,3	62,2	81,7
MPE (%)	+CAR	11	34,4	19,46	14,0	21,4	24,8	58,0	61,7
	-CAR	11	27,9	19,29	8,0	12,0	17,5	51,8	53,8
EN (%)	+CAR	10	70,6	5,07	63,4	65,5	72,0	73,7	77,2

VE (%)	-CAR	10	69,0	6,07	62,1	65,9	67,1	73,6	82,4
	+CAR	7	34,9	4,13	30,0	30,0	34,2	38,8	40,0
VT (%)	-CAR	7	30,6	8,92	19,0	25,0	28,0	41,0	43,8
	+CAR	5	385,0	115,31	325,2	329,1	331,1	348,8	590,6
CS (milhão/mL)	-CAR	5	370,0	101,91	322,0	322,3	324,3	329,0	552,2
	+CAR	4	314,3	23,23	295,0	298,0	307,5	330,5	347,0
AC (%)	-CAR	4	312,5	53,95	252,0	275,0	308,0	350,0	382,0
	+CAR	6	8,0	3,52	5,6	5,7	6,4	9,4	14,6
APM (%)	-CAR	6	7,6	4,47	4,8	5,4	5,9	7,4	16,6
	+CAR	6	8,7	2,36	6,3	7,0	8,1	10,1	12,7
IPMAX (pixels)	-CAR	6	9,6	2,86	6,8	7,1	9,0	12,1	13,6
	+CAR	6	195,5	3,79	189,0	193,4	196,7	198,1	199,0
TPPE (°C)	-CAR	6	185,1	5,70	175,5	184,3	184,7	189,7	192,0
	+CAR	6	32,8	0,60	31,7	32,7	32,9	33,1	33,5
TPDE (°C)	-CAR	6	32,7	1,04	30,6	32,6	33,1	33,3	33,3
	+CAR	6	24,4	1,97	21,3	24,0	24,3	25,1	27,4
	-CAR	6	24,3	1,71	21,5	24,1	24,3	25,0	26,8

k: número de estudos; DP: desvio padrão; Mín.: mínimo; Perc.: percentil; Máx.: máximo; PE: período de teste do consumo alimentar residual; ANG: porcentagem de animais da raça Angus participantes do teste do consumo alimentar residual; MS: porcentagem de matéria seca na dieta; PB: porcentagem de proteína bruta na dieta; NDT: porcentagem de nutrientes digestíveis totais na dieta; ICE: idade ao medir a circunferência escrotal; CAR: consumo alimentar residual; CE: circunferência escrotal; ME: motilidade do espermatozoide; MPE: motilidade progressiva do espermatozoide; EN: espermatozoides normais; VE: viabilidade do espermatozoide; VT: volume do testículo; CS: concentração do sêmen; AC: anormalidades da cabeça; APM: anormalidades da parte mediana; IPMAX: intensidade de pixel máxima; TPPE: termografia da parte proximal do escroto; TPDE: termografia da parte distal do escroto.

4.2 Meta-análise

4.2.1 Meta-análise de estudos em bovinos de corte com alta e baixa eficiência alimentar

O modelo (fixo ou aleatório) utilizado na meta-análise foi determinado através da existência ou não de heterogeneidade entre os estudos para cada variável resposta (Tabela 6). Assim, quando não houve heterogeneidade ($I^2 = 0$; $P > 0,05$) ou quando houve baixa heterogeneidade ($I^2 \leq 25\%$; $P > 0,05$) entre os estudos, estes foram avaliados utilizando os modelos de efeito fixo. Porém, quando os estudos apresentaram média ($I^2 \geq 50\%$; $P \leq 0,05$) ou alta heterogeneidade ($I^2 \geq 75\%$; $P \leq 0,05$), estes foram avaliados através dos modelos de efeito aleatório. Entre as variáveis respostas analisadas, observou-se que a variável de produção CAR e a variável de reprodução ME apresentaram alta e média heterogeneidade, respectivamente.

Ao analisar a medida de efeito (DM), foi possível observar nos estudos que o grupo de animais eficientes (CAR-) tem, em média, um CAR de 1,2914 menor ($P < 0,0001$) do que o grupo dos animais ineficientes (CAR+). No entanto, nenhum efeito de seleção de animais por CAR foi observado para a variável peso corporal (DM = -4,1182 kg; $P = 0,3071$).

Para as variáveis de reprodução, tais como CE (DM = -0,7320; $P < 0,0001$), MPE (DM = -3,6351; $P = 0,0010$), VE (DM = -3,6351; $P = 0,0300$), APM (DM = -0,5999; $P < 0,0001$) e IPMAX (DM = -8,0521; $P = 0,0013$), houve um efeito da seleção dos animais por CAR, em que o grupo de animais eficientes possuem valores inferiores quando comparado com o grupo de animais ineficientes (Tabela 6), indicando piora das características reprodutivas nos animais eficientes. Por outro lado, as variáveis reprodutivas ME (DM = -5,5139; $P = 0,0617$), EN (DM = -1,4453; $P = 0,4154$), VT (DM = -10,2399; $P = 0,4488$), CS (DM = +0,4375; $P = 0,9906$), AC (DM = -0,2520; $P = 0,6807$), TPPE (DM = -0,1746; $P = 0,4463$) e TPDE (DM = -0,1285; $P = 0,7032$) não diferiram ($P > 0,05$) entre o grupo de animais eficientes e ineficientes nos estudos avaliados (Tabela 6). De todas as variáveis avaliadas, observou-se um viés de publicação ($P < 0,05$) apenas para a variável MPE.

Tabela 6. Meta-análise para avaliar os efeitos sobre características de produção e reprodução de bovinos de corte com alta e baixa eficiência alimentar

Variável resposta	k	Modelo	Medida de efeito		Heterogeneidade		Valor de <i>P</i> Viés (<i>Egger</i>)
			DM (IC 95%)	Valor de <i>P</i>	<i>I</i> ² (%; IC 95%)	Valor de <i>P</i>	
<i>Produção</i>							
CAR (kg MS/dia)	11	Aleatório	-1,2914 (-1,6562; -0,9265)	<0,0001	95,7 (93,8; 97,0)	<0,0001	0,4691
Peso corporal (kg)	13	Fixo	-4,1182 (-12,0219; +3,7855)	0,3071	00,0 (00,0; 56,6)	0,9897	0,4746
<i>Reprodução</i>							
CE (cm)	14	Fixo	-0,7320 (-1,0959; -0,3682)	<0,0001	17,3 (00,0; 55,2)	0,2642	0,3617
ME (%)	11	Aleatório	-5,5139 (-11,3555; +0,3277)	0,0617	53,1 (07,0; 76,3)	0,0190	0,2394
MPE (%)	11	Fixo	-3,9734 (-6,3309; -1,6158)	0,0010	04,8 (00,0; 62,1)	0,3978	0,0269
EN (%)	10	Fixo	-1,4453 (-4,9237; +2,0331)	0,4154	00,6 (00,0; 62,6)	0,4326	0,5772
VE (%)	7	Fixo	-3,6351 (-6,9176; -0,3527)	0,0300	48,4 (00,0; 78,2)	0,0710	0,9051
VT (%)	5	Fixo	-10,2399 (-36,7387; +16,2589)	0,4488	00,0 (00,0; 79,2)	0,8971	0,1607
CS (milhão/mL)	4	Fixo	+0,4375 (-71,9763; +72,8513)	0,9906	00,0 (00,0; 84,7)	0,6001	0,9055
AC (%)	14	Fixo	-0,2520 (-1,4524; +0,9484)	0,6807	00,0 (00,0; 74,6)	0,4720	0,7128

APM (%)	16	Fixo	-0,5999 (-0,6553; -0,5444)	<0,0001	22,1 (00,0; 66,4)	0,2676	0,4997
IPMAX (pixels)	6	Fixo	-8,0521 (-12,9502; -3,1540)	0,0013	01,9 (00,0; 75,1)	0,4040	0,1231
TPPE (°C)	6	Fixo	-0,1746 (-0,6238; +0,2746)	0,4463	12,2 (00,0; 77,7)	0,3369	0,7748
TPDE (°C)	6	Fixo	-0,1285 (-0,7892; +0,5323)	0,7032	00,0 (00,0; 74,9)	0,8091	0,8071

k: número de estudos; DM: diferença média (medida de efeito); IC: intervalo de confiança; MS: matéria seca; CAR: consumo alimentar residual; CE: circunferência escrotal; ME: motilidade do espermatozoide; MPE: motilidade progressiva do espermatozoide; EN: espermatozoides normais; VE: viabilidade do espermatozoide; VT: volume do testículo; CS: concentração do sêmen; AC: anormalidades da cabeça; APM: anormalidades da parte mediana; IPMAX: intensidade de pixel máxima; TPPE: termografia da parte proximal do escroto; TPDE: termografia da parte distal do escroto.

Tabela 7. Inferência sobre múltiplos modelos através de estatísticas que computam a importância dos preditores (covariáveis) para seleção do melhor modelo a ser usado na análise de meta-regressão

Variável resposta	Covariável										
	Categórica					Contínua					
	TCAR	MOD	CR	POP	SIST	PE	ANG	MS	PB	NDT	ICE
<i>Produção</i>											
CAR (kg MS/dia)	×	0,01	0,66	0,99	0,01	0,33	0,01	×	×	×	0,32
<i>Reprodução</i>											
ME (%)	×	0,04	0,09	0,90	0,16	0,04	0,16	×	×	×	0,05

×: Covariável não incluída no modelo por apresentar apenas um nível ou dados perdidos; CAR: consumo alimentar residual; ME: motilidade do espermatozoide; TCAR: teste do consumo alimentar residual; MOD: modelo; CR: composição racial; POP: população; SIST: sistema automatizado; PE: período de teste do consumo alimentar residual; ANG: porcentagem de animais da raça Angus participantes do teste do consumo alimentar residual; MS: porcentagem de matéria seca na dieta; PB: porcentagem de proteína bruta na dieta; NDT: porcentagem de nutrientes digestíveis totais na dieta; ICE: idade ao medir a circunferência escrotal (dias). Modelos com os menores valores de *Akaike Information Criterion (AIC)* contendo as covariáveis mais relevantes (acima de 0,50) foram escolhidos para a análise de meta-regressão da variável resposta.

4.2.1.1 Meta-regressão

Para avaliar as causas de heterogeneidade observada entre os estudos para a variável de produção CAR e a de reprodução ME, uma análise de meta-regressão foi conduzida (Tabela 8).

As covariáveis composição racial e população explicaram 93,85% da heterogeneidade da variável CAR, podendo ser observado que o Taurino × Zebu tiveram um CAR de 1,2093 kg MS/dia menor ($P \leq 0,01$) do que o Taurino (Britânico + Continental) e que os animais selecionados tiveram um CAR de 0,8533 kg MS/dia menor ($P \leq 0,01$) do que os animais base. Para a variável ME, somente a covariável população explicou 94,77% da heterogeneidade, sendo que os animais selecionados tiveram um ME de 14,6597% menor ($P \leq 0,05$) do que os animais base.

Tabela 8. Análise de meta-regressão para investigação da heterogeneidade encontrada durante a meta-análise nas variáveis de produção e reprodução de bovinos de corte com alta e baixa eficiência alimentar

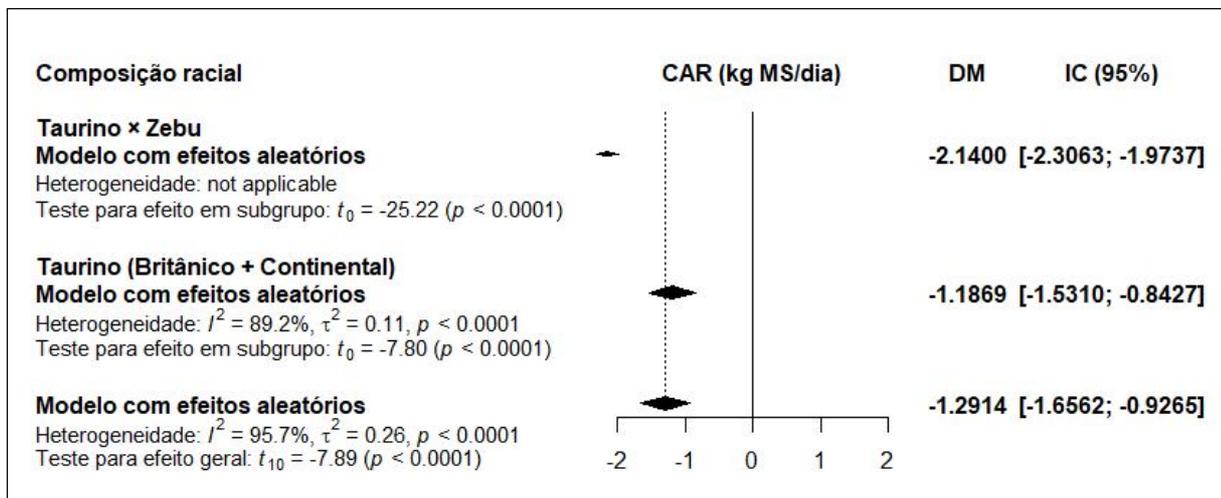
Covariável	Variável resposta	
	Produção	Reprodução
	CAR (kg MS/dia)	ME (%)
k	11	11
Intercepto	-0,9307**	-1,9666 ^{ns}
Catagórica		
<i>Composição racial</i>		
Taurino × Zebu	-1,2093**	---
Taurino (Br + Cont)	Referência	---
Taurino (Br)	---	---
<i>População</i>		
Base	Referência	Referência
Selecionados	-0,8533**	-14,6597*
R ² ajustado (%)	93,85	94,77

Coeficiente de regressão (ns: não significativo; * $P \leq 0,05$; ** $P \leq 0,01$); CAR: consumo alimentar residual; ME: motilidade do espermatozoide; k: número de estudos; Br: Britânico; Cont: Continental.

4.2.1.1.1 Análise de subgrupo

A diferença média (DM) entre os grupos comparados (CAR- vs CAR+) dentro de cada covariável categórica, que colaborou para explicar a heterogeneidade das variáveis CAR e ME (Tabela 8), foi estimada através de uma análise de subgrupo (Figura 2, 3 e 4). Na análise de subgrupo da covariável composição racial para a variável CAR (Figura 2), observou-se que os estudos realizados com animais Taurino (Britânico + Continental) resultaram na maior heterogeneidade ($I^2 = 89,2\%$, $P = <0,0001$) quando comparados com animais Taurino × Zebu. Também, foi possível verificar que o CAR nos animais eficientes foi 1,1869 kg MS/dia menor ($P < 0,0001$) do que nos animais ineficientes, ao analisar o Taurino (Britânico + Continental). Essa diferença foi maior ao analisar o Taurino × Zebu, em que o CAR nos animais eficientes foi 2,1400 kg MS/dia menor ($P < 0,0001$) do que nos animais ineficientes.

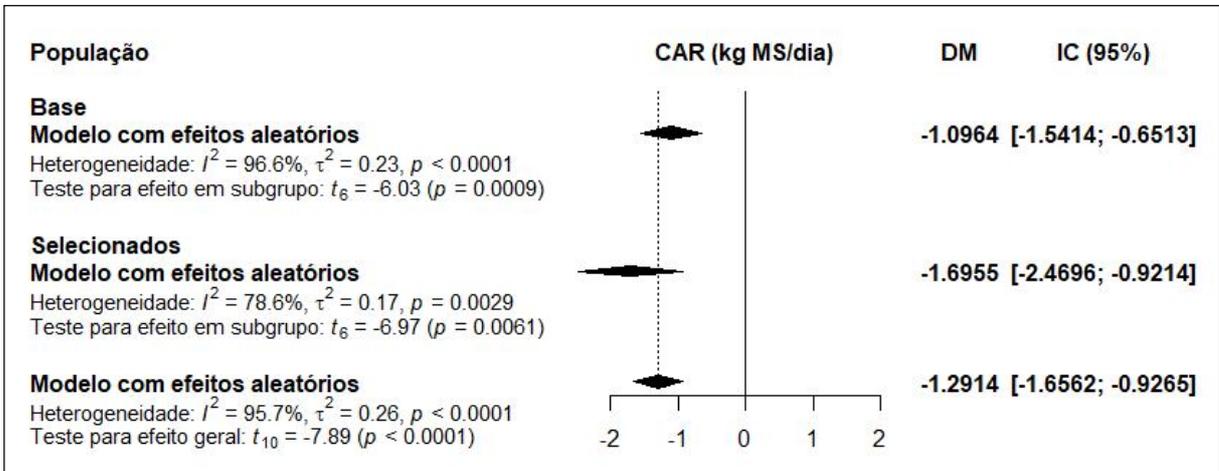
Figura 2. Análise de subgrupo para investigação da heterogeneidade causada pelo efeito da composição racial sobre o consumo alimentar residual (CAR) em bovinos de corte de



alta e baixa eficiência alimentar. DM: diferença média; IC: intervalo de confiança.

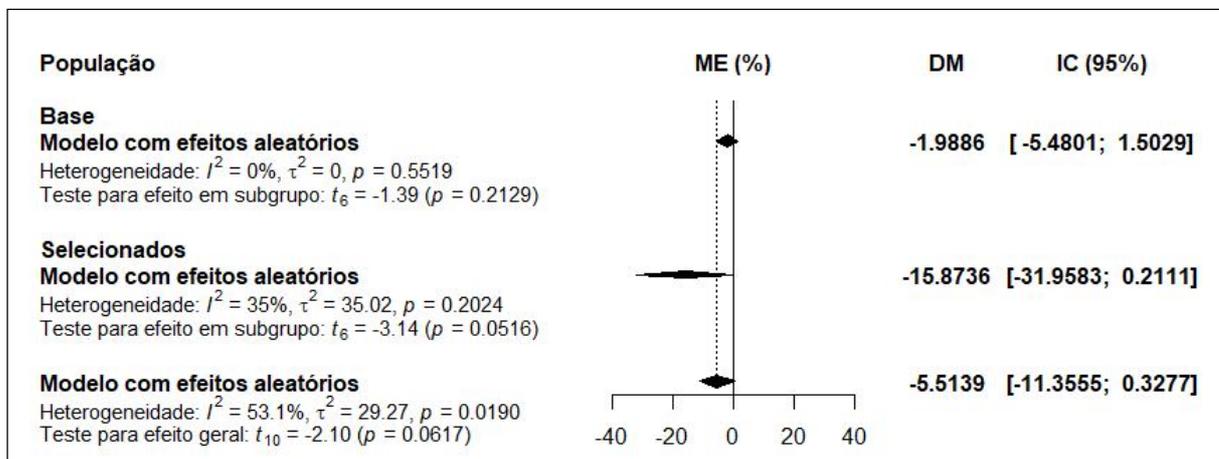
Na análise de subgrupo da covariável categórica população para a variável CAR (Figura 3), foi possível verificar que o CAR nos animais eficientes foi 1,0964 kg MS/dia menor ($P = 0,0009$) do que nos animais ineficientes na população base, enquanto que o CAR nos animais eficientes foi 1,6955 kg MS/dia menor ($P = 0,0061$) do que nos animais ineficientes na população dos selecionados. Verificou-se também que a população base foi responsável por uma heterogeneidade de 96,6% ($P < 0,0001$) e que a população dos selecionados foi responsável por uma heterogeneidade de 78,6% ($P = 0,0061$).

Figura 3. Análise de subgrupo para investigação da heterogeneidade causada pelo efeito da população sobre o consumo alimentar residual (CAR) em bovinos de corte de alta e baixa eficiência alimentar. DM: diferença média; IC: intervalo de confiança.



Na análise de subgrupo da covariável categórica população, sobre a variável ME (Figura 4), ambas as populações apresentaram valores de negativos (base -1.9886, $P = 0,2129$ e selecionados -15.8736, $P = 0,0516$) o que demonstra que não houve efeito desta covariáveis sobre o ME, significando que a motilidade espermática não sofre alterações significativas quando analisada nas diferentes populações classificadas para eficiência CAR. Na análise da população base não foi observada heterogeneidade ($I^2 = 0$), já na análise da população de animais selecionados foi observada heterogeneidade baixa ($I^2 = 35\%$).

Figura 4. Análise de subgrupo para investigação da heterogeneidade causada pelo efeito da população sobre a motilidade do espermatozoide (ME) em bovinos de corte de alta e baixa eficiência alimentar. DM: diferença média; IC: intervalo de confiança.



5 DISCUSSÃO

Ao considerarmos os 6 trabalhos avaliados na revisão sistemática, chegou-se a um total de 904 animais avaliados, destes, 100 animais eram matrizes, onde a avaliação de eficiência para CAR, foi determinada nestas e posteriormente associadas à sua progênie. A utilização de matrizes é justificada pela herdabilidade do CAR, Lanna e Almeida (2004) apontam uma herdabilidade para o consumo alimentar residual moderada, que varia entre 0,30 a 0,35, o que possibilita a inclusão desta medida em programas de melhoramento animal. Koch et al. (1963), Arthur et al. (2001) e Snelling et al. (2010) corroboram com estes estudos, porém com valores variando entre 0,28, 0,43 e 0,52, respectivamente. Morais et. al. (2017) realizaram um estudo de herdabilidade do CAR ajustado para características de carcaça em animais zebuínos (Nelore) e obtiveram valor de 0,44. Estes demonstraram a eficácia de associar esta característica a seleção dos animais para o melhoramento genético.

Na presente revisão a maioria dos estudos selecionados teve a avaliação de CAR ajustada para características de carcaça (espessura de gordura). Nkrumah et al. (2007), associaram a eficiência do CAR com a taxa de deposição de gordura na carcaça o que correlaciona fenótipos mais magros em animais eficientes. Entretanto, Arthur et al. (2005) enfatizaram que esta determinação é indesejável, visto que animais mais magros com uma menor deposição de gordura, têm carcaças menos qualificadas e com menor valor comercial. Diante disto, ajustar o cálculo de CAR anteriormente proposto por Koch et. al. (1963) a taxa de deposição de gordura reduz os efeitos indesejáveis (carcaças magras) da seleção para eficiência alimentar (MORAIS et. al. 2017).

Em relação as raças houve um predomínio de animais taurinos na avaliação de CAR e, somente um estudo utilizou animais com procedência zebuína. Verifica-se uma amplitude do CAR em diferentes raças, que se devem a diferenças no consumo de alimento pelos animais, que exerce influência em processos fisiológicos como: estresse e metabolismo dos tecidos, atividade física, digestibilidade dos alimentos, incremento calórico, composição corporal e comportamento ingestivo (HERD et al., 2004). Faz-se necessários, portanto, mais estudos que abordem raças zebuínas no Brasil, visto a predominância desta raça no território nacional, e a precocidade reprodutiva das raças taurinas em relação às zebuínas, o que torna indispensável estabelecer a influência da seleção de CAR na escolha de bons reprodutores.

A avaliação de CAR deve ser realizada o mais precoce possível, visando economia de consumo alimentar, por isso, a mesma geralmente é realizada logo após a desmama. Já, as

características reprodutivas são obtidas após o período da puberdade que varia entre 12 e 14 meses em taurinos e de 25 a 28 meses em zebuínos (MELLO et.al. 2014). O predomínio de cruzamentos com raças taurinos nos estudos também pode ser justificado por essa precocidade, isto porque, a média da idade dos animais avaliados nos estudos selecionados foi de 404,8 dias de idade o que representa aproximadamente 13 meses (Tabela 5).

No presente estudo de meta-análise observou-se a presença de heterogeneidade entre as variáveis de produção CAR e de reprodução ME. Segundo Galvão e Pereira (2014), a abordagem estatística da meta-análise busca incluir estudos por meio de revisão sistemática que apresentem maior semelhança possível para evitar a heterogeneidade. Quanto mais heterogeneidade mais questionável é a validade de se combinar estes resultados, diante disto recomenda-se analisar as causas do efeito (GALVÃO e PEREIRA, 2014). Castro (2001) sugere que para analisar a causa em relação as variáveis categóricas utilizemos a análise de sub- grupos e para analisar sua causa sobre a variáveis contínuas o cálculo de meta-regressão, ambos foram utilizados neste estudo para avaliar as causas de heterogeneidade para CAR e ME.

O cálculo de meta-regressão mostra que as principais causas heterogeneidade nas variáveis CAR e ME são a composição racial dos grupos de animais selecionados e o tipo de população, que varia em animais avaliados para CAR e animais avaliados para CAR ajustado para espessura de gordura. Observou-se um maior efeito do grupo racial formado por animais taurinos x zebuínos, demonstrando que este grupo racial apresenta mais animais eficientes para CAR que os demais grupos analisados. Este grupo racial é o menos evidenciado nos estudos abordados, sendo que dos 904 animais avaliados somente 112 apresentam-se nesta categoria (Tabela 3). Almeida et. al. (2004), classificam a variação fenotípica de CAR para bovinos zebuínos como sendo igual ou superior a observada em estudos realizados somente com animais taurinos, onde houve uma variação de 0,41 a 1,05 kg de MS/dia.

Na análise de subgrupos, a composição racial Continental x Britânico apresentou maior heterogeneidade e maior efeito sobre o CAR, o que pode ser explicado pela maior frequência de animais pertencentes a este grupo nos estudos abordados (Tabelas 3).

Apesar de a avaliação de frequência (Tabela 3) demonstrar que mais estudos abordaram uma população de animais selecionados para CAR adaptado para espessura de gordura, a população base apresentou maior efeito e maior heterogeneidade sobre CAR na análise de subgrupos (Figura 3). Alguns estudos fazem associação negativa entre o CAR, a deposição de gordura e a reprodução (BASARAB et al, 2003; ARTHUR et al., 2005; NKRUMAH et al., 2007), diante disto, Silva (2019) defende que a incorporação da espessura

de gordura no cálculo de avaliação do CAR, possibilita a eliminação de efeitos negativos associados a seleção de CAR. Podemos então associar a heterogeneidade presente na população base como devida há uma menor seletividade populacional e menor homogeneidade, ou seja, a população base tem influência de efeitos indesejáveis como carcaças mais magras por exemplo.

Na avaliação de subgrupos sobre a variável ME, a população de animais selecionados apresentou heterogeneidade baixa (35%) (Figura - 4). De acordo com Silva (2019), a espessura de gordura é um fator integrante para o desenvolvimento e maturação sexual, os grupos selecionados levam este fator em consideração na avaliação de CAR, porém, Awda et al. (2013) justifica uma menor motilidade e viabilidade espermáticas em grupos eficientes para CAR, associada a imaturidade reprodutiva dos animais no momento da coleta, por estes terem mais dificuldade de atingir a puberdade. A idade média dos animais do presente estudo foi de 404,8 dias, animais ainda na fase de puberdade, o que pode justificar os resultados. A soma entre a espessura de gordura e a imaturidade reprodutiva pode ter gerado esse efeito.

A eficiência alimentar dos animais domésticos é baseada em informações de consumo e mensuração do peso vivo dos animais (GRION et al. 2014). Na presente meta-análise não foi observada diferença ($p < 0,05$) entre o peso de animais mais ou menos eficientes, corroborando com os achados de Lima et al. (2013) e Marinho (2019), que também não observaram diferença ($p < 0,05$) no ganho de peso entre animais eficientes e não eficientes. Em 2008, Arthur e Herd classificaram o peso como uma característica independente na avaliação do CAR.

Fontoura et al. (2016) e Hafla (2012) não observaram diferença, na avaliação de circunferência escrotal entre animais mais eficientes e menos eficientes para CAR. No presente estudo, observa-se que animais eficientes possuem menor circunferência escrotal quando comparados a animais ineficientes, corroborando com os achados de Awda et al., (2013) que observou um aumento de 7,8% no escroto de animais ineficientes em relação a animais eficientes. Embora a avaliação de circunferência escrotal esteja relacionada a capacidade de produção espermática e qualidade do sêmen, um menor valor para os animais eficientes pode estar relacionado à idade dos animais no momento da avaliação.

As anormalidades de peça mediana dos espermatozoides (APM), considerada peça intermediária, são classificadas como defeitos maiores na avaliação da morfologia espermática. de acordo com o Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (CBRA, 2013). Neste estudo foi observada uma divergência entre a avaliação da APM de touros eficientes e não eficientes para CAR, sendo que animais eficientes expressaram mais defeitos de APM, que animais considerados ineficientes. Este achado corrobora com os de Borges (2021), que avaliando duas

categorias de CAR (convencional e adaptado a avaliação ultrassonográfica da carcaça) observou a presença de maiores valores de defeitos espermáticos menores entre animais de CAR ineficientes em ambas as avaliações realizadas. Wang et al. (2012) e Bruinjé et al. (2019) não observaram diferenças nos defeitos espermáticos entre animais de grupos distintos para CAR. No entanto, nos estudos realizados por Hafla et al. (2012), Fontoura et al. (2016) e Bourgon et al. (2018), a maior porcentagem de defeitos espermáticos foi verificada em animais eficientes para CAR.

As variáveis ME, EM, VT, CS, AC, TPPE e TDE não apresentaram divergências entre animais eficientes e não eficientes. Mesmos resultados foram verificados por Wang et al. (2012), Bruinjé et al. (2019) e Borges (2021).

A fertilidade dos touros e sua capacidade de reproduzir-se, é uma das características de maior peso na pecuária de corte, onde, a reprodução constitui um fator limitante à produção, principalmente se tratando de criações extensivas (Silva et al., 2002). Silva et al. (1993) afirmam que na avaliação da capacidade reprodutiva do touro pode-se utilizar vários parâmetros, dentre eles, a circunferência escrotal e a qualidade do sêmen. Cyrillo et al. (2001) e Ortiz Penã et al. (2001) avaliaram a circunferência escrotal, como sendo uma característica de alta herdabilidade e repetitividade, o que demonstra a importância de considerar este parâmetro na escolha dos reprodutores. Ainda, a circunferência escrotal possui uma correlação positiva com o ganho de peso corporal em diferentes idades (Eler et al., 1996; Quirino & Bergman, 1997; Cyrillo et al., 2001).

Arthur et al. (2001), Schenkel et al. (2004) e Hafla et al. (2012) afirmam que o consumo alimentar residual não possui associação fenotípica com a avaliação da circunferência escrotal e da motilidade espermática. No presente estudo, animais CAR eficientes demonstraram valores de circunferência escrotal, motilidade espermática progressiva e viabilidade espermática inferiores a valores de animais CAR ineficientes, estes achados corroboram com os achados de Awda et al. (2013) que observaram menores valores de circunferência escrotal e taxas de motilidade espermática em animais CAR eficientes.

Em 2012, Wang et al. avaliaram a motilidade espermática de animais selecionados para CAR, e concluíram que, uma proporção maior de animais CAR eficientes em relação a animais CAR ineficientes não alcançaram o mínimo de 60% de espermatozoides competentes para tal característica. Neste estudo, a avaliação de motilidade não apresentou diferença significativa dentre os grupos ($DM = -3,9734$), porém a motilidade progressiva de animais eficientes foi menor que de animais ineficientes.

O teste de assimetria de Egger utilizado para avaliar o viés de publicação indicou que os estudos avaliados na presente meta-análise estão de acordo com a realidade, demonstrando assim, ausência de viés de publicação ($P > 0,05$) para a maioria das variáveis analisadas, com exceção para MPE (Tabela 6). Nelson et. al. (1982) e Silva (2019) afirmam que a deposição de gordura é essencial para o desenvolvimento da puberdade o que é um fator crítico para touros em idade de crescimento. Diante disto, pode-se associar a presença de viés de publicação na avaliação de MPE neste estudo, à subjetividade da variável em relação à idade dos animais (média de 404,8 dias) nos diferentes estudos, a influência desta idade capacidade reprodutiva e a divergência da capacidade reprodutiva nos diferentes grupos CAR, como descrito por Awda et al. (2013), onde classifica animais eficientes como mais tardios.

Awda et al. (2013) verificaram em animais taurinos participantes de teste de eficiência alimentar, que a seleção de animais para eficiência alimentar foi negativamente associada com a motilidade e viabilidade espermática, ou seja, animais de CAR eficientes apresentaram sêmen com menor motilidade e vigor. O resultado de Awda et al. (2013) pode ser devido a utilização de animais com idade média de 274 dias, indicando que touros de baixo CAR são menos precoces para atingir a puberdade, diferente do observado no presente estudo, cujos animais tinham idade média de 404,8 dias e já atingido a puberdade com base nos valores da avaliação seminal. Portanto, realizando a comparação de touros de baixos e alto CAR que alcançaram a puberdade, não foi verificada diferenças na qualidade de sêmen.

A viabilidade do espermatozoide foi uma variável que demonstrou valores inferiores dentre os animais mais eficientes para o consumo alimentar residual, refletindo parâmetros observados por Hafla et al. (2012), que sugeriram que touros considerados eficientes apresentavam avaliações desfavoráveis para a morfologia espermática, e Awda et al. (2013) que relatam a diminuição da motilidade e viabilidade espermática em animais com CAR eficientes.

Rosi (2017) não observou diferença na intensidade de pixels da avaliação ultrassonográfica, entre os animais divergentes para o CAR, porém propõem que há divergências na avaliação realizada em diferentes idades. Da mesma maneira, Kriek (2019) afirma que não há diferença entre CAR positivos e negativos em relação à intensidade de pixels das imagens ultrassonográficas, porém discorda afirmando que mesmo em diferentes idades, a intensidade continua não apresentando diferença.

No presente estudo foi observado que animais ineficientes apresentaram intensidade máxima de pixels maior que animais eficientes, o que anteriormente foi observado por Fontoura et al. (2016) e Bourgon et al. (2018). Recentemente, Borges (2019) obteve

resultados contrários aos observados, onde animais ineficientes demonstraram valor de Intensidade máxima de pixels menores que animais eficientes. Kastelic e Brito (2012) afirma que tais diferenças podem estar relacionadas as idades divergentes dos animais, pois a espermatogênese pode alterar o padrão de intensidade de pixels. Ainda, Rodrigues et al. (2020) destaca que há uma considerável divergência dos valores de intensidade de pixels entre as diferentes raças bovinas (zebuínos e taurinos).

Animais de baixo CAR para consumo alimentar residual apresentaram menor gasto energético do metabolismo, em concordância com a menor temperatura na parte superior dos testículos. Este menor gasto energético não influencia as características obtidas no exame andrológico. Desta forma, provavelmente os touros selecionados para consumo alimentar residual seriam animais aptos com relação a qualidade seminal e adequados para uso como reprodutores. Portanto, a seleção para eficiência alimentar baseada no CAR poderia não ter impacto negativo sobre desempenho reprodutivo e fertilidade em touros, mas ressalta-se que, a diminuição da CE e aumento da APM associada a animais eficientes quanto ao CAR necessita de mais pesquisas.

Deve-se ressaltar que as pesquisas apresentadas na literatura avaliaram touros jovens e que as análises devem considerar que vários fatores afetam as características do sêmen, tais como, raça, peso, ano e época da avaliação do sêmen e, principalmente, a idade do animal avaliado (BARBOSA et al., 199, LIMA, 2016). Esses mesmos autores concluíram em seus estudos que com o aumento da idade de 27 para 39 meses em bovinos das raças Canchim e Nelore, características físicas e morfológicas do sêmen tenderam a melhorar, o que correspondeu também ao incremento da circunferência escrotal dos touros. Sabendo que, em animais imaturos, o número de espermatozoides viáveis é menor do que em animais maduros, deve-se considerar a possibilidade desse fato interferir nos resultados de relações com o CAR (BARBOSA et al., 199, LIMA, 2016).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de meta-análise não demonstrou um efeito favorável do CAR sobre as avaliações de circunferência escrotal, motilidade espermática progressiva, viabilidade espermática, anormalidades de parte mediana e a intensidade de pixels. Os animais eficientes obtiveram melhores índices somente para anormalidades de peça proximal e na grande maioria de aspectos não foram observadas diferenças entre os animais analisados.

Frente aos trabalhos citados, nota-se que o CAR tem o potencial de melhorar a lucratividade do sistema de produção de carne bovina, visto o incremento da eficiência alimentar, entretanto, em razão da importância econômica de índices reprodutivos, são necessárias mais pesquisas que explorem associações entre CAR e fertilidade em bovinos, sobretudo *Bos indicus*. A seleção de animais melhoradores deve ser realizada com sensatez, considerando variáveis economicamente relevantes, como CAR, características produtivas e reprodutivas, para que seja possível realizar uma seleção equilibrada e harmônica de touros melhoradores para a pecuária brasileira.

7 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

ARCHER, J. A.; ARTHUR, P. F.; HERD, R. M. Optimum postweaning 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.; ARCHER, J. A.; HERD, R. M.; MELVILLE, G. J. Response to selection for net feed intake in beef cattle. In: CONFERENCE OF THE ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS, 14, 2001, Queenstown. *Proceedings...* Queenstown: AAABG, 2001. p. 135-138.

ARTHUR, P. F.; HERD, R. M. Residual feed intake in beef cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.37, p.269-279, 2008.

ARCHER, J. A.; REVERTER, A.; HERD, R. M.; JOHNSTON, D. J.; ARTHUR, P. F. Genetic variation in feed intake and feed efficiency of mature beef cows and relationships with postweaning measurements. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 7., 2002, Montpellier. *Proceedings...* Montpellier: World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, 2002. p. 221-224

AKAIKE, H. (1973). Information theory and an extension of the maximum likelihood principle, in Petrov, B. N.; Csáki, F. (eds.), 2nd International Symposium on Information Theory, Tsahkadsor, Armenia, USSR, September 2-8, 1971, Budapest: Akadémiai Kiadó, pp. 267-281.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES (Brasil). Apex Brasil. Beef Report - Sumário da Pecuária no Brasil. 2020. Disponível em: http://abiec.com.br/wp-content/uploads/SUM%C3%81RIO-BEEF-REPORT-2020_NET-4.pdf. Acesso em: 01 maio 2022.

AWDAB. J., MILLERS. P., MONTANHOLIY. R., VOORTG. VANDER, CALDWELLT., BUHRM. M., AND SWANSONK. C.. The relationship between feed efficiency traits and fertility in young beef bulls. *Canadian Journal of Animal Science*. 93(2): 185-192. <https://doi.org/10.4141/cjas2012-092>

AZEVEDO, Vitor Blehm. ESTIMATIVA DA EFICIÊNCIA ALIMENTAR RESIDUAL DE TERNEIROS BRANGUS DESMAMADOS PORTO ALEGRE 2018. 2018. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Zootecnia, Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

BAENA, Cristina Pellegrino et al. REVISÃO SISTEMÁTICA E METANÁLISE: padrão ouro de evidência?. *Revista Médica da Ufpr*, [S.L.], v. 1, n. 2, p. 70, 30 jun. 2014. Universidade Federal do Parana. <http://dx.doi.org/10.5380/rmu.v1i2.40706>.

BARCELLOS, J.O.J. Manejo integrado: um conceito para aumentar a produtividade dos sistemas de produção de bovinos de corte. In: LOBATO, J.F.P.; BARCELLOS, J.O.; KESSLER, A.M. (Eds.). *Produção de bovinos de corte* Porto Alegre: EDIPUC, 1999. p.287-313.

BARTH AD and OMINSKI KH 2000. The relationship between scrotal circumference at weaning and at one year of age in beef bulls. *Canadian Journal of Animal Science* 41, 541–546.

BASARAB, J. A.; PRICE, M. A.; AALHUS, J. L.; OKINE, E. K.; SNELLING, W. M.; LYLE, K. L. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, Ottawa, v.83, p. 189-204, 2003.

BASARAB, J. A.; MCCARTNEY, D.; OKINE, E. K.; BARON, V. S. Relationships between progeny residual feed intake and dam productivity traits. *Canadian Journal Animal Science*, Ottawa, v.87, p. 489-502, 2007.

BERWANGER, Otávio; SUZUMURA, Erica Aranha; BUEHLER, Anna Maria; OLIVEIRA, João Bosco. Como avaliar criticamente revisões sistemáticas e metanálises? *Revista Brasileira de Terapia Intensiva*, [S.L.], v. 19, n. 4, p. 475-480, dez. 2007. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-507x2007000400012>.

BORGES, Marcelo Sant'ana. *RELAÇÃO ENTRE CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E PARÂMETROS SEMINAIS E ULTRASSONOGRRAFIA TESTICULAR DE TOUROS DA RAÇA NELORE*. 2021. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Produção Animal Sustentável, Instituto de Zootecnia, Secretaria de Agricultura e Abastecimento Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Sertãozinho, 2021. Disponível em: <https://assets.researchsquare.com/files/rs-1319147/v1/e644f491-e4a7-48aa-addc-db6424ff759d.pdf?c=1645181372>. Acesso em: 02 fev. 2022.

BOURGON, S.L.; AMORIM, M. Diel de; CHENIER, T.; SARGOLZAEI, M.; MILLER, S.P.; MARTELL, J.e.; MONTANHOLI, Y.R.. Relationships of nutritional plane and feed efficiency with sexual development and fertility related measures in young beef bulls. *Animal Reproduction Science*, [S.L.], v. 198, p. 99-111, nov. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.09.007>.

BRITO LF, SILVA AE, BARBOSA RT, KASTELIC JP (2004) Testicular thermoregulation in *Bos indicus*, crossbred and *Bos taurus* bulls: relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology, and effects on semen quality and sperm production. *Theriogenology* 61:511–528.

BRUINJÉ, T.C. et al. Morphology, membrane integrity, and mitochondrial function in sperm of crossbred beef bulls selected for residual feed intake. *Canadian Journal Of Animal Science*, [S.L.], v. 99, n. 3, p. 456-464, 1 set. 2019. Canadian Science Publishing. <http://dx.doi.org/10.1139/cjas-2018-0103>.

CASTRO, Aldemar Araujo. Revisão Sistemática: Análise e Apresentação dos Resultados. In: GOLDENBERG, Saul; GUIMARÃES, Carlos Alberto; CASTRO, Aldemar Araujo. *Elaboração e Apresentação de Comunicação Científica*. São Paulo: Aac, 2001. Cap. 7. p. 81-122.

COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL– CBRA. Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal. 3.ed. Belo Horizonte, MG, 2013.

CREWS, D.H.; CARSTENS, G.e.; LANCASTER, P.A.. A Multiple Trait Selection Index Including Feed Efficiency1 AAFC-LRC contribution number 38705050. The Professional Animal Scientist, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 65-70, fev. 2006. American Registry of Professional Animal Scientists. [http://dx.doi.org/10.15232/s1080-7446\(15\)31062-7](http://dx.doi.org/10.15232/s1080-7446(15)31062-7).

CROZARA, Adriano Santana et al. Uso da automação para estimação de consumo alimentar, peso vivo e eficiência alimentar em bovinos de corte. 2018. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1101355/1/DissertacaoAdrianoSanta naCrozara2018apagar.pdf>

CYRILLO, J.N.S.G.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A. et al. Estimativa de tendências e parâmetros genéticos do peso padronizado aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos Nelore de Sertãozinho, SP. Revista Brasileira de Zootecnia, v.30, n.1, p.56-65, 2001.

DE ALENCAR, Maurício Mello; BARBOSA, Pedro Franklin. Melhoramento genético de gado de corte no Brasil. In: Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 8., 2010, Maringá. Melhoramento animal no Brasil: uma visão crítica-anais. Maringá: SBMA, 2010, 2010.

DERSIMONIAN, R., & LAIRD, N. (1986). Meta-analysis in clinical trials. *Controlled Clinical Trials*, 7(3): 177–88.

EGGER, M., SMITH, G. D., SCHNEIDER, M., & MINDER, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ*, 315(7109): 629–34
Harbord, R. M., Higgins, J. P. T. (2008). Meta-regression in Stata. *Stata Journal*, 8(4): 493-519.

ELER, J.P.; FERRAZ, J.B.; SILVA, P.R. Estimação simultânea de parâmetros genéticos para características de importância econômica na raça Nelore, com a utilização de modelos animais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1996, Fortaleza. Anais... Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p.99-101.

FERREIRA, Fabiano Andrade et al. Consumo alimentar residual em bovinos de corte: alimentação, eficiência, pecuária, seleção. A Revista Eletrônica Nutritime, Viçosa, v. 6, n. 12, p. 4368-4378, dez/jan 2015. Bimestral. Disponível em: http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/338_-_4368-4378_-_NRE_12-6_nov-dez_2015.pdf. Acesso em: 04 fev. 2021

FONTOURA, A.B.P.; MONTANHOLI, Y.R.; AMORIM, M. Diel de; FOSTER, R.A.; CHENIER, T.; MILLER, S.P.. Associations between feed efficiency, sexual maturity and fertility-related measures in young beef bulls. *Animal*, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 96-105, 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1017/s1751731115001925>.

GRION, A.L., M.E.Z. MERCADANTE, J.N.S.G. CYRILLO, S.F.M. BONILHA, E. MAGNANI, AND R.H. BRANCO. 2014. Selection for feed efficiency traits and correlated genetic responses in feed intake and weight gain of Nelore cattle. *J. Anim. Sci.* 92:955– 965. doi:10.2527/jas2013-6682

GUIMARÃES, Tiago Pereira. CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL DE TOUROS DA RAÇA NELORE EM SISTEMA DE CONFINAMENTO. 2013. 54 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência Animal, Produção Animal, Universidade Federal de Goiás, Goiania, 2013.

HAFLA AN, LANCASTER PA, CARSTENS GE, FORREST DW, FOX JT, FORBES TD, DAVIS ME, RANDEL RD AND HOLLOWAY JW 2012. Relationships between feed efficiency, scrotal circumference, and semen quality traits in yearling bulls. *Journal of Animal Science* 90, 3937–3944

HAFLA, A. N.; LANCASTER, P. A.; CARSTENS, G. E.; FORREST, D. W.; FOX, J. T.; FORBES, T. D. A.; DAVIS, M. E.; RANDEL, R. D.; HOLLOWAY, J. W.. Relationships between feed efficiency, scrotal circumference, and semen quality traits in yearling bulls. *Journal Of Animal Science*, [S.L.], v. 90, n. 11, p. 3937-3944, 1 nov. 2012. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2011-4029>.

HIGGINS, J. P. T., THOMPSON, S., DEEKS, J., & ALTMAN, D. (2002). Statistical heterogeneity in systematic reviews of clinical trials: a critical appraisal of guidelines and practice. *Journal of Health Services Research and Policy*, 7: 51-61.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2006. Disponível em <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv61914.pdf>.

JOHNSON, Chinju et al. Impacts of residual feed intake and pre-natal diet on reproductive potential of bulls. *Animal Production Science*, [S.L.], v. 59, n. 10, p. 1827, 2019. CSIRO Publishing. <http://dx.doi.org/10.1071/an18301>. Disponível em: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85068419967&origin=resultslist&sort=cp-f&listId=57320154&listTypeValue=Docs&src=s&nlo=&nlr=&nls=&imp=t&sid=8e8f02ad1eb640642d9c756db1ca7c98&sot=sl&sdt=sl&sl=0&relpos=5&citeCnt=6&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1. Acesso em: 08 ago. 2021.

KRIECK, F.M.T. Eficiência alimentar e qualidade seminal de touros jovens da raça nelore. Dissertação (Dissertação Mestre em Genética e Melhoramento Animal) – UNESP. Jaboticabal, p. 36, 2019.

KOWALSKI, Luciana Helena. CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E SUAS RELAÇÕES COM CARACTERÍSTICAS REPRODUTIVAS DE BOVINOS PURUNÃ EM CRESCIMENTO. 2014. 82 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Graduação em Ciência Animal,, Produção Animal, Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2014.

LANNA, D. P. D.; ALMEIDA, R. Exigências nutricionais e melhoramento genético para eficiência alimentar: Experiências e lições para um projeto nacional. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004. Campo Grande. Anais... Campo grande: SBZ, 2004a. p.248-259.

LANNA, D. P. D.; CALEGARE, L.; ALMEIDA, R; BERNDT, A. Conversão alimentar-Eficiência econômica de vacas de corte de raças puras e cruzadas. In: SIMPÓSIO DE PECUÁRIA DE CORTE, 3., 2003, Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 2003. p. 87-110. 19.

LANNA, D. P.; ALMEIDA, R. Residual Feed Intake: um novo critério de seleção? In: V SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 2004. Pirassununga. Anais... Pirassununga: SBMA, 2004b. p.248-259.

LIMA, Natália Ludmila Lins; PEREIRA, Idalmo Garcia; RIBEIRO, Julimar Sacramento. Consumo alimentar residual como critério de seleção para eficiência alimentar. Acta Veterinária Brasilica, v. 7, n. 4, p. 255-260, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/acta/article/view/3269>. Acesso: 19/07/2022

LIU, M. F.; GOONEWARDENE, L. A.; BAILEY, D. R. C.; et al. A study on the variation of feed efficiency in station tested beef bulls. Canadian Journal of Animal Science, v. 80, n. 3, p. 435441, 2000.

MACHADO, Renato Franco. PREPARAÇÃO DO REPRODUTOR PARA ESTAÇÃO DE MONTA NO SISTEMA DE MONTA NATURAL EM GADO DE CORTE. 2021. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Zootecnia, Puc - Goiás, Goiania, 2021.

MARINHO, Diego Barcelos. ESTIMATIVA DE CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL E CARACTERÍSTICAS DE COMPOSIÇÃO CORPORAL EM REPRODUTORES DA RAÇA ANGUS. 2019. 44 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

MELLO, Raquel R C. et al. Puberdade e maturidade sexual em touros bovinos. Revista Acsa: AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 11-28, jul - set. 2014. Trimestral. Disponível em: file:///C:/Users/Milena/Downloads/571-2150-1-PB.pdf. Acesso em: 04 maio 2022.

MORAES, GIOVANNA FARIA de et al. Genetic analysis of residual feed intake adjusted for fat and carcass and performance traits in a Nellore herd. Ciência Rural [online]. 2017, v. 47, n. 2 [Accessed 4 May 2022] , 20151505. Available from: <<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151505>>. Epub 12 Dec 2016. ISSN 1678-4596. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151505>.

MORAIS, Lorraine Cristina Oliveira de. CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL (CAR) E OUTRAS MEDIDAS DE EFICIÊNCIA ALIMENTAR EM BOVINOS DE CORTE. 2011. 25 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiania, 2011. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/semi2011_Lorraine_Oliveira_1c.pdf. Acesso em: 2 nov. 2021.

MORELLI, Marcela. EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE ALIMENTOS EM MACHOS NELORE CLASSIFICADOS PARA CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL. 2015. 66 f. TCC (Doutorado) - Curso de Zootecnia, Pós-Graduação em Produção Animal Sustentável, Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2015.

NKRUMAH, J. D.; BASARAB, J. A.; PRICE, M. A. 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, p.2451-2459, 2004. 25.

NKRUMAH, J. D.; OKINE, E. K.; MATHISON, G. W.; SCHMID, K.; BASARAB, J. A. 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.84, p. 145-153, 2006.

NKRUMAH, J. D.; CREWS JUNIOR, D.H.; BASARAB, J.A. Genetic and phenotypic relationships of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.85, p.2382-2390, 2007.

ORTIZ PEÑA, C.D.; QUEIROZ, S.A.; FRIES, L.A. Estimação de fatores de correção do perímetro escrotal para idade e peso corporal em touros jovens da raça Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.1, p.93-100, 2001.

PEREIRA, Mauricio Gomes; GALVÃO, Taís Freire. Heterogeneidade e viés de publicação em revisões sistemáticas. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 775-778, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.5123/s1679-49742014000400021>

QUIRINO, C.R.; BERGMANN, J.A. Herdabilidade do perímetro escrotal ajustado e não ajustado para peso corporal usando modelo animal uni e bivariado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. Anais... Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1997. p.127-129.

ROSSI, G. F (2017) Parâmetros reprodutivos de machos da raça Nelore de baixa e alta eficiência alimentar suplementados com ácidos graxos protegidos em pastagem. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

SILVA, A.E.D.F.; DODE, M.A.N.; UNANIAN, M.M. Capacidade reprodutiva do touro de corte: funções, anormalidades e outros fatores que a influenciam. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1993. 128p. (EMBRAPA-CNPGC. Documentos, 51)

SILVA, Antonio Emidio Dias Feliciano; UNANIAN, Maria Marina; CORDEIRO, Célia Maria Torres; FREITAS, Alfredo Ribeiro de. Relação da Circunferência Escrotal e Parâmetros da Qualidade do Sêmen em Touros da Raça Nelore, PO. *Revista Brasileira de Zootecnia*, [s. l], v. 3, n. 31, p. 1157-1165, fev. 2002. Semestral.

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. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/196096/001095375.pdf?sequence=1>. Acesso: 01/04/2022.

SIQUEIRA, J.B.; GUIMARÃES, J.D.; PINHO, R.O.. Relação entre perímetro escrotal e características produtivas e reprodutivas em bovinos de corte: uma revisão. *Rev. Bras. Reprod. Anim.*, Belo Horizonte, v. 1, n. 37, p. 3-13, mar. 2013. Trimestral.

SNELLING, W.; ROLFE, K.; NIELSEN, M.; FREETLY, H. Genetic and phenotypic parameter estimates for feed intake and other traits in growing beef cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v.89, n.6, p. 1731-1741, 2011.

VIECHTBAUER, W., & CHEUNG, M. W. (2010). Outlier and Influence Diagnostics for Meta-Analysis. *Research Synthesis Methods*, 1(2): 112–25.

WANG, Z.; COLAZO, M. G.; BASARAB, J. A.; GOONEWARDENE, L. A.; AMBROSE, D. J.; MARQUES, E.; PLASTOW, G.; MILLER, S. P.; MOORE, S. S.. Impact of selection for residual feed intake on breeding soundness and reproductive performance of bulls on pasture-based multisire mating1. *Journal Of Animal Science*, [S.L.], v. 90, n. 9, p. 2963-2969, 1 set. 2012. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2011-4521>.

WILLET EL AND OHMS JI 1957. Measurement of testicular size and its relation to production of spermatozoa by bulls. *Journal of Dairy Science* 40, 1559–1569.

Nelsen TC, Long CR and Cartwright TC 1982. Post inflection growth in straight bred and crossbred cattle II: relationships among weight, height and pubertal characters. *Journal of Animal Science* 55, 293–304