



IMPACTO DA EFICIÊNCIA ALIMENTAR NOS PARÂMETROS ZOOTÉCNICOS DE NOVILHAS DA RAÇA NELORE

IMPACT OF FEED EFFICIENCY ON ZOOTECHNICAL PARAMETERS OF NELORE HEIFERS

Rafael Monteiro dos Santos

Dayana Silva Araujo

Miguel Alonso de Gouveia Valle

RESUMO

A bovinocultura de corte vem desempenhando um papel de destaque no agronegócio brasileiro. Com o aumento da demanda do mercado interno e externo torna-se necessário maximizar a produtividade dos rebanhos; e a eficiência alimentar dos bovinos é uma forma de se garantir este acréscimo. Contudo, como existem poucos trabalhos na literatura a respeito do impacto da eficiência alimentar mensurada através do CAR nos índices produtivos e reprodutivos em novilhas da raça Nelore, isto tornou-se o objetivo desse estudo. O trabalho foi promovido na fazenda Rancho Grande da Matinha, com dados produtivos e reprodutivos de 436 novilhas nascidas entre Julho a Dezembro dos anos de 2017 e 2018 que foram avaliadas quanto a sua eficiência alimentar no Sistema GrowSafe® e foram manejadas reprodutivamente em suas respectivas estações de monta. Teste de qui quadrado, análise de variância com comparação de médias pelo teste de Tukey e correlações de Pearson entre as características estudadas foram promovidas ao nível de significância de 5%. Observou-se diferença significativa entre os grupos de consumo alimentar residual (CAR) para as características ganho de peso diário, consumo de matéria seca e consumo alimentar residual ajustado para gordura (CARG). A única correlação significativa que o CARG apresentou foi com o consumo de matéria seca ajustado. Conclui-se que o CARG não teve efeito significativo sobre as características produtivas e reprodutivas de novilhas da raça Nelore.

PALAVRAS-CHAVE: CARG; novilhas; produtividade; nelore.

ABSTRACT

Beef cattle farming has been playing a prominent role in the Brazilian agribusiness. With the increasing demand in both domestic and international markets, it becomes necessary to maximize herd productivity, and feed efficiency is one way to ensure this improvement. However, as there are few studies in the literature regarding the impact of feed efficiency measured through Residual Feed Intake (RFI) on productive and reproductive indices in Nellore heifers, this became the objective of this study. The study was conducted at Rancho Grande da Matinha farm, with productive and reproductive data from 436 heifers born between July and December of the years 2017 and 2018. These heifers were evaluated for their feed efficiency using the GrowSafe® System and were reproductively managed during their respective breeding seasons. Chi-square tests, analysis of variance with mean comparisons using Tukey's test, and Pearson correlations between the studied characteristics were conducted at a significance level of 5%. A significant difference was observed between the Residual Feed Intake (RFI) groups for the daily weight gain, dry matter intake, and RFI adjusted for fat (RFIF). The only significant correlation that RFIF exhibited was with adjusted dry matter intake. In conclusion, RFIF had no significant effect on the productive and reproductive characteristics of Nellore heifers.

KEYBOARDS: RFIF; heifers; productivity; nellore.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, existem discussões sobre formas de se aumentar a produtividade dentro da bovinocultura de corte, visto que a demanda dos mercados interno e externo se encontram elevadas. Segundo Santos (2018), uma forma de garantir melhor eficiência produtiva está atrelada a melhor utilização das pastagens e de melhorias genéticas por meio de animais superiores geneticamente. Aliado a isto, Herd et al. (1998 *apud* NASCIMENTO, 2011, p. 59) relatam que vacas identificadas como mais eficientes quanto o uso das pastagens, podem aumentar até 15% a eficiência do sistema de produção.

O melhoramento genético atua diretamente na capacidade de otimizar a produtividade dos animais, pois permite explorar a variabilidade das características de interesse econômico de modo a identificar e disseminar animais superiores ao longo das gerações (WRAY-CAHEN *et al.* 2022). Com este intuito, cita-se o constante aumento da realização de estudos envolvendo critérios relacionados à eficiência alimentar (SANTANA *et al.* 2014; GRION *et al.* 2014; MORAES *et al.* 2019; BENFICA *et al.* 2020; NOVO *et al.* 2021). Estes critérios buscam

identificar animais com maior capacidade de aproveitamento da conversão de alimento para a produção de carne. Nesse aspecto, dentro da eficiência alimentar a característica mais estudada é o consumo alimentar residual (CAR).

Apesar da maior quantidade de estudos envolvendo de maneira específica a eficiência alimentar, a literatura que avalia a relação deste critério com características reprodutivas e produtivas de fêmeas é escassa, o que torna relevante a realização desse estudo (CORVINO, 2010). Por isso, o objetivo do nosso trabalho foi determinar o impacto do CAR nos índices produtivos e reprodutivos em novilhas da raça Nelore.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Panorama da bovinocultura de corte no Brasil

A bovinocultura no século XX ganhou papel de destaque no Brasil, deixando um cenário extrativista do não uso das terras, para o aproveitamento e produção capitalista de carne animal bovina. Este fato permitiu que o país começasse a ser reconhecido em níveis internacionais atingindo a marca de maior rebanho e exportador de carne bovina (LE MOS, 2013). A origem dessa mudança aconteceu entre as décadas de 60 e 70, havendo a adoção de pacotes tecnológicos que alavancaram e modernizaram o complexo industrial e, consequentemente, a produção animal no Brasil; fatores como a criação da Embrapa e de programas de extensão rural foram responsáveis por esse avanço (BRISOLA, 2020).

Nos últimos anos a bovinocultura de corte vêm tendo um papel de destaque dentro da pecuária nacional. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), o Brasil é o país detentor do maior rebanho comercial do mundo totalizando cerca de 235 milhões de cabeças. Além disso, nesse cenário global, segundo a Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes (2020), a pecuária brasileira é a segunda maior produtora de carne bovina e a maior exportadora; tornando, portanto, o país como um nicho para a geração de diversas oportunidades agregando ainda mais a cadeia.

Estima-se que a atividade correspondeu no ano de 2017 a 55,98% do total do produto interno bruto (PIB) pecuário, 15,98% do PIB do agronegócio e 3,64% do PIB brasileiro, o que gerou para o agronegócio valores próximos a 206 bilhões de reais (MALAFAIA *et al.*, 2020). Aliado a isto, de acordo com Dias *et al.* (2020), a produção de carne bovina deverá ter um salto produtivo nos próximos anos, visto que existem estimativas de que o consumo interno

de carne bovina aumentará devido ao crescente poder aquisitivo da população e pela ampliação das exportações brasileiras. Ademais, segundo o autor, no ano de 2018 houve aumento de 80% na venda de bovinos para o mercado externo o que representou um recorde para o país. Ao se considerar que a comercialização de bovinos vivos para o mercado externo tende a ser 35% mais rentável para o produtor do que para o mercado interno, o Brasil poderá atingir, futuramente, a marca de 10% de participação no mercado global de comercialização de bovinos vivos.

Contudo, apesar de diversos avanços ocorridos gerando o reconhecimento e aumento da bovinocultura brasileira, a atividade ainda é considerada em sua maioria como extensiva e sem padronização dos animais ofertados ao mercado consumidor, estando, portanto, ainda aquém de sua capacidade de tecnificação (LEMOS, 2013). Aliado a isto, após um levantamento promovido pelo Censo Agropecuário em 2017 (EMBRAPA GADO DE CORTE, 2020) observou-se que 55% do número total de propriedades voltadas à criação de gado de corte possuem entre 0 a 100ha, enquanto apenas 2% possuem terras acima de 1000ha. Desse modo, se mais da metade das propriedades de corte existentes são consideradas pequenas, torna-se necessário que a produção destes bovinos seja promovida da forma mais eficiente possível de modo a corresponder ao mercado aquecido e, ao mesmo tempo, gerar retorno financeiro ao produtor. Ademais, caso a previsão de que em 2040 o total de produtores atuais se reduzirá pela metade aconteça, torna-se importante que os produtores, principalmente os pequenos, busquem maximizar a produtividade e qualidade dos seus animais (EMBRAPA GADO DE CORTE, 2020).

Atualmente, muito se têm discutido sobre formas de aumentar a produtividade dentro da bovinocultura de corte e, para isto, existem apenas duas possibilidades de acordo com Santos (2018): aumentar a área destinada aos bovinos ou manter a mesma área com possibilidades de reduzi-la, contudo, promovendo melhorias genéticas, de pastagens, sanidade ou nutricionais dos animais. Estudos promovidos por Strassburg *et al. apud* Dias-Filho (2016) demonstram que caso houvessem aumentos em torno de 20% na produtividade das pastagens brasileiras, isto resultaria na possibilidade de suprir por 30 anos as demandas existentes de carne e outros setores. Não obstante, Embrapa Gado de Corte (2020) afirma que para o ano de 2040, haverá uma diminuição em torno de 20 a 30% das áreas de pastagens reafirmando, portanto, a necessidade de aumentar a produtividade das pastagens como demonstrado por Strassburg *et al. apud* Dias Filho (2016).

Uma outra possibilidade para se aumentar a produtividade está relacionada à melhoria genética dos animais, por exemplo, através da seleção para eficiência alimentar (GOMES *et al.*, 2011). No cenário atual em que o custo alimentar é responsável pela maior parte das despesas na pecuária, identificar animais mais eficientes quanto ao aproveitamento do alimento ingerido na conversão deste em produtos como carne, leite ou bezerros, torna-se essencial, visto que os mais eficientes necessitam consumir menos para obtenção do mesmo nível de produção do que os demais (MENDES; CAMPOS, 2016).

Devido a crescente necessidade de se aumentar a produtividade aliada ao fato de que a produção de carne no Brasil juntamente com a demanda dos mercados internos e externos encontra-se crescente, torna-se necessário o investimento do produtor melhorias em seu sistema. No entanto, uma melhoria de extrema relevância e que determinará se o produtor conseguirá atender estes propósitos consiste na eficiência reprodutiva de seu rebanho (VASCONCELOS; MENEGHETTI, 2006 *apud* NOGUEIRA, 2017, p. 2). Neste aspecto, nota-se que ainda no país o sistema mais utilizado na reprodução consiste na monta natural, em que o touro permanece durante todo o tempo com as vacas, no entanto, esta técnica aos poucos vêm perdendo espaço. Alguns dos fatores que levaram a isto são: dificuldade da propriedade de promover controle zootécnico e sanitário do rebanho, visto que os nascimentos ocorrem todo o ano, redução da vida útil do touro devido ao excesso de montas e dificuldade determinar a paternidade das progênies, informação de suma importância em fazendas que visam melhoramento genético (NOGUEIRA, 2017).

Objetivando reduzir os gargalos anteriormente citados através do uso da monta natural, diversos estudos foram realizados e uma solução encontrada foi a adoção da estação de monta. Esta permite que o produtor aumente de forma considerável a eficiência reprodutiva da propriedade, visto que dessa forma há uma determinação do momento em que a propriedade terá atividades reprodutivas acontecendo fazendo, portanto, que as matrizes não tenham suas parições durante todo o ano, mas sim em uma estação de parição no período em que houver maior disposição de forragens (ROCHA *et al.*, 2005 *apud* NOGUEIRA, 2017, p. 3). No entanto, outra técnica foi criada para operar de maneira conjunta à estação de monta: a inseminação artificial (IA). A IA é uma das principais biotecnologias utilizada na disseminação do melhoramento genético animal. O primeiro relato da técnica descrito no Brasil corresponde a 1912, em equinos, enquanto que a sua primeira recomendação em bovinos surgiu em 1937, graças ao intenso trabalho de divulgação da técnica na década de 30 (MIES FILHO, 1977 *apud* SEVERO, 2015, p.18). Já em 1941 o Ministério da Agricultura

fomentou estudos e publicidade para o uso desta como objetivo de promover o melhoramento zootécnico dos rebanhos nacionais (SEVERO, 2015). Em 1974, foi criada o Colégio Brasileiro de Reprodução Animal e a Associação Brasileira de Inseminação Artificial (ASBIA), duas organizações que foram importantes para o fomento da pesquisa e divulgação da IA no Brasil (MIES FILHO, 1987 *apud* SEVERO, 2015, p.20).

De acordo com Associação Brasileira de Inseminação Artificial (ASBIA, 2020), considerando o percentual de vacas inseminadas no ano de 2019, cerca de 16% das matrizes de corte do Brasil foram manejadas pela técnica, demonstrando, então, um aumento do uso da inseminação ao se comparar com sete anos atrás em que apenas 10% destas fêmeas eram inseminadas. O aumento no uso da técnica demonstra o quanto cada vez mais os produtores estão percebendo as vantagens da utilização da inseminação no rebanho. No entanto, ainda existe a necessidade de se promover maiores esforços para que a disseminação aconteça de maneira igualitária para os grandes, mas principalmente aos pequenos produtores, visto que estes podem ter ganhos efetivos em seu rebanho, aumentando, enfim, a sua lucratividade (MARTINS, 2009). A adoção da técnica da inseminação artificial promove inúmeras vantagens ao produtor. Além de possibilitar que o melhoramento genético em um rebanho aconteça de maneira rápida na adoção de sêmen de touros com as características almejadas pelo produtor, também permite que ocorra uma padronização do rebanho, com um controle zootécnico mais eficiente (SENAR, 2011). No entanto, fatores como a detecção ineficiente do estro aliada a falta de equipe bem treinada e da necessidade de abastecimento rotineiro dos botijões com nitrogênio líquido tornam a eficiência da IA prejudicada (MARION; SEGATTI, 2010 *apud* NOGUEIRA 2017, p. 4). Sendo assim, a adoção da técnica de IATF permite a resolução de boa parte destes gargalos, pois, permite que haja redução do intervalo entre partos, concentração de nascimentos em épocas de maior oferta de forragem, inseminação de fêmeas no começo da estação de monta independentemente da fase do ciclo estral e eliminação da necessidade de detecção do estro (NOGUEIRA, 2017). Além disso, o autor afirma que todos estes fatores contribuem de maneira direta para que ocorra o aumento da quantidade de vacas prenhas ao final da estação, gerando acréscimo no número de bezerros nascidos e, conseqüentemente, aumento da eficiência reprodutiva da propriedade.

2.2 Eficiência reprodutiva e alimentar

Dados do ano de 2022 indicaram que o contingente de matrizes de corte do Brasil chegou a aproximadamente 64 milhões, destas 23,50% foram inseminadas (ASBIA, 2022). A implantação e o aumento da adoção da técnica permitem que o país produza animais de melhor qualidade, padronização e geneticamente superiores, permitindo serem gerados em épocas favoráveis à disponibilidade de pastagens e a um melhor momento de oferta e demanda de animais (ZEN; PENAZZI, 2018). Ademais, os autores afirmam que com o passar dos anos a técnica tornou-se mais acessível aos produtores devido a redução dos custos perante a IATF. Segundo Baruselli *et al.* (2019), atualmente a IATF representa mais de 86% das inseminações realizadas no Brasil e das 15,4 milhões de doses vendidas em 2018, 13,6 milhões estiveram associadas à IATF.

A IATF é a sincronização da emergência de onda folicular e da ovulação através do uso de hormônios análogos à própria fisiologia da fêmea, permitindo que a inseminação ocorra em momentos pré-determinados, excluindo a necessidade de se observar o cio e podendo ser utilizada até mesmo em matrizes no anestro, as quais ainda não manifestam o cio e/ou não voltaram a ciclicidade (BARUSELLI *et al.*, 2019). Além disso, os autores afirmam que estes fatores são responsáveis por uma melhora na eficiência reprodutiva das fêmeas, ao permitir que o produtor manipule a melhor época para a estação de monta e, conseqüentemente, para estação de nascimento; o que garante um retorno da matriz à reprodução cerca de 30 dias após o seu parto.

A eficiência alimentar está relacionada na capacidade do animal em converter o alimento ingerido em produtos (HALL, 2003 *apud* SILVA, 2019). Para se medir e obter valores a respeito da eficiência alimentar, cerca de mais de 40 índices já foram propostos sendo que as mais realizadas estão relacionadas à conversão alimentar (consumo dividido pelo ganho) e a eficiência alimentar bruta (ganho dividido pelo consumo) (ALMEIDA, 2005; MENDES; CAMPOS, 2016). Segundo os autores, as duas características são mais utilizadas por haver praticidade de obter informações sobre o consumo dos animais e o ganho de peso, contudo, após alguns estudos foi detectado de que ao adotar a medida de conversão alimentar como uma característica para se aferir a eficiência, haveria a seleção de animais cada vez mais pesados à idade adulta. O motivo está relacionado a correlação fenotípica e genética negativa da conversão alimentar com características de crescimento, gerando, inclusive, aumento da exigência de manutenção e comprometimento no desempenho reprodutivo (ALMEIDA, 2005; CREWS JUNIOR, 2005; NKURUMAH *et al.*, 2004 *apud* MENDES; CAMPOS, 2016).

Até a década de 1990, os trabalhos promovidos por Koch *et al.* (1963) relacionados a uma nova forma de se medir a eficiência alimentar não foram aceitos pela comunidade acadêmica destinada a pesquisas relacionadas à bovinocultura de corte. Contudo, como havia a necessidade de minimizar os efeitos negativos oriundos da utilização da conversão alimentar, pesquisadores buscaram encontrar outras possibilidades para esta aferição e encontraram no trabalho de Koch *et al.* (1963) a resposta, dedicando, portanto, seus estudos nesta outra metodologia denominada consumo alimentar residual (LANNA; ALMEIDA, 2004). O consumo alimentar residual (CAR) pode ser compreendido como a diferença entre o consumo alimentar observado nos animais e o consumo alimentar predito através do ganho de peso e o peso vivo médio metabólico (KOCH *et al.*, 1963). Para se realizar o cálculo do CAR é necessário que os animais sejam avaliados por um período mínimo de 70 dias, pois, de acordo com Castilhos *et al.* (2011 *apud* FERREIRA, 2015), o consumo individual acurado pode ser promovido com no mínimo 28 dias, porém, para avaliação do ganho de peso é necessário um período entre 70 a 84 dias em razão das diferenças de conteúdo gastrointestinal entre pesagens.

Segundo Gonçalves (2019), o CAR é calculado por meio de equações de regressão que podem ser evidenciadas abaixo. Primeiramente, deve-se calcular o consumo de matéria seca esperada através do ganho de peso e peso vivo médio metabólico (PVMM), sendo este calculado da seguinte maneira:

$$PVMM = \left(\frac{PVI + PVF}{2} \right)^{0,75} \quad (1)$$

Nessa equação, PVI consiste no peso vivo inicial enquanto PVF, peso vivo final na prova de eficiência alimentar. Em seguida, para se obter os coeficientes da equação de regressão linear múltipla utiliza-se dos valores de consumo de matéria seca observado (CMS), ganho médio diário (GMD) e peso vivo metabólico (PVMM) de todos os animais em teste, como demonstrada abaixo:

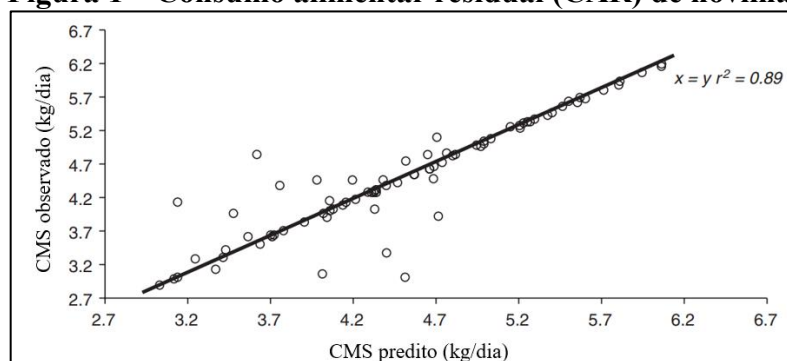
$$CMS = \beta_0 + (\beta_1 \times GMD) + (\beta_2 \times PVMM) \quad (2)$$

Com esta equação determinada, calcula-se, portanto, o consumo de matéria seca esperado para cada animal e, posteriormente, o cálculo do CAR será dado por:

$$CAR = CMS_{obs} - CMS_{esp} \quad (3)$$

Ao se obter os valores de CAR de um determinado grupo de animais, pode-se inclusive representar os resultados graficamente através de um gráfico de regressão linear (Figura 1). Nesse caso, a distância vertical do ponto de consumo de cada bovino avaliado até a linha de regressão será o valor do CAR. Os animais que estiverem acima da linha de regressão são considerados animais CAR positivos, ou seja, o seu consumo observado foi superior ao consumo esperado; enquanto que animais que estiverem abaixo da linha, são animais denominados CAR negativos, ou seja, o seu consumo observado foi inferior ao consumo esperado (FERREIRA, 2015).

Figura 1 – Consumo alimentar residual (CAR) de novilhas



Fonte: Adaptado de Gandra *et al.* (2017).

Apesar do objetivo do teste ser a identificação dos animais mais eficientes quanto ao consumo e conversão do alimento, a coleta de dados de características de carcaça como, área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS) e marmoreio (MAR) é necessária, principalmente para ajustar o CAR para gordura. Estudos em raças europeias demonstraram que animais que apresentavam maior eficiência alimentar, apresentavam carcaças com pouca deposição de gordura (NKRUMAH *et al.* 2007). Nesse sentido, Schenkel *et al.* (2004) observaram que o não ajuste do CAR levou a correlações genéticas e fenotípicas, respectivamente, de 0,16 ($P > 0,05$) e 0,17 ($P < 0,05$); em contrapartida, através do ajuste, as mesmas correlações apresentaram, ambas, o valor de -0,01 ($P > 0,05$). Similarmente, Moraes *et al.* (2019) identificaram estes efeitos em animais da raça Nelore. Ao avaliarem as correlações genéticas e fenotípicas entre CAR e EGS, o não ajuste gerou valores de correlação, respectivamente, de -0,11 e 0,06, enquanto que através do ajuste os valores das correlações obtidos foram -0,22 e 0,00. Portanto, Schenkel *et al.* (2004) e Moraes *et al.* (2019) demonstram que a seleção para a eficiência alimentar através do CAR corrigido para gordura permitiu a melhor identificação de animais mais eficientes na conversão de alimento, sem que exista mudanças drásticas de desempenho em características de carcaça devido às correlações descritas.

Finalmente, é importante destacar que o CAR apresenta moderada herdabilidade (MORAES *et al.* 2019; SANTANA *et al.* 2014), com valores em torno de 0,36. Ou seja, no trabalho realizado por Kelly *et al.* (2010), dos 2,87 kg/MS/dia de diferença que os autores encontraram entre os grupos baixo e alto CAR, 1,03 kg/MS/dia ocorreram devido aos valores genéticos aditivos distintos entre os animais. Em outras palavras, 36% das diferenças entre os fenótipos existiram por diferenças nos valores genéticos aditivos (Falconer e Mackay, 1996). Portanto, sua adoção em programas de melhoramento genético é razoável.

2.3 Relações entre consumo alimentar residual e características reprodutivas e produtivas

De acordo com Crozara *et al.* (2019) para que se obtenha um sistema de pecuária de corte que garanta retorno econômico e melhor eficiência na utilização de alimentos, é necessária a busca por animais que de maneira concomitante expressem precocidade sexual e eficiência para consumo. O desenvolvimento corporal das novilhas pode ser reflexo de uma maior eficiência alimentar, ganho médio diário e, consequentemente, leva a antecipação da puberdade, caracterizando a ocorrência da precocidade sexual (ALVES *et al.*, 2019). Kelly *et al.* (2010) encontraram em seu trabalho diferenças de 2,87 kg/MS/dia entre animais do grupo alto e baixo CAR. Ferreira Júnior (2016) obteve como resultado de seus estudos uma amplitude total do CAR de 2,47kg/dia e no consumo, cerca de 7,16kg/MS/dia. Atrelado a isto, Herd *et al.* (1998 *apud* NASCIMENTO, 2011, p. 59) relataram que os dados disponíveis indicam que vacas identificadas como CAR baixo podem aumentar em até 15% a eficiência do sistema de produção. Estes fatores demonstram a necessidade de identificar e selecionar animais mais eficientes, pois, assim, é possível obter mais lucros através da economia na utilização de insumos necessários para o sistema produtivo de carne bovina. Entretanto, Basarab *et al.* (2007 *apud* FERREIRA JÚNIOR, 2016, p. 17) afirmaram que ainda existem poucos estudos que abordam sobre a relação entre o consumo alimentar residual e a capacidade reprodutiva e produtiva da vaca.

Crozara *et al.* (2019) ao estudarem a associação entre taxa de prenhez e eficiência alimentar em 165 novilhas da raça Nelore obtiveram como resultados uma taxa de prenhez final na estação de 84,8%. Além disso, sobre a avaliação da eficiência alimentar, as matrizes tiveram peso inicial e final de 250kg e 365kg, respectivamente; com um CMS de 8,77kg/MS/dia e GMD de 1,3kg/dia. No entanto, ao associarem as características reprodutivas

e alimentares através do teste de Qui-quadrado (5% de significância), não encontraram relações entre as categorias de CAR e as taxas de prenhez por classificação no teste de eficiência. Basarab *et al.* (2007) encontraram resultados semelhantes ao estudarem em animais de raças taurinas as relações entre consumo alimentar e características produtivas. Os autores ao avaliarem taxa de prenhez e taxa de parição em distintos grupos de CAR, não encontraram diferenças significativas nos resultados ($P > 0,90$ e $P > 0,62$, respectivamente).

Alves *et al.* (2019) estudaram 151 novilhas da raça Nelore sobre as inter-relações das características de precocidade sexual e eficiência alimentar. De acordo com os autores, a seleção para eficiência alimentar pode não comprometer o desempenho reprodutivo de fêmeas Nelore. Todavia, segundo Ferreira Junior (2016) ao se avaliar as relações entre eficiência alimentar e características reprodutivas em bovinos Nelore, pôde ser observado uma baixa associação fenotípica e genética entre CAR e características reprodutivas. O pesquisador além de encontrar uma amplitude de CAR de 2,47kg/dia estudando 320 vacas, obteve um valor de CAR para o grupo baixo de $-0,294 \pm 0,017$ e para o grupo CAR alto de $0,305 \pm 0,0189$ ($P < 0,0001$); enquanto que para o consumo, no qual obteve uma amplitude de 7,16kg/MS/dia, as fêmeas classificadas como CAR baixo apresentaram um valor médio de $6,02 \pm 0,067$; e para aquelas que englobaram o CAR alto, um valor de $6,88 \pm 0,074$ ($P < 0,0001$). Salienta-se, inclusive, que de todas as características avaliadas pelo autor, apenas estas diferiram estatisticamente.

Ao se considerar o tempo de gestação dos bovinos, Paschal *et al.* (2013) afirmaram que a duração da gestação em *Bos indicus* é em torno de 292,2 dias enquanto em *Bos taurus*, esta média encontra-se próxima de 281,6 dias. Além disso, os autores no seu trabalho encontraram uma taxa de prenhez em novilhas submetidas à técnica de IATF de 80,3%. Ao avaliarem o tempo de gestação de fêmeas da raça Angus, Basarab *et al.* (2011) não encontraram em seus estudos diferenças entre a dificuldade de parto, data média do parto, idade ao primeiro parto, peso ao nascer, ganho de peso pré-desmama, peso à desmama e produtividade da novilha entre categorias de fêmeas englobadas em alto e baixo CAR.

Devido aos fatores anteriormente citados sobre a importância da característica de eficiência alimentar e a escassez de dados na literatura (Corvino, 2010), o objetivo do nosso trabalho foi determinar o impacto do CAR nos índices produtivos e reprodutivos em novilhas da raça Nelore.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados neste trabalho foram cedidos pela fazenda Rancho Grande da Matinha, localizada em Uberaba, MG, Brasil (19°34'51"S 48°5'16"O). Dados de quatro provas de eficiência alimentar de 436 fêmeas nascidas entre Julho e Dezembro de 2017 e 2018 foram analisados. Cada prova de eficiência alimentar teve duração média de 14 dias de adaptação e 70 dias de teste.

A prova foi realizada no sistema GrowSafe® que é composto por 16 cochos eletrônicos, oito em cada piquete, dotados cada um com uma balança para medir a quantidade de alimento presente. Cada cocho apresentava um sensor que realiza a leitura dos brincos contidos na orelha dos animais, identificando, portanto, qual animal estava se alimentando. Cada baia possuía dois bebedouros a frente de plataformas que realizam a pesagem diária dos bovinos, denominadas Balança Intergado®. Em cada plataforma, assim como nos cochos, sensores detectavam a presença ou a ausência dos animais através de brincos eletrônicos. A associação dos dois sistemas permitiu que fossem promovidas aferições individuais do consumo de alimento e do peso corporal diário.

Diariamente eram fornecidas por meio de um vagão misturador três alimentações *ad libitum* com relação média de 78:22 de volumoso:concentrado, apresentando um teor médio de matéria seca de 39%, nutrientes digestíveis totais de 66% e proteína bruta de 11% objetivando o ganho de 1,0kg/dia. As dietas foram compostas por silagem de milho, milho moído, farelo de soja, leveduras e suplemento mineral para reprodução.

No último dia de teste, características de carcaça foram mensuradas através do uso de ultrassom com frequência de 3 a 3,5 MHz através de um profissional credenciado. Área de olho de lombo (AOL) foi medida sobre o músculo *longissimus dorsi* entre a 12ª e a 13ª costela. Espessura de gordura subcutânea foi avaliada como a quantidade de gordura localizada em cima do músculo *longissimus dorsi*. Espessura de gordura da garupa foi mensurada como a quantidade de gordura localizada entre o ísquio e o ílio, medido na inserção dos músculos *glúteo médio* e *bíceps femorais*. Além disso, no último dia de prova a altura de garupa dos animais também foi medida.

O consumo de matéria seca (CMS) foi calculado com base na média dos valores de consumo obtido durante o teste. O ganho de peso diário (GPD) foi calculado como a inclinação da regressão do peso corporal na idade da pesagem. O consumo alimentar residual (CAR) foi calculado como a diferença entre o consumo de alimento observado e o consumo estimado, conforme proposto por Koch *et al.* (1963). Destaca-se que o CAR estimado é

oriundo do resíduo da equação de regressão do consumo de matéria seca observado em função do ganho médio diário e do peso vivo metabólico. Finalmente, para calcular o CAR ajustado para a gordura, o modelo de regressão incluiu a espessura de gordura subcutânea como covariável.

Do conjunto de variáveis mensuradas em cada teste de eficiência alimentar, apenas foram estudadas as variáveis peso inicial (PI), peso final (PF), ganho de peso diário (GPD), consumo de matéria seca (CMS), consumo alimentar residual ajustado para gordura (CARG) e altura (ALT). Com exceção de CARG que foi ajustado para a gordura, todas as demais características foram ajustadas para a idade dos animais. Sendo assim, todas as variáveis estudadas são variáveis ajustadas. O banco de dados original contou com 433 registros para PDN, 436 para PI, PF, GPD, CMS e CARG, 387 para ALT, 380 para TG e 299 para PNP. Com o intuito de completar o banco de dados com o máximo de informações possível, imputamos os valores perdidos utilizando a imputação pela mediana para CARG (instabilidade da resposta, Tabela 1) e, para as demais características, pela média (Banerjee *et al.*, 2020). Em ambos os métodos, substituímos o valor perdido pelo valor do parâmetro para determinada característica. Finalmente, o banco de dados final contou com 436 observações para cada uma das variáveis estudadas.

A partir dos valores da variável CARG, todas as fêmeas que concluíram a prova de eficiência alimentar foram classificadas em três grupos: baixo (CARG Baixo), médio (CARG Médio) e alto (CARG Alto) consumo alimentar residual. Animais classificados no grupo baixo apresentam valores negativos para a variável CARG, ou seja, em média espera-se que o consumo de alimento seja inferior ao previamente calculado para se ganhar 1,0kg/dia. Animais classificados no grupo alto apresentam valores positivos para a variável CARG, ou seja, em média espera-se que o consumo de alimento seja superior ao previamente calculado para se ganhar 1,0kg/dia. Animais classificados no grupo médio apresentam valores intermediários para a variável CARG, ou seja, em média espera-se que o consumo de alimento não apresente variação significativa em relação ao previamente calculado. Portanto, animais classificados no grupo de baixo CARG são considerados mais eficientes, enquanto aqueles que pertencem ao grupo de alto CARG, menos eficientes.

Os dados de desempenho reprodutivo das fêmeas foram de registros das estações de monta dos anos de 2017/2018 e 2018/2019. A estação de monta da propriedade teve duração média de 90 dias (outubro a novembro) com fêmeas expostas a até dois protocolos de IATF e, posteriormente, à monta natural com touros do próprio rebanho. As variáveis reprodutivas

estudadas foram: taxa de prenhez precoce (TPP) e tempo de gestação (TG). Além destas características reprodutivas, as características peso de nascimento da progênie (PNP) e peso de desmama da novilha (PDN) também foram avaliadas.

Após a coleta das características, todos os valores foram estratificados em uma planilha no programa Excel®. A distribuição de normalidade das variáveis foi verificada através do Teste de Shapiro-Wilk. Para verificar se existe associação entre o grupo de eficiência alimentar com a taxa de prenhez, o teste de Qui-quadrado com nível de significância de 5% foi realizado. Em sequência, as diferenças entre as médias dos grupos do teste de eficiência alimentar para as características PI, PF, GPD, CMS, CARG, ALT, TPP e TG foram testadas a partir de análises de variância (ANOVA) e teste de Tukey. Finalmente, as correlações de Pearson entre as características de peso, eficiência alimentar e reprodutivas foram calculadas. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa R versão 4.3.1.® (R Core Team, 2023).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estatísticas descritivas dos fenótipos avaliados para as características reprodutivas, produtivas e de eficiência alimentar de novilhas da raça Nelore estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Estatística descritiva fenotípica de características reprodutivas, produtivas e de eficiência alimentar em novilhas da raça Nelore

Características	N	Média	DP	Mediana	CV	Mínimo	Máximo
PDN (kg)	433	225,90	21,58	168,50	9,55	153,70	307,40
PI (kg)	436	371,02	36,97	369,86	9,96	256,47	508,79
PF (kg)	436	442,32	41,93	441,29	9,48	330,40	606,23
GPD (kg)	436	1,06	0,23	1,07	21,70	0,30	1,61
CMS (kg)	436	7,87	0,88	7,85	11,19	5,17	10,47
CARG (kg)	436	0,03	0,72	0,06	2439,88	-2,11	2,03
ALT (cm)	436	136,41	4,00	136,35	2,94	126,34	149,06
TG (dia)	436	289,81	5,69	290,00	1,96	275,00	320,00
PNP (kg)	436	35,07	4,60	36,00	13,10	23,00	49,00

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

PDN: peso de desmama da novilha; PI: peso inicial; PF: peso final; GPD: ganho de peso diário; CMS: consumo de matéria de seca; CARG: consumo alimentar residual ajustado para gordura; ALT: altura; TG: tempo de gestação; PNP: peso de nascimento da progênie.

O conhecimento dos valores médios de pesos (PDN = 225,90, PI = 371,02, PF = 442,32, GPD = 1,06, PNP = 35,07), consumo (CMS = 7,87, CARG = 0,03), estrutura (Alt = 136,41) e tempo de gestação (TG = 289,91) de novilhas que participaram de testes de eficiência alimentar permite caracterizar o que se espera de desempenho de fêmeas que, futuramente, forem inseridas em novos testes de eficiência e manejadas reprodutivamente. Verificou-se que os coeficientes de variação de todas as características, com exceção de GPD, CMS, CARG e PNP são todos abaixo de 10%, ou seja, apresentam baixa variação.

Conforme apresentado na Tabela 1, os valores médios de CMS e GPD demonstram que os animais corresponderam ao almejado na prova, pois, houve consumo médio de 7,87kg de matéria seca com um ganho de 1,06kg/dia. Os resultados são semelhantes com os encontrados por Crozara *et al.* (2019) que obtiveram valores de CMS e GMD de 8,77kg e 1,3kg/dia.

A Tabela 2 apresenta a taxa de prenhez das novilhas quanto sua classificação ao CAR.

Tabela 2 – Taxa de prenhez em distintas classificações de eficiência alimentar em novilhas da raça Nelore

Classificação Reprodutiva	CAR Baixo	CAR Médio	CAR Alto	Total
% Prenha (n)	76,34% (100)	79,38% (127)	79,31% (115)	78,44% (342)
% Vazia (n)	23,66% (31)	20,62% (33)	20,69% (30)	21,56% (94)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Não houve associação detectada pelo teste de Qui-quadrado ($P > 0,05$) entre taxa de prenhez das novilhas com as classes de CAR. Resultados semelhantes foram encontrados por Basarab *et al.* (2007) em fêmeas taurinas e Crozara *et al.* (2019) em fêmeas zebuínas.

As diferenças entre as médias de PDN, PI, PF, ALT, TG e PNP dos diferentes grupos de eficiência alimentar não foram estatisticamente significativas de acordo com o teste de Tukey ($P > 0,05$, Tabela 3).

O grupo CARG Baixo apresentou as maiores médias para GPD, e as menores médias para CMS e CFA ($P < 0,05$). Para GPD, animais do grupo CAR Baixo e CAR Alto

apresentaram os valores médios de 1,11 e 1,04, respectivamente. Aliado a isto, animais do grupo CAR Baixo apresentaram menor CMS do que o grupo CAR Alto (7,14 e 8,57, respectivamente). Este resultado condiz com o esperado, visto que animais que apresentam CARG baixo tendem a ser, em média, mais eficientes por ganharem mais peso ingerindo menos alimento, enquanto os de CARG alto, menos eficientes por ingerirem mais alimento do que o esperado (FERREIRA, 2015).

Tabela 3 – Valores médios e resultados do Teste de Tukey de características produtivas, reprodutivas e de eficiência alimentar em distintas classificações de eficiência alimentar em novilhas da raça Nelore

Características	CAR Baixo	CAR Médio	CAR Alto	P-Valor
PDN (kg)	229,18	225,15	223,77	0,097
PI (kg)	374,63	369,30	369,67	0,4098
PF (kg)	448,63	439,93	439,25	0,1184
GPD (kg)	1,11 ^a	1,05 ^{ab}	1,04 ^b	< 0,05
CMS (kg)	7,14 ^a	7,82 ^b	8,57 ^c	< 0,0001
CARG (kg)	-0,81 ^a	0,03 ^b	0,79 ^c	< 0,0001
ALT (cm)	136,08	136,35	136,76	< 0,0001
TG (dia)	289,41	290,03	289,98	0,3177
PNP (kg)	35,00	35,50	34,67	0,5618

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

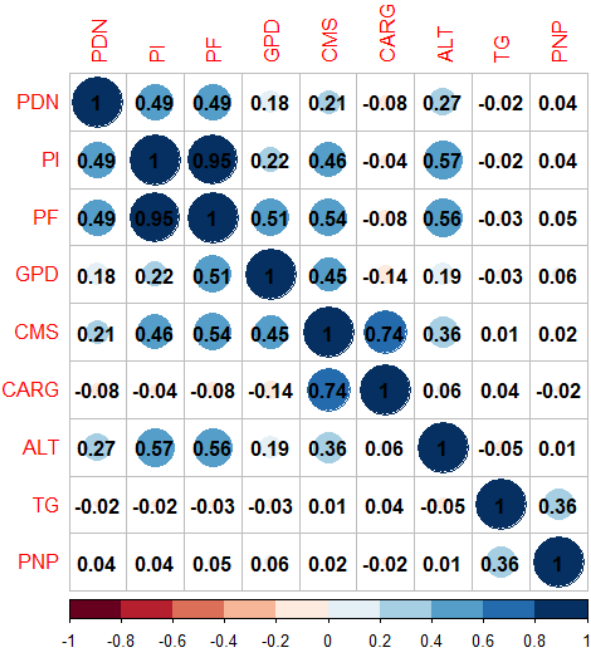
Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha diferem significativamente ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey. PDN: peso de desmama da novilha; PI: peso inicial; PF: peso final; GPD: ganho de peso diário; CMS: consumo de matéria de seca; CARG: consumo alimentar residual ajustado para gordura; ALT: altura; TG: tempo de gestação; PNP: peso de nascimento da progênie.

Os valores encontrados para CARG nos grupos Baixo, Médio e Alto foram -0,82, 0,03 e 0,79, respectivamente. Observou-se uma amplitude no CARG de 4,14kg/MS/dia. Ferreira Júnior (2016) corrobora com os resultados obtidos. Ao estudar as relações fenotípicas e genéticas entre características de eficiência alimentar e reprodutivas em machos e fêmeas da raça Nelore, identificou valores no grupo CAR Baixo de -0,294 ($P < 0,0001$), CAR alto de 0,305 ($P < 0,0001$) e amplitude de CAR de 2,47kg/MS/dia. Segundo o autor, a amplitude de CAR encontrada justifica estudos mais aprofundados da característica, pois identificar e utilizar animais mais eficientes, pode reduzir os custos nutricionais das propriedades. Quanto maior a variabilidade dos candidatos à seleção, menor a possibilidade de acontecer combinações alélicas idênticas e amostras mais representativas deste candidato serão transmitidas (Battagin *et al.* 2016). Como o ganho genético é expresso em função da

intensidade de seleção, herdabilidade, desvio padrão fenotípico e intervalo entre gerações (Falconer e Mackay, 1996), quanto maior o desvio, maior será o ganho. Assim, a amplitude encontrada nesse estudo (4,14) reafirma o relatado por Ferreira Júnior (2016).

As análises das correlações de Pearson entre as características produtivas, reprodutivas e de eficiência alimentar (Figura 1) apresentaram poucas associações estatisticamente significativas. As correlações de CARG com PDN, PI, PF, GPD, ALT, TG e PNP não foram estatisticamente significativas ($P > 0,05$). A única correlação estatisticamente significativa que CARG apresentou foi com CMS ($r = 0,74$, $P < 0,05$). Moraes *et al.* (2019) ao estudarem a associação entre eficiência alimentar e características de carcaça no mesmo rebanho do nosso estudo encontraram correlação fenotípica de 0,68 entre CMS e CARG. À medida que os animais demonstram variações no consumo alimentar residual, seja em sentido positivo ou negativo, observa-se uma correspondente variação no consumo de matéria seca. Ou seja, espera-se que animais CAR negativo sejam animais com CMS baixo (Tabela 3)

Imagem 1 - Correlação de Pearson entre características produtivas, reprodutivas e de eficiência alimentar em novilhas da raça Nelore



Fonte: Resultado da pesquisa (2023).

PDN: peso de desmama da novilha; PI: peso inicial; PF: peso final; GPD: ganho de peso diário; CMS: consumo de matéria de seca; CARG: CAR ajustado para gordura; ALT: altura; TG: tempo de gestação; PNP: peso de nascimento da progênie. A escala de cores indica a correlação: positiva (próxima de 1, círculo azul) ou negativa (próxima de -1, círculo vermelho).

Adicionalmente, PI esteve associado com PF ($r = 0,95$, $P < 0,001$) e ALT ($r = 0,57$, $P < 0,05$), respectivamente. A correlação de PI com PF reforça a ideia de que a seleção para peso em qualquer idade promove mudança genética nos pesos das demais idades (Boligon *et al.*, 2009) devido a efeitos pleiotrópicos e de ligação gênica (Falconer e Mackay, 1996). A correlação de PI com ALT indica que à medida que animais entram para a prova mais pesados, eles tendem a apresentar maior altura de garupa. Outros estudos demonstraram associação genética entre altura de garupa e peso corporal (Cyrillo *et al.* 2001; Silva *et al.* 2003; Pereira *et al.*, 2010). No entanto, a relação entre as características não é favorável, pois há indícios de que a seleção apenas para o peso pode produzir animais altos e, a depender do ambiente que o animal é inserido, podem apresentar ineficiência e serem considerados tardios.

5. CONCLUSÃO

Não houve a detecção de impactos significativos entre o CAR ajustado para gordura e índices produtivos e reprodutivos em novilhas da raça Nelore.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Rodrigo de. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento**. 2005. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

ALVES, Milene Godim de Oliveira *et al.* Interrelações entre Características de Precocidade Sexual e de Eficiência Alimentar em Fêmeas Nelore. *In*: SEMINÁRIO JOVENS TALENTOS, 13, 2019, Santo Antônio de Goiás. **Anais do 13º Seminário Jovens Talentos**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. **Beef REPORT Perfil da Pecuária no Brasil 2020**. São Paulo, 2020. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>. Acesso em: 24 out. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL (ASBIA). **INDEX 2019**. Uberaba, 2020. Disponível em: <https://asbia.org.br/wp-content/uploads/2020/02/Index-asbia-1.pdf>. Acesso em: 24 out. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL (ASBIA). **INDEX 2022**. Uberaba, 2022. Disponível em: https://asbia.org.br/wp-content/uploads/Index/Index_ASBIA_2022.pdf. Acesso em: 02 out. 2023.

BANERJEE, Nilabhra *et al.* Passenger demand forecasting in scheduled transportation. **European Journal of Operational Research**, Amsterdã, v. 286, n. 3, p. 797-810, Nov. 2020

BARUSELLI, Pietro Sampaio *et al.* Challenges to increase the AI and ET markets in Brazil. *In: ANNUAL MEETING OF THE BRAZILIAN EMBRYO TECHNOLOGY SOCIETY (SBTE)*, 33., 2019, Ilha de Comandatuba. **Proceedings of the 33rd Annual Meeting of the Brazilian Embryo Technology Society (SBTE)** [...]. Belo Horizonte. Animal Reproduction, p. 364-375.

BASARAB, J.A. *et al.* Relationships between progeny residual feed intake and dam productivity traits. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 87, p. 489-502, Dez. 2007.

BASARAB, J. A. *et al.* Residual feed intake adjusted for backfat thickness and feeding frequency is independent of fertility in beef heifers. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.91, p. 573- 584, Out. 2011.

BOLIGON, Arione Augusti *et al.* Herdabilidades e correlações entre pesos do nascimento à idade adulta em rebanhos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 12, p. 2320-2326, Dez. 2009.

BRISOLA, Marlon Vinícius. Trajetórias da bovinocultura de corte na Argentina e no Brasil: uma análise histórica e comparada sobre os efeitos das políticas de estado nos últimos dois séculos. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 119, n. 1, p. 1-16, Jul. 2020.

CORVINO, Tatiana Lucila Sobrinho. **Caracterização do consumo alimentar residual e relações com desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore**. 2010. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

CROZARA, Adriano Santana *et al.* Associação entre taxa de prenhez e eficiência alimentar em novilhas precoces da raça nelore. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA*, 29., 2019, Uberaba. **Anais do XXIX Congresso Brasileiro de Zootecnia** [...]. Uberaba: Associação Brasileira de Zootecnistas, 2019.

CYRILLO, J. N. dos S. G. *et al.* Estimativas 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**, Viçosa, v. 30, p. 56-65, Jun. 2001.

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

DIAS, Fernando Rodrigues Teixeira *et al.* **Como deverá ser a comercialização na cadeia produtiva da carne bovina em 2040?** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2020.

DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. **Uso de pastagens para a produção de bovinos de corte no Brasil: passado, presente e futuro.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2016.

MARTINS, Carlos Frederico *et al.* **Inseminação artificial: uma tecnologia para o grande e o pequeno produtor.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2009.

EMBRAPA GADO DE CORTE. **O futuro da cadeia produtiva da carne bovina brasileira: uma visão para 2040.** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2020.

FALCONER, Douglas Scott; MACKAY, Trudy Frances Charlene. **Introduction to Quantitative Genetics.** 4. ed. Harlow: Addison Wesley Longman, 1996.

FERREIRA JÚNIOR, Rubens José. **Relações entre eficiência alimentar e características reprodutivas em bovinos Nelore.** 2016. Tese (Mestrado em Produção Animal Sustentável) - Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2016.

FERREIRA, Fabiano Andrade *et al.* Consumo alimentar residual em bovinos de corte. **Nutritime Revista Eletrônica**, Viçosa, v. 12, n. 6, p. 4368-4378, Nov-Dez. 2015.

GANDRA, Jefferson *et al.* Recombinant bovine somatotropin on heifer's biometric measures, bodyweight, blood metabolites, and dry matter intake predictions. **Animal Production Science**, Clayton, v. 58, n. 12, Ago. 2017.

GOMES, Rodrigo da Costa *et al.* **Ingestão de alimentos e eficiência alimentar de bovinos de corte: metodologia de avaliação e instalações para viabilizar a colheita de dados na fase pós-desmama.** Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2011.

GONÇALVES, Fernanda Braga Duarte. **Avaliação do componente genético na expressão fenotípica de características de eficiência alimentar de bovinos da raça Nelore.** 2019. Monografia. (Bacharelado em Zootecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa da Pecuária Municipal 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

KELLY, A. K. *et al.* Repeatability of feed efficiency, carcass ultrasound, feeding behavior, and blood metabolic variables in finishing heifers divergently selected for residual feed intake. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 88, n. 10, p. 3214–3225, Out. 2010.

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

LEMOES, Fernanda Kesrouani. **A evolução da bovinocultura de corte brasileira: elementos para a caracterização do papel da ciência e da tecnologia na sua trajetória de desenvolvimento**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

LANNA, Dante Pazzanese; ALMEIDA, Rodrigo de. Residual feed intake: um novo critério de seleção? *In*: SIMPÓSIO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE MELHORAMENTO ANIMAL, 5., 2004, Pirassununga, SP. **Anais do V Simpósio da Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal** [...]. Pirassununga: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2004.

MENDES, Egleu Diomedes Marinho; CAMPOS, Mariana Magalhães. Eficiência alimentar em bovino de corte. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 23, n. 292, p.28-38, 2016.

MALAFIA, Guilherme Cunha *et al.* **Análise de Desempenho Econômico do Complexo Agroindustrial da Bovinocultura de Corte Brasileira**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2020.

MORAES, G. F. *et al.* Selection for feed efficiency does not change the selection for growth and carcass traits in Nelore cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, Hoboken, v. 136, n. 6, p. 464–473, Nov. 2019.

NASCIMENTO, Michele Lopes do. **Eficiência alimentar e suas associações com lucro, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos Nelore**. 2011. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2011.

NKRUMAH, Joshua D. *et al.* Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 84, n. 1, p. 145-153, Jan. 2006.

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

NOGUEIRA, Camilla de Souza. **Impacto da IATF (Inseminação Artificial em Tempo Fixo) sobre características de importância econômica em bovinos Nelore**. 2017. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento Animal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2017.

PASCHAL, J. C. *et al.* Calving and weaning characteristics of Angus-, Gray Brahman-, Gir-, Indu-Brazil-, Nellore-, and Red Brahman-sired F1 calves. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 2395-2402, Jun. 1991.

PEREIRA, M. C. *et al.* Altura da garupa e sua associação com características reprodutivas e de crescimento na raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, p. 613-620, Mai. 2010.

SANTANA, Miguel Henrique de Almeida *et al.* Genetic parameter estimates for feed efficiency and dry matter intake and their association with growth and carcass traits in Nellore cattle. **Livestock Science**, Amsterdã, v. 167, p. 80-85, Set. 2014.

SANTOS, Rodrigo Malta dos. **A Intensificação da bovinocultura de corte como um instrumento na redução do desmatamento nos diferentes biomas brasileiros**. 2018. Dissertação (Mestrado em Agronegócios) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). **Inseminação Artificial: Bovinos**. 3. ed. Brasília: Senar, 2011

SEVERO, Neimar Correa. História da inseminação artificial no Brasil. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 39, n. 1, p. 17-21, Jan-Mar. 2015.

SCHENKEL, Flavio S. *et al.* Genetic parameters and breed differences for feed efficiency, growth, and body composition traits of young beef bulls. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 8, n. 2, p. 177-186, Jun. 2004.

SILVA, Carolina Silveira da. **Relação entre medidas de eficiência alimentar com o desempenho reprodutivo e deposição de gordura em novilhas Brangus**. 2019. Tese (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

SILVA, J. A. de V. Estimação de parâmetros genéticos para probabilidade de prenhez aos 14 meses e altura de garupa em bovinos da raça Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 332, n. 35, Out. 2003.

SOUZA, Gioto Ghiarone Terto e *et al.* Monta natural versus inseminação artificial em bovinos. **PUBVET**, Londrina, v. 6, n. 35, Out. 2012.

WRAY-CAHEN, D. *et al.* Advancing genome editing to improve the sustainability and resiliency of animal agriculture. **CABI Agriculture and Bioscience**, Berlin, v. 3, n. 21, Apr. 2022.

ZEN, Sergio de; PENAZZI, Giovanni. Custos de protocolos de IATF apresentam queda nos últimos 5 anos. **CEPEA – CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – ESALQ/USP**, Piracicaba, 2018. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0101305001542891714.pdf>. Acesso em: 23 Out. 2020.