

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Amanda Farias de Moura

**CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL: DESEMPENHO PRODUTIVO E  
CARACTERÍSTICAS PÓS-ABATE DE NOVILHOS CONFINADOS**

Santa Maria, RS  
2021

**Amanda Farias de Moura**

**CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL: DESEMPENHO PRODUTIVO E  
CARACTERÍSTICAS PÓS-ABATE DE NOVILHOS CONFINADOS**

Tese apresentada ao curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutora em Zootecnia**.

Orientador: Prof. Dr. Dari Celestino Alves Filho

Santa Maria, RS  
2021

Moura, Amanda Farias de  
Consumo alimentar residual: desempenho produtivo e  
características pós-abate de novilhos confinados / Amanda  
Farias de Moura.- 2021.  
61 p.; 30 cm

Orientador: Dari Celestino Alves Filho  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Zootecnia, RS, 2021

1. Bovinos de Corte 2. Carcaça 3. Carne 4.  
Confinamento 5. Consumo I. Alves Filho, Dari Celestino  
II. Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

---

© 2021

Todos os direitos autorais reservados a Amanda Farias de Moura. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante a citação da fonte.

E-mail: af.moura@hotmail.com

Amanda Farias de Moura

**CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL: DESEMPENHO PRODUTIVO E  
CARACTERÍSTICAS PÓS-ABATE DE NOVILHOS CONFINADOS**

Tese apresentada ao curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Doutora em Zootecnia**.

Aprovado em 26 de março de 2021:

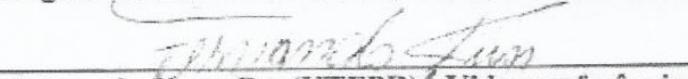


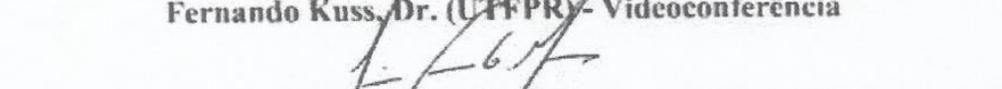
**Dari Celestino Alves Filho, Dr. (UFSM) - Videoconferência**  
(Presidente/Orientador)



**Leonir Luiz Pascoal, Dr. (UFSM) - Videoconferência**

  
**Luiz Angelo Damian Pizzuti, Dr. (UFSM) - Videoconferência**

  
**Fernando Kuss, Dr. (UTFPR) - Videoconferência**

  
**Luís Fernando Glasenapp de Menezes, Dr. (UTFPR) - Videoconferência**

Santa Maria, RS  
2021

## DEDICATÓRIA

À Cecília, filha amada.

## AGRADECIMENTOS

### *Agradeço...*

Primeiramente à Deus, pelas bênçãos e por ter me permitido finalizar mais essa etapa.

Ao Leonel, por percorrer esse o caminho ao meu lado e também pelo companheirismo, auxílio, conversas, amor e apoio ao longo desses anos.

Aos meus pais Nelson e Carla, por todo apoio, suporte e por sempre acreditarem no meu melhor.

Ao meu orientador, prof. Dari Celestino Alves Filho, pela compreensão, ensinamentos e principalmente, pela amizade.

Ao prof. Ivan Luiz Brondani, pelo companheirismo e amizade.

Aos amigos John, Sander, Diego, Alexandra, Joziane, Lucas e Odilene, pela convivência, amizade, conversas e companheirismo.

Aos colegas de Pós-Graduação Ana Paula, Dani, Marcelo, Patrícia, Camille, Mauren, Fabi, Ricardo pelo companheirismo e amizade.

A todos os estagiários que fazem ou fizeram parte do Laboratório de Bovinocultura de Corte, pois são essenciais na realização dos estudos.

Aos professores, pelos valiosos ensinamentos nas disciplinas realizadas.

À UFSM, pela educação pública, gratuita e de qualidade.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

## RESUMO

### CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL: DESEMPENHO PRODUTIVO E CARACTERÍSTICAS PÓS-ABATE DE NOVILHOS CONFINADOS

AUTORA: Amanda Farias de Moura  
ORIENTADOR: Dari Celestino Alves Filho

O consumo alimentar residual é um método utilizado para medir a eficiência de utilização dos alimentos pelos animais, independentemente do nível de produção, que permite a identificação de animais que consomem menor quantidade de alimentos sem afetar o desempenho produtivo. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento ingestivo, a produção estimada de metano, o desempenho e características pós-abate de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual (CAR). Foram utilizados dados de estudos realizados no Laboratório de Bovinocultura de Corte da Universidade Federal de Santa Maria, entre 2006 a 2015, os quais compreenderam informações de 157 novilhos castrados terminados em confinamento, abatidos aos 24 meses de idade, constituídos em uma abordagem meta-analítica. Os animais pertenciam ao rebanho experimental da propriedade, sendo oriundos do cruzamento rotativo alternado entre as raças Charolês e Nelore e foram divididos em três tratamentos: Baixo - animais com valores de CAR menos meio (-0,5) desvio padrão inferiores à média geral (n=54); Médio - animais cujos valores de CAR se localizaram entre os limites dos animais de baixo e alto CAR (n=55); Alto - animais que apresentaram valores de consumo alimentar residual meio (+0,5) desvio padrão acima da média geral (n=48). Os novilhos do tratamento Alto apresentaram maior peso inicial (302,29 kg) e os do Médio menor (279,31 kg), sendo que o tratamento Baixo não diferiu (287,84 Kg). Os consumos de matéria seca absoluto e relativo e a conversão alimentar foram maiores no tratamento Alto (10,95 kg/dia, 2,99 kg/ 100 kg de peso corporal e 7,84 kg MS/ kg de ganho, respectivamente), seguidos pelo Médio (9,43 kg/dia, 2,66 kg/ 100 kg de peso corporal e 6,55 kg MS/ kg de ganho) e Baixo (8,44 kg/dia, 2,30 kg/ 100 kg de peso corporal e 6,23 kg MS/ kg de ganho). A produção diária de metano entérico estimada foi maior no tratamento Alto (248,01 L/ dia), menor no Baixo (197,03 L/ dia) e o tratamento Médio apresentou comportamento intermediário (218,46 L/dia). Novilhos com baixo CAR permaneceram, aproximadamente, 115 dias em confinamento contra 100 e 96 dias para Médio e Alto. Novilhos com Baixo CAR apresentaram maior comprimento de carcaça (125,68 cm) em relação aos com Médio CAR (123,40 cm). O peso relativo de dianteiro foi maior nos novilhos de Baixo CAR (37,22 kg/ 100 kg de carcaça fria) em comparação com o Alto (36,65 kg/ 100 kg de carcaça fria). No peso relativo de traseiro ocorreu o inverso (52,76 kg/ 100 kg de carcaça fria no tratamento Alto e 52,05 kg/ 100 kg de carcaça fria no Baixo). Animais com Baixo e Médio CAR demonstraram maior peso relativo de coração, total de gorduras internas, gordura cardíaca, renal e abomasal. Animais com Médio CAR obtiveram maior peso relativo de gordura intestinal. Enquanto animais com Médio e Alto CAR apresentaram maior peso de fígado. Já animais com Alto CAR tiveram maiores pesos relativos de pulmões, abomaso e intestinos. O marmoreio foi maior no tratamento Alto CAR (6,77 pontos), seguido pelo Médio (5,73 pontos) e menor no Baixo (4,90 pontos). Novilhos com consumo alimentar residual negativo demonstram melhor eficiência alimentar, sem apresentar prejuízos no seu desempenho produtivo, porém apresentam maior teor gordura interna e menor marmoreio na carne.

**Palavras-chave:** Carcaça. Carne. Eficiência. Meta-análise.

## ABSTRACT

### RESIDUAL FEED INTAKE: PRODUCTIVE PERFORMANCE AND POST-SLAUGHTERING FEATURES OF CONFINED STEERS

AUTHOR: Amanda Farias de Moura

ADVISOR: Dari Celestino Alves Filho

Residual feed intake is a method used to measure the efficiency of food use by animals, regardless of the level of production, which allows the identification of animals that consume less food without affecting productive performance. Thus, the objective of this study was to evaluate the ingestive behavior, the estimated methane production, the performance and post-slaughter characteristics of steers with low, medium or high residual feed intake (RFI). They used data from studies in Laboratório de Bovinocultura de Corte of Federal University of Santa Maria, from 2006 to 2015, which comprised 157 steers information castrated feedlot and slaughtered at 24 months of age, made in a meta-analytical approach. The animals belonged to the experimental herd of the property, originating from the alternating rotational cross between the Charolais and Nellore breeds and were divided into three treatments: Low - animals with RFI values less than half (-0.5) standard deviation lower than the general average (n = 54); Medium - animals whose RFI values were located between the limits of low and high RFI animals (n = 55); High - animals that presented values of residual food consumption half (+0.5) standard deviation above the general average (n = 48). High treatment steers had a higher initial weight (302.29 kg) and Medium treatment steers had a lower average (279.31 kg), while the Low treatment did not differ (287.84 kg). The dry matter intake absolute and relative and feed conversion ratio were higher in the Alto treatment (10.95 kg / day, 2.99 kg / 100 kg of body weight and 7.84 kg DM / kg of gain, respectively), followed by Medium (9.43 kg / day, 2.66 kg / 100 kg of body weight and 6.55 kg DM / kg of gain) and Low (8.44 kg / day, 2.30 kg / 100 kg of weight) and 6.23 kg DM / kg gain). The estimated daily production of enteric methane was higher in the High treatment (248.01 L / day), lower in the Low treatment (197.03 L / day) and the Medium treatment showed an intermediate behavior (218.46 L / day). Steers with low RFI remained approximately 115 days in feedlot against 100 and 96 days for Medium and High. Low RFI steers showed longer carcass length (125.68 cm) compared to Medium RFI steers (123.40 cm). The relative weight of the forehead was higher in the Low RFI steers (37.22 kg / 100 kg cold carcass) compared to the High steers (36.65 kg / 100 kg cold carcass). In the relative rear weight, the reverse occurred (52.76 kg / 100 kg of cold carcass in Alto treatment and 52.05 kg / 100 kg of cold carcass in Low). Animals with Low and Medium RFI showed greater relative weight of heart, total internal fat, cardiac, renal and abomasal fat. Medium RFI animals obtained a higher relative weight of intestinal fat. While animals with Medium and High RFI had higher liver weight. High RFI animals had higher relative weights of lungs, abomasum and intestines. Marbling was higher in the High RFI treatment (6.77 points), followed by the Medium one (5.73 points) and lower in the Low one (4.90 points). Steers with negative residual feed intake demonstrate better-feed efficiency, without impairing their productive performance, but have a higher content of internal fat and less marbling in the meat.

**Keywords:** Carcass. Beef. Efficiency. Meta-analysis.

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

- Tabela 1 – Médias e erros-padrão dos pesos inicial (PI) e final (PF), escore de condição corporal final (CCF), consumos de matéria seca (CMS), conversão alimentar (CA) e dias de confinamento (DC) de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.....31
- Tabela 2 - Médias e erros-padrão dos tempos de alimentação (TA), ócio (TO) e ruminação (TR), número e tempo de mastigadas por bolo alimentar (MBA) e número de bolos ruminados por dia (BR) de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.....32
- Tabela 3 - Médias e erros-padrão da produção e energia retida na forma de metano (CH<sub>4</sub>) de novilhos com alto ou baixo consumo alimentar residual. ....33

### CAPÍTULO II

- Tabela 1 - Médias e erros-padrão dos pesos de fazenda (PFAZ), de carcaças quente (PCQ) e fria (PCF) e rendimento de carcaça quente (RCQ) e fria (RCF) de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.....45
- Tabela 2 - Médias e erros-padrão da espessura de gordura subcutânea (EGS), quebra ao resfriar (QR), área de Longissimus dorsi (AOL), conformação (CONF) e quantidades relativas dos tecidos músculo (MUS), gordura (GORD) e osso (OSSO) da carcaça de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.....46
- Tabela 3 - Médias e erros-padrão do comprimento (COMP), espessura de coxão (EC), índice de compacidade (ICC) e dos cortes dianteiro (DIA), costilhar (COST) e traseiro (TRAS) carcaça de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.....47
- Tabela 4 - Médias e erros-padrão do peso de corpo vazio (PCV), pesos relativos do total de órgãos internos (ORG INT), componentes externos (COMP EXT) e sangue (SAN) e pesos relativos dos órgãos internos de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.....48
- Tabela 5 - Médias e erros-padrão dos pesos relativos ao total e de cada componente do trato gastrointestinal (TGI) de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.....49
- Tabela 6 - Médias e erros-padrão dos pesos relativos total e de cada componente das gorduras internas (GORD INT) de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.....50
- Tabela 7 - Médias e erros-padrão das características qualitativas e quantitativas da carne de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.....51

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>12</b>
2.1 TERMINAÇÃO DE BOVINOS EM CONFINAMENTO .....	12
2.2 EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE BOVINOS .....	13
2.3 INDICES DE EFICIENCIA ALIMENTAR .....	14
2.4 CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL.....	16
2.5 FATORES QUE AFETAM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL.....	19
<b>3 HIPÓTESE E OBJETIVOS .....</b>	<b>24</b>
3.1 HIPÓTESE .....	24
3.2 OBJETIVO GERAL.....	24
3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	24
<b>4 DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>25</b>
4.1 CAPÍTULO I.....	26
<b>Consumo alimentar residual de novilhos: comportamento ingestivo, produção de metano e desempenho.....</b>	<b>26</b>
4.2 CAPITULO II.....	39
<b>Consumo alimentar residual: características pós-abate de novilhos confinados abatidos aos 24 meses .....</b>	<b>39</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As projeções sobre a população mundial têm nos mostrado que haverá um crescimento expressivo nos próximos anos. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (WSFS, 2009), em 2050 a população mundial estará próxima aos 9 bilhões de pessoas, o que acarretará em maior demanda de alimentos, tanto para a população, quanto para os animais.

A demanda por alimentos é influenciada pelo crescimento da população e da renda e, cada vez mais, também pelas tendências nos padrões alimentares e nas preferências dos consumidores. Enquanto isso, a demanda por ração animal está intimamente ligada ao consumo humano de produtos pecuários, como carne, ovos e leite, mas também pela evolução da tecnologia de produção animal (OCDE/FAO, 2018). Esse aumento na demanda de alimentos pode ser atendido pelo aumento da eficiência da produção de alimentos, tanto de origem animal quanto derivados de culturas.

Os ruminantes podem transformar alimento não consumidos por humanos como gramíneas, forragens e subprodutos ricos em celulose em alimento de alta qualidade como a carne e o leite (CANTALAPIEDRA-HIJAR et al., 2018). No entanto, além das gramíneas e forragens, também são utilizados insumos, como grãos de cereais e subprodutos, que podem ser utilizados na alimentação humana, tendo como exemplo o milho, a soja e o trigo. Por isso, melhorar a conversão de recursos alimentares em produtos de origem animal, dada a crescente demanda humana por proteína de origem animal, a escassez de recursos naturais e a necessidade de preservar nosso meio ambiente, está se tornando um desafio maior. (CANTALAPIEDRA-HIJAR et al., 2018).

Alguns fatores como a quantidade e qualidade do alimento consumido, raça, condições ambientais, sexo, condição sexual e idade, são conhecidos por contribuir para variação da eficiência alimentar (MAGNANI et al., 2013), além disso o consumo de alimentos é altamente correlacionado com o tamanho corporal e o nível de produção (ARTHUR E HERD, 2008). Em termos gerais, é provável que haja pelo menos cinco processos principais pelos quais a variação na eficiência pode surgir. Estes estão associados com a variação no consumo de matéria seca, digestão da dieta, metabolismo (anabolismo e catabolismo associados e incluindo variação na composição corporal), atividade e termorregulação (HERD et al., 2004).

O consumo de alimentos pelos animais geralmente está correlacionado com características de produção, exercendo influência direta sobre as necessidades nutricionais dos animais, que por si só determinam a eficiência da produção (BEZERRA et al., 2013). Embora

a eficiência alimentar não seja sinônimo de eficiência de produção, ela tem um papel importante a desempenhar no aumento da produção a partir de uma base de produção de alimentos cada vez menor (BERRY E CROWLEY, 2013).

Diversas medidas de eficiência de utilização da dieta têm sido propostas ao longo dos anos, na tentativa de quantificar a capacidade dos animais em converter o alimento ingerido em produto, para identificar esses animais com alta capacidade de produção que requerem a menor quantidade possível de matérias-primas (BONILHA et al., 2015). Uma dessas medidas é o consumo alimentar residual (CAR), onde o consumo de matéria seca é ajustado para peso corporal e taxa de ganho de peso, dividindo efetivamente o consumo alimentar em dois componentes: o consumo esperado para o nível de produção determinado; e uma parte residual (KOCH et al., 1963). A porção residual pode ser usada para identificar os animais que se desviam do nível esperado de ingestão de alimento, e eles podem ser classificados como alta eficiência (CAR negativo) ou baixa eficiência (CAR positivo) (MONTANHOLI et al., 2009). Ou seja, entre os animais com desempenho similar, o CAR permite identificar aqueles que consomem menos alimentos (NASCIMENTO et al., 2015), os animais mais eficientes.

Além de consumirem menores quantidades de matéria seca, animais com baixo consumo alimentar residual podem apresentar melhor taxa de conversão alimentar e redução das emissões entéricas de CH<sub>4</sub> em níveis iguais de produção, tamanho e gordura corporal (BASARAB et al., 2013). Ou seja, não apenas reduzir o custo da alimentação, mas também diminuir o impacto ambiental (OLIVEIRA et al., 2014).

Outro fator que pode estar relacionado às características de eficiência alimentar é o comportamento ingestivo (BINGHAM et al., 2009). É possível que a atividade associada às diferenças observadas nos padrões de alimentação contribua para a diferença energética associada à variação do CAR, além da atribuída apenas ao incremento de calor da alimentação (RICHARDSON E HERD, 2004). Ainda, segundo Richardson e Herd (2004), diferenças na atividade física e comportamento alimentar explicam 11% da variação no CAR entre animais *Bos taurus*.

A melhoria na eficiência alimentar, além de provocar um impacto sobre a utilização dos recursos alimentares, também influencia diretamente na eficiência econômica. Considerando que em sistemas de confinamento os custos com alimentação são altos, a identificação de animais que consomem menos ração sem comprometer o desempenho teria grande impacto na lucratividade do sistema de produção (ZORZI et al., 2013).

Por ser independente dos padrões de crescimento e maturidade, em contraste com a taxa de conversão alimentar, o CAR está aumentando em popularidade como uma medida da

eficiência alimentar em animais em crescimento (BERRY E CROWLEY, 2013). No entanto, Moraes et al. (2017) afirmam que além de consumirem menores quantidades de matéria seca, animais com baixo consumo alimentar residual, podem apresentar desvantagens na rentabilidade da indústria de carne bovina, pois pode afetar a qualidade da carcaça. Ainda, segundo Gomes et al. (2012) animais eficientes em CAR parecem produzir carcaças mais magras com menor espessura de gordura subcutânea e intramuscular extraída no músculo longissimus, características importantes para garantir a qualidade da carne.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 TERMINAÇÃO DE BOVINOS EM CONFINAMENTO

A produção de bovinos de corte é uma das atividades mais representativas no Brasil, gerando renda para diversos setores, como produtores, frigoríficos, comércio, até chegar ao consumidor final, sem falar nos benefícios indiretos que a cadeia pode trazer (ARGENTA et al., 2019). No entanto, a viabilidade econômica dessa atividade está diretamente relacionada ao sistema de produção adotado (CLIMACO et al., 2011).

O Brasil é detentor do maior rebanho mundial de bovinos com cerca de 213,7 milhões de cabeças e abate anual em torno de 43 milhões de cabeças, com sistema de terminação caracterizado por animais predominantemente à pasto. Devido a isso, apenas 14% ( $\pm$  6 milhões) dos animais abatidos são animais terminados em confinamento (ABIEC, 2020).

O sistema de terminação de bovinos em confinamento consiste em alocar lotes de animais em piquetes ou currais com área restrita, onde os alimentos são fornecidos em cocho (SILVA et al., 2018). É uma prática cujos principais benefícios são a intensificação da produção de carne bovina por área, gerenciamento do peso de carcaça e terminação, planejamento antecipado da safra de comercialização e benefícios indiretos ao ciclo completo do sistema produtivo (PACHECO et al., 2014). Além disso, a terminação em confinamento reduz o tempo necessário para atingir o peso de abate e permite o abate de animais com a espessura mínima de gordura recomendada (SAMPAIO et al., 2017). Ainda, destaca-se melhor rendimento de carcaça no abate e venda dos animais aos frigoríficos na entressafra, quando o preço da arroba é maior (SILVA et al., 2018).

Na busca por maior lucratividade na terminação de bovinos em confinamento, deve-se priorizar a redução do custo com alimentação, já que esse componente é o mais expressivo no custo quando desconsiderado o valor de compra do animal (SILVA et al., 2012), geralmente ultrapassando mais de 85% do custo total (PACHECO et al., 2014). Sendo assim, Barbero et al. (2017) ressalta a importância do plano nutricional, pois o aumento do nível de concentrado em relação ao volumoso tem sido associado à redução do tamanho e proporção do rúmen em relação ao peso corporal total, alterando o rendimento da carcaça; onde os animais alimentados com dietas com maiores níveis de volumoso tendem a apresentar menor rendimento de carcaça. Porém, segundo os autores, maior taxa de ganho de peso pode promover maior deposição muscular e maior ganho de carcaça.

Neste contexto, a eficiência nutricional e econômica da terminação de bovinos em confinamento tem sido influenciada, entre outros fatores, pelo peso corporal dos animais na entrada do confinamento, pelo consumo de matéria seca (MS) e pelo ganho de peso dos mesmos (NICHELE et al., 2015), ou seja, a eficiência alimentar dos animais é um fator determinante no sucesso dessa prática.

## 2.2 EFICIÊNCIA ALIMENTAR DE BOVINOS

A utilização dos alimentos consumidos por um animal envolve um complexo de processos biológicos e interações com o meio ambiente (ARTHUR E HERD, 2008). O termo eficiência pode ser compreendido como a razão entre o que foi produzido e o que foi necessário para produzir. De forma simplificada, ao se avaliar o consumo individual com alguma característica de interesse, está-se avaliando a eficiência alimentar. (MENDES E CAMPOS, 2016). A eficiência alimentar é, portanto, um importante indicador da eficiência da utilização de alimentos para animais (ZHANG et al., 2017).

O consumo alimentar está altamente correlacionado com o tamanho corporal e o nível de produção (ARTHUR E HERD, 2008). Sendo assim, a eficiência está altamente associada à taxa de crescimento, levando a um aumento no tamanho adulto, o que, por sua vez, aumenta o custo de manutenção do rebanho reprodutivo (HENDRIKS et al., 2013). Ou seja, a maioria das características de eficiência alimentar está correlacionada com características de produção, por isso tem sido difícil investigar os mecanismos fisiológicos subjacentes à variação na eficiência de utilização da alimentação, independentemente do nível de produção (ARTHUR E HERD, 2008). A variação biológica no consumo de alimentos é a função de quanto da variação está no crescimento (peso vivo e ganho diário) e quanto da variação na ingestão está associada a essa variação no crescimento (PITCHFORD et al., 2018).

Em bovinos de corte sabe-se que há variação individual na eficiência alimentar entre animais do mesmo sexo, raça e idade que consomem o mesmo alimento, mas as causas dessa variação não são bem compreendidas (BONILHA et al., 2015). Animais com taxas de conversão alimentar semelhantes podem diferir muito em suas taxas de ganho e consumo de matéria seca (SMITH et al., 2010). Embora a eficiência alimentar não seja sinônimo de eficiência de produção, ela tem um papel importante a desempenhar no aumento da produção a partir de uma base de produção de alimentos cada vez menor (BERRY E CROWLEY, 2013), devido ao aumento da população mundial e da demanda de alimentos para humanos e animais. Nesse contexto, analisando o setor pecuário, a eficiência alimentar dos animais é uma

necessidade para atender a demanda por carne, economizar insumos, reduzir custos e os impactos ao meio ambiente (TREVIZAN et al., 2021).

A conversão de alimentos pelo bovino em tecido comestível aos humanos é a essência da produção de carne. Quanto mais eficiente for esse processo, mais sustentável se torna a produção bovina. Um benefício adicional do aumento da eficiência é o aumento da produção de alimentos altamente nutritivos para as pessoas, a partir de um recurso finito (MACNEIL et al., 2013). Ainda, a eficiência da conversão de alimentos em produtos de origem animal é importante para a lucratividade e sustentabilidade dos sistemas de produção de bovinos de corte (SANTANA et al., 2014).

Um acréscimo na eficiência da produção animal de bovinos de corte poderia ser alcançado se a quantidade de alimento necessária por unidade de carne produzida for reduzida (SANTANA, 2009). Algumas medidas de eficiência alimentar são simples razões do desempenho com a ingestão e outras como consumo alimentar residual. O ganho de peso residual e o consumo e ganho residual propõem ajustes para peso vivo e ganho de peso. As medidas que são simples razões são a taxa de conversão alimentar e eficiência alimentar. A taxa de conversão alimentar é definida pela divisão entre a ingestão de matéria seca diária e o ganho de peso diário. A eficiência alimentar é a razão inversa da conversão alimentar (SANTANA et al., 2014).

A utilização da conversão alimentar e a eficiência alimentar bruta, em casos de seleção, está associada a taxa de crescimento e pode acabar selecionando animais com maior peso adulto e maior demanda de nutrientes, pois o consumo de ração é altamente correlacionado com o tamanho do corpo e nível de produção (ARTHUR E HERD, 2008). Além disso, animais com taxas de conversão alimentar semelhantes podem diferir muito em suas taxas de ganho e consumo de matéria seca (SMITH et al., 2010).

### 2.3 INDICES DE EFICIENCIA ALIMENTAR

Os insumos alimentares representam o maior custo variável na produção de carne bovina; no entanto, os programas de seleção genética focaram principalmente em características de produção, como o crescimento e qualidade de carcaça. (BINGHAM et al., 2009) A terminação em confinamento implica custos de alimentação relativamente altos, de modo que as vantagens econômicas de reduzir o consumo de ração enquanto mantém a taxa de crescimento são consideráveis. (ROBINSON E ODDY, 2001). Sendo assim, a seleção de insumos de alimentação reduzidos, independentemente das características de saída, poderia

aumentar a eficiência da utilização da dieta e melhorar substancialmente a rentabilidade dos sistemas de produção de carne bovina (BINGHAM et al., 2009).

Diversos índices são utilizados para calcular a eficiência alimentar dos animais para avaliar, sendo os mais frequentes a eficiência alimentar bruta, obtida da razão entre o ganho de peso dos animais e o consumo, e a conversão alimentar, calculada pelo inverso desta relação (SCHENKEL et al., 2004). O maior uso da conversão e eficiência alimentar é devido a facilidade em obter informações de consumo e de ganho de peso. No entanto, a utilização desses índices pode resultar em animais com maior peso adulto, bem como maior demanda de nutrientes dos animais (NASCIMENTO et al., 2016). Medir consumo individual é um processo que demanda infraestrutura específica e mão de obra para coletar todos os dados (alimento fornecido e sobras) (MENDES E CAMPOS, 2016).

Entretanto, na criação de bovinos de corte, estratégias são necessárias para aumentar a eficiência alimentar sem sacrificar as características de desempenho e desempenho reprodutivo ou comprometer a qualidade da carne (BEZERRA et al., 2013). Sendo assim, o interesse mundial tem se concentrado no conceito de eficiência energética e na identificação de bovinos mais eficientes na utilização de recursos alimentares (KELLY et al., 2010a). Uma medida alternativa de eficiência alimentar proposta é o consumo alimentar residual (CAR), definido como a diferença entre o consumo real de alimento de um animal e sua ingestão prevista com base no tamanho corporal e no desempenho (KELLY et al., 2010b).

Em contraste com a taxa de conversão alimentar, o CAR é independente dos padrões de crescimento e maturidade. Devido a esses fatores o CAR está aumentando em popularidade como uma medida da eficiência alimentar em animais em crescimento (BERRY E CROWLEY, 2013), ultimamente tem sido amplamente utilizado em programas de melhoramento genético, na seleção de reprodutores. No entanto, a adoção do CAR como uma ferramenta para selecionar animais mais eficientes não deve comprometer o tamanho adulto dos animais selecionados para esta característica (MAGNABOSCO et al., 2014). Pois, embora o CAR seja um bom indicador da eficiência alimentar, animais com menor taxa de crescimento que consomem quantidades relativamente pequenas de alimento podem demonstrar um bom consumo alimentar residual (BERRY E CROWLEY, 2012).

## 2.4 CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL

O consumo alimentar residual é método utilizado para medir a eficiência de utilização dos alimentos pelos animais proposto por Koch et al. (1963). Essa medida, por definição, é independente do nível de produção e, portanto, uma característica útil para estudar os mecanismos fisiológicos subjacentes à variação na eficiência alimentar (ARTHUR E HERD, 2008). Esses autores examinaram vários índices para calcular a eficiência alimentar e sugeriram que o consumo de matéria seca poderia ser ajustado para peso corporal e taxa de ganho de peso, dividindo efetivamente o consumo alimentar em dois componentes: (1) o consumo de ração esperado para o nível de produção determinado; e (2) uma porção residual. A porção residual pode ser usada para identificar os animais que se desviam do nível esperado de ingestão de alimento, e eles podem ser classificados como alta eficiência (CAR negativo) ou baixa eficiência (CAR positivo) (MONTANHOLI et al., 2009). Entre os animais com desempenho similar, o CAR permite identificar os animais que consomem menos alimentos (NASCIMENTO et al., 2015), ou seja, os mais eficientes, que apresentam valores negativos de CAR. (FERNANDES et al., 2014).

Em bovinos, o CAR é uma medida da eficiência alimentar que procura capturar algumas variações nos requisitos de manutenção (ARTHUR E HERD, 2008). É definido como a diferença entre o consumo alimentar real de um animal e suas necessidades de alimentação esperadas para manutenção e crescimento ao longo de um período de teste específico (BASARAB et al., 2003). Essas necessidades foram denominadas no método para estimar o CAR, proposto por Koch et al. (1963), como consumo predito. Este é calculado através de uma regressão que leva em conta o ganho de peso médio diário e o peso médio dos animais e que pode levar em conta outras características como gordura, produção de leite, tamanho da ninhada (PITCHFORD et al., 2018).

Outras variáveis podem ser utilizadas na equação de determinação do CAR, representando alguns dos processos metabólicos básicos, na explicação de variação do consumo de matéria seca, como ultrassom e termografia infravermelha (MONTANHOLI et al., 2009). No entanto, a diferença do CAR não pode ser explicada apenas pela diferença no consumo de matéria seca. Possíveis outras razões podem ser digestibilidade, turnover de proteínas, metabolismo global do tecido, atividade, termorregulação, produção de metano e crescimento (HENDRIKS et al., 2013).

Para calcular o CAR, é necessário medir o consumo alimentar individual de animais (HENDRIKS et al., 2013). No entanto, a avaliação objetiva do consumo individual de alimentos

em bovinos é trabalhosa e dispendiosa (MONTANHOLI et al., 2009), o que acaba restringindo sua utilização, pois a mensuração do consumo alimentar residual de bovinos requer a medição do consumo de alimentos e crescimento durante um período de tempo definido (ARTHUR E HERD, 2008).

Para poder comparar os resultados dos testes ao longo do tempo e em qualquer lugar, conforme necessário para análises genéticas, por exemplo, é importante controlar, tanto quanto possível, os fatores que afetam o consumo de alimentos e sua utilização. Esses fatores incluem; idade dos animais no início do teste, sexo, composição da dieta e procedimentos de teste (ARTHUR E HERD, 2008). Avaliar a relação entre o CAR e características fenotípicas de desempenho é imprescindível para a compreensão dessa característica particular de eficiência alimentar (WELCH et al., 2012).

Variação no CAR reflete mais em variações na eficiência dos animais na utilização de alimentos para manter funções fisiológicas e produção (BEZERRA et al., 2013) do que variação devido a diferenças em nível de produção. Portanto, a equação de determinação de CAR pode ser usada para estudar o impacto de outras variáveis, representando alguns dos processos metabólicos básicos, na explicação da variação do consumo de matéria seca (CMS). (MONTANHOLI et al., 2009).

Animais eficientes em CAR parecem produzir carcaças mais magras com menor espessura de gordura subcutânea e gordura intramuscular extraída no músculo *Longissimus*, características importantes para garantir a qualidade da carne (GOMES et al., 2012). Santana et al. (2014) verificaram que animais mais eficientes demonstram menores consumos de matéria seca e melhor eficiência alimentar, sem diferenças no ganho de peso. Os mesmos resultados foram observados por Sobrinho et al. (2011). Corroborando com esses resultados, Nascimento et al. (2016) estudaram índices de eficiência alimentar em novilhos Nelore, entre eles o CAR, e concluíram que animais mais eficientes demonstram menores consumos de matéria seca sem influenciar no ganho de peso.

Os resultados de desempenho em confinamento encontrados por Zorzi et al. (2013) concordam com o conceito de CAR. Os autores verificaram que animais mais eficientes consumiram menos 0,730 kg de matéria seca por dia que animais menos eficientes. O que pode ser atribuído a menor necessidade de manutenção, menor conteúdo energético de ganho corporal ou maior eficiência no uso de energia para ganho (NASCIMENTO et al., 2016). Portanto, os animais que consomem menos alimentos para alcançar o mesmo desempenho provavelmente têm menores exigências de manutenção. Uma vez que os animais necessitaram do mesmo tempo de confinamento para terminação e idade semelhante no abate, na ausência

de diferenças significativas nas características de carcaça, proporções corporais ou pesos de corte de carne, seria interessante identificar e selecionar animais que consomem menos alimento sem comprometer a produção, e que são mais eficientes na conversão alimentar em carne (ZORZI et al., 2013).

Fidelis et al. (2017) estudando as características de carcaça e qualidade da carne de bovinos Nelore com alto e baixo CAR relataram diferenças no consumo de matéria seca/dia, no entanto não observaram diferenças significativas entre as classes de CAR para variáveis relacionadas ao peso corporal: ganho médio diário, peso corporal de abate, peso corporal vazio, peso de carcaça quente, peso de carcaça fria, comprimento de carcaça ou profundidade de carcaça. Esse estudo mostra que, embora tenham consumido menos ração, os animais com baixo CAR não exibiram prejuízo nas características de desempenho. Animais com baixo e alto CAR também foram semelhantes quanto às variáveis relacionadas à carcaça, porcentagem de cobertura, área de olho de lombo ou área de olho de lombo expressos em relação a 100 kg de carcaça, espessura de gordura de costela e espessura de gordura no traseiro, demonstrando a falta de associações fenotípicas entre as classes do CAR e características de carcaça em novilhos Nelore jovens.

Ainda de acordo com Fidelis et al. (2017) medidas de tecidos corporais e órgãos internos são indicativos de metabolismo para identificar diferenças na massa visceral que explicariam maior consumo de energia e, conseqüentemente, diferenças na eficiência de utilização de alimentos. Sendo assim, podemos inferir que os animais com CAR positivo tenham maior demanda de energia e proteína para manutenção. No entanto, os autores não encontraram diferenças significativas nos pesos de fígado, rins, trato gastrintestinal vazio ou outros órgãos internos entre animais com baixo e alto CAR. Da mesma forma não foram verificadas diferenças nos tecidos corporais, sangue, gordura da cavidade abdominal e componentes externos.

A criação seletiva de animais com maior eficiência alimentar pode também reduzir as emissões de CH<sub>4</sub> e aumentar a produtividade. Entretanto, há um efeito inconsistente do CAR na produção de CH<sub>4</sub>, cuja razão pode estar relacionada, além de diferenças na dieta, ao sexo, idade e estágio de produção dos animais (FLAY et al., 2019). Zhou et al. (2010) relataram que bovinos com diferentes eficiências alimentares diferiram também na prevalência de espécies metanogênicas no rúmen, o que pode ser um possível mecanismo para a redução da produção de CH<sub>4</sub>.

Chaves et al. (2013) afirmam que por mais que todos os animais de CAR negativo sejam eficientes, esses indivíduos com menor consumo e ganho podem ser menos lucrativos, pois o

ganho de peso é determinante do grau de acabamento e tempo de confinamento. Para eliminar este problema, seria necessário que o CAR fosse capaz de identificar indivíduos eficientes de maior desempenho, porém isso não ocorre justamente por ser um índice ajustado para ganho, tornando-o fenotipicamente independentemente do nível de produção (CHAVES, 2013).

## 2.5 FATORES QUE AFETAM O CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL

Como já relatado anteriormente, um dos os fatores que afetam o consumo alimentar residual é o consumo de matéria seca. Hendriks et al. (2013) citam em seu estudo, que animais com alto CAR (menos eficientes) consomem maior quantidade de alimento que animais com baixo CAR (mais eficientes). Basarab et al. (2003) estudaram o consumo alimentar residual e a composição corporal de novilhos em crescimento e relataram que os novilhos com baixo CAR (eficiente) consumiram 6,4% menos alimento (0,55 kg MS d<sup>-1</sup>) do que novilhos com médio CAR e 10,4% menos alimento (0,93 kg de MS d<sup>-1</sup>) do que os novilhos com alto CAR no consumo real de alimentos. Outrossim, Pitchford et al. (2018) verificaram que novilhas com alto CAR ingeriram 6,87 kg/dia da dieta, enquanto as novilhas com baixo CAR ingeriram 39% menos (4,20 kg/dia).

A variação no consumo alimentar está associada à variação nos requisitos de manutenção de ruminantes. À medida que aumenta o consumo de alimento, a quantidade de energia gasta para digerir a ração também aumenta, em parte por causa da mudança no tamanho dos órgãos digestivos. A quantidade de energia gasta pelos próprios tecidos também aumenta por unidade de peso do animal (HERD et al., 2004). Segundo Zorzi et al. (2013) animais que consomem menos alimentos para obter o mesmo desempenho provavelmente têm requisitos de manutenção mais baixos.

Sabe-se que o aumento no nível de ingestão de alimento em relação à manutenção geralmente resulta em diminuições na digestão do alimento (HERD et al., 2004). Conforme descrito por Hendriks et al. (2013), a digestibilidade da matéria seca é melhor em animais com baixo CAR, no entanto Pitchford et al. (2018) relatam que esse efeito pode ser causado também pelo menor consumo de matéria seca desses animais, associado a menor passagem e maior digestibilidades. Ou seja, o menor consumo de matéria seca leva a um maior tempo de retenção do alimento no trato digestivo e, portanto, ao aumento da digestibilidade da dieta (ASHER et al., 2018).

A deposição do mesmo peso de tecido magro e gordura tem diferentes custos energéticos. Há mais variação na eficiência de depositar ganho magro do que ganho de gordura (HERD et al., 2004). Sendo assim, diferenças na composição corporal podem ser uma explicação possível para a diminuição do consumo de matéria seca observado em animais eficientes (NASCIMENTO et al., 2016). Muitas pesquisas têm sugerido que o CAR está relacionado à composição do ganho de peso, com animais mais eficientes tendendo a ter carcaças mais magras com menos gordura muscular final (BEZERRA et al., 2013). O que pode ocorrer devido ao fato que novilhos com baixo CAR (eficientes) têm uma taxa de deposição de gordura corporal um pouco mais lenta que os novilhos com alto CAR (ineficientes) (BASARAB et al., 2003). Corroborando com essas afirmações, Gomes et al. (2012) afirmam que animais eficientes em CAR parecem produzir carcaças mais magras com menor espessura de gordura subcutânea e intramuscular extraída no músculo *Longissimus*, características importantes para garantir a qualidade da carne.

O que pode acarretar na necessidade de ajustar o CAR para mudanças na composição corporal medição de animais para ultrassom de espessura de gordura e marmoreio no início e no final do período de teste (BASARAB et al., 2003). Esse ajuste é justificado por Montanholi et al. (2009), que ao buscar alternativas para avaliar a eficiência alimentar de bovinos, incluíram no modelo original do CAR características observadas em ultrassonografia para explicar algumas das variabilidades da composição corporal, no entanto foi observado que os dados de marmorização não melhoraram o ajuste do modelo. Sugerindo que a gordura intramuscular, medida pelo ultrassom, não tem um impacto significativo na predição do consumo de matéria seca (CMS), em qualquer período da fase de terminação. Por outro lado, quando os mesmos autores utilizaram a área de olho de lombo e a espessura de gordura subcutânea no modelo, o ajuste para a predição do consumo de matéria seca melhorou.

Segundo Pitchford et al. (2018) animais de crescimento mais rápido têm maior correlação entre o CAR e gordura, porque a ingestão de energia é irrestrita e, portanto, há maior variação no CAR. Por conseguinte, as diferenças quantitativas na eficiência energética de gordura em relação ao músculo pode ser um importante fator que influencia o CAR. Bovinos com menor CAR (mais eficientes) podem ter maior deposição de tecido magro (MONTANHOLI et al., 2009)

O estado fisiológico, como lactação, pós-desmame ou crescimento, pode afetar o consumo alimentar residual de bovinos (PITCHFORD et al., 2018). O que pode ser explicado devido a animais mais eficientes necessitarem menos energia metabolizável para manutenção de processos fisiológicos (HENDRIKS et al., 2013). No entanto, Pitchford et al. (2018) afirma

que há um limite de variação nos requerimentos de manutença e que existe pouca variação na eficiência de utilização da energia metabolizável. Ainda, animais com maiores exigências de manutença têm maior turnover de proteínas (HENDRIKS et al., 2013). Há, no entanto, mais variação na eficiência do ganho de proteína (magra), devido à maior variação no turnover de proteína. Além disso, o turnover de proteína varia muito mais entre os órgãos do que o turnover de gordura. Conseqüentemente, qualquer variação na composição do ganho e do corpo pode influenciar a eficiência aparente da utilização de nutrientes (HERD et al., 2004).

A atividade está relacionada ao comportamento dos animais, segundo o citado por Hendriks et al. (2013), variações no CAR podem ser explicadas pela atividade física de animais em crescimento ou até mesmo pelo tempo de alimentação. Entretanto, Basarab et al. (2003) não verificaram diferenças entre o tempo e o número de alimentações por dia.

Em relação à termorregulação, Herd et al. (2004) relatam que a principal rota de perda de energia em ruminantes é a perda de calor por evaporação e que mudanças posturais e outras adaptações (como molhar, buscar abrigo) não constituem, por si só, uma grande proporção de variação na perda de calor, exceto em situações extremas. Hendriks et al. (2013), citam que animais que apresentam maior CAR produzem mais calor e apresentam maior tamanho de órgãos viscerais. Além disso, Montanholi et al., (2009) afirmam que diferentes partes do corpo têm distintas produções de calor, eles estudaram o consumo alimentar residual e sua associação com a termografia vermelha sobre a eficiência e características ultrassonográficas de bovinos e relataram que a temperatura das patas, olhos e bochechas foram menores nos animais com baixo CAR.

Basarab et al. (2003) relatam em seu estudo que novilhos com baixos CAR consumiram 6,0% menos energia metabolizável, retiveram 9,3% menos energia e produziram 4,5% menos calor que os médios e consumiram 10,2% menos energia metabolizável, retiveram 12,0% menos energia e produziram 9,3% menos calor que os novilhos com alto CAR.

Segundo Arthur e Herd (2008) em um compilado de estudos a respeito dos parâmetros genéticos do CAR, os estudos indicam que tanto o CAR possui herdabilidade moderada, semelhante à taxa de crescimento. Ainda, o consumo alimentar residual está correlacionado com a conversão alimentar, com coeficientes de correlação genética relatados variando de 0,45 a 0,85. Também há correlação positiva entre o CAR e o consumo de alimento, indicando que os bovinos mais eficientes (com baixo CAR) consomem menor quantidade de alimentos (ARTHUR E HERD, 2008). As correlações genéticas, próximas a zero, verificadas pelos autores, também confirmam que o consumo alimentar residual é fenotipicamente independente das características de produção (GMD e peso metabólico) usadas em seu cálculo.

Os mesmos autores verificaram em sua revisão, que as correlações genéticas entre o CAR e outras características de crescimento são também perto de zero e que a seleção por CAR pós-desmame é geneticamente independente do peso da vaca adulta, indicando que não haverá mudanças no peso adulto e nos requisitos de manutenção das vacas. Ainda, afirmaram que a informação disponível tende a indicar que o CAR não está associado ou muito fracamente associada com área de olho de lombo. No entanto, relatam também a respeito de estudos que mostraram que existe uma correlação de baixa a moderada entre o CAR e área de olho de lombo e que a espessura de gordura da costela, quando medida através de ultrassonografia no animal vivo ou diretamente na carcaça, tende a ser fraca a moderadamente associada o CAR. Eles ressaltam que os resultados desses dois estudos sugerem que a magnitude da associação é influenciada pela idade, sexo e dieta dos animais testados.

Arthur e Herd (2008) afirmam que a maioria dos benefícios previstos da seleção para consumo alimentar residual é de natureza econômica, mas avaliações recentes indicam benefícios na sustentabilidade ambiental, eles relatam que estudos recentes demonstram que selecionar animais para baixo CAR poderá reduzir as emissões de metano, principal gás de efeito estufa da pecuária, e diminuir a produção de esterco.

O custo e a dificuldade em medir o consumo alimentar residual tornam o índice um forte candidato à seleção assistida por marcadores. A seleção para valores de CAR mais baixos reduzirá os custos de alimentação e, assim, melhorará a rentabilidade da produção de carne bovina (HENDRIKS et al., 2013).

Segundo Arthur e Herd (2008), desde 2002 o sistema australiano de melhoramento genético de carne bovina, começou a fornecer valores de reprodução estimados para o CAR, sendo animais das raças de Angus e Hereford. O nível de adoção, no entanto, permanece baixo, apesar do fato de que a maioria das análises econômicas indica um retorno positivo sobre o investimento. Os autores listam como principais barreiras à adoção: o alto custo associado à identificação de animais com baixo CAR e o longo período necessário para que o investimento em tecnologia de eficiência alimentar retorne benefícios econômicos; a falta geral de apreciação na indústria de carne bovina da importância dos custos de alimentação para a lucratividade da empresa; a falta de medição precisa da ingestão individual de animais à pasto; as limitações práticas, preocupações com a saúde animal e altos custos gerais associados ao teste centralizado de eficiência alimentar. Por conseguinte, é importante reconhecer que os animais mais desejáveis, em relação a eficiência, podem ser outliers em relação a outras características e a taxa de crescimento. Os criadores são aconselhados a tomar decisões de seleção com base em

objetivos de criação cuidadosamente construídos e índices de seleção e não em características únicas (HENDRIKS et al., 2013).

Por outro lado, segundo Pitchford et al. (2018) a relação entre CAR e gordura significa que a equação atual do CAR, baseada no peso vivo e no ganho médio diário, não separa as diferenças na eficiência metabólica, que era o objetivo original de selecionar pelo índice. Por conseguinte, se estes resultados se estenderem a ruminantes adultos expostos a variações anuais na disponibilidade de energia, então podemos concluir que durante os períodos de restrição de energia (devido à qualidade ou quantidade de alimento), pode haver uma variação insignificante no CAR. Ainda conforme os autores, durante os períodos de alta disponibilidade de energia haverá uma grande variação no CAR, que está correlacionada com a gordura.

### **3 HIPÓTESE E OBJETIVOS**

#### **3.1 HIPÓTESE**

Novilhos com baixo consumo alimentar residual apresentam melhor desempenho produtivo.

#### **3.2 OBJETIVO GERAL**

Estudar o consumo alimentar residual no desempenho produtivo de bovinos terminados em confinamento.

#### **3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Estudar o desempenho de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.

Verificar o comportamento ingestivo de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.

Avaliar as características de carcaça e carne de bovinos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.

Mensurar os componentes de corpo vazio de bovinos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.

#### **4 DESENVOLVIMENTO**

Essa tese foi desenvolvida na forma de artigos formatados conforme as normas do Manual de Dissertações e Teses da UFSM (2015).

## 4.1 CAPÍTULO I

### **Consumo alimentar residual de novilhos: comportamento ingestivo, produção de metano e desempenho**

**Resumo:** O Objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento ingestivo, a produção estimada de metano e o desempenho de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual (CAR). Foram utilizados dados de estudos realizados no Laboratório de Bovinocultura de Corte da Universidade Federal de Santa Maria, entre 2006 a 2015, os quais compreenderam informações de 157 novilhos castrados, puros e cruzados entre as raças Charolês e Nelore, terminados em confinamento e abatidos aos 24 meses de idade. Os animais foram divididos em três tratamentos: Baixo, Médio e Alto CAR. Os novilhos do tratamento Alto apresentaram maior peso inicial (302,29 kg) e os do Médio menor (279,31 kg), sendo que o tratamento Baixo não diferiu (287,84 Kg). Os consumos de matéria seca absoluto e relativo e a conversão alimentar foram maiores no tratamento Alto (10,95 kg/dia, 2,99 kg/ 100 kg de peso corporal e 7,84 kg MS/ kg de ganho, respectivamente), seguidos pelo Médio (9,43 kg/dia, 2,66 kg/ 100 kg de peso corporal e 6,55 kg MS/ kg de ganho) e Baixo (8,44 kg/dia, 2,30 kg/ 100 kg de peso corporal e 6,23 kg MS/ kg de ganho). A produção diária de metano entérico estimada foi maior no tratamento Alto (248,01 L/ dia), menor no Baixo (197,03 L/ dia) e o tratamento médio apresentou comportamento intermediário (218,46 L/dia). Novilhos com baixo CAR permaneceram, aproximadamente, 115 dias em confinamento contra 100 e 96 dias para médio e alto. Novilhos com consumo alimentar residual negativo demonstram melhor eficiência alimentar, sem afetar seu desempenho.

**Palavras chave:** confinamento, consumo, eficiência, meta-análise.

#### **Introdução**

O aumento da população mundial previsto para os próximos anos acarretará também em aumento da demanda por alimentos tanto para humanos, quanto para animais. Entre esses alimentos estão os grãos como milho, trigo e soja, comuns na alimentação de humanos e de ruminantes, como os bovinos. Devido a esses fatores, são necessárias estratégias para melhorar a conversão de recursos alimentares em produtos de origem animal dada a crescente demanda

humana por proteína de origem animal, a escassez de recursos naturais e a necessidade de preservar nosso meio ambiente. (CANTALAPIEDRA-HIJAR et al., 2018).

Por conseguinte, diversas medidas de eficiência de utilização da dieta têm sido propostas ao longo dos anos, na tentativa de quantificar a capacidade dos animais em converter o alimento ingerido em produto, para identificar animais com alta capacidade de produção que requerem a menor quantidade possível de matérias-primas (BONILHA et al., 2015).

Uma dessas medidas é o consumo alimentar residual (CAR), onde o consumo de matéria seca é ajustado para peso corporal e taxa de ganho de peso, dividindo efetivamente o consumo alimentar em dois componentes: o consumo esperado para o nível de produção determinado; e uma parte residual (KOCH et al., 1963). A porção residual pode ser usada para identificar os animais que se desviam do nível esperado de ingestão de alimento, e eles podem ser classificados como alta eficiência (CAR negativo) ou baixa eficiência (CAR positivo) (MONTANHOLI et al., 2009). Ou seja, entre os animais com desempenho similar, o CAR permite identificar aqueles que consomem menos alimentos (NASCIMENTO et al., 2015), os animais mais eficientes.

Além de consumirem menores quantidades de matéria seca, animais com baixo consumo alimentar residual podem apresentar melhor taxa de conversão alimentar e redução das emissões entéricas de CH<sub>4</sub> em níveis iguais de produção, tamanho e gordura corporal (BASARAB et al., 2013). Ou seja, não apenas reduzir o custo da alimentação, mas também diminuir o impacto ambiental (OLIVEIRA et al., 2014).

Outro fator que pode estar relacionado às características de eficiência alimentar é o comportamento ingestivo (BINGHAM et al., 2009). É possível que a atividade associada às diferenças observadas nos padrões de alimentação contribua para a diferença energética associada à variação do CAR, além da atribuída apenas ao incremento de calor da alimentação (RICHARDSON E HERD, 2004). Ainda, segundo Richardson e Herd (2004), diferenças na atividade física e comportamento alimentar explicam 11% da variação no CAR entre animais *Bos taurus*.

A melhoria na eficiência alimentar, além de provocar um impacto sobre a utilização dos recursos alimentares, também influencia diretamente na eficiência econômica. Pois, considerando que em sistemas de confinamento têm alto custo de alimentação, a identificação de animais que consomem menos ração sem comprometer o desempenho teria grande impacto na lucratividade do sistema de produção (ZORZI et al., 2013).

Logo, objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento ingestivo, a produção e perda estimadas de energia na forma de metano e o desempenho de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual, terminados em confinamento.

## **Material e métodos**

### *Local*

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizado no município de Santa Maria, Depressão Central do Rio Grande do Sul.

### *Dados*

O estudo consistiu em uma meta-análise de estudos realizados no Laboratório de Bovinocultura de Corte, onde foram utilizados dados coletados entre o período de 2006 a 2015, os quais compreenderam informações de 157 novilhos castrados terminados em confinamento, abatidos aos 24 meses de idade. Foram considerados para o estudo apenas os animais alocados em baias providos de comedouros individuais e que receberam dieta contendo volumoso e concentrado, sendo utilizada silagem como volumoso. Para a composição deste estudo, foram utilizados dados disponíveis nas dissertações e/ou teses de Dari Celestino Alves Filho (2007 – Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Leandro da Silva Freitas (2008 e 2012), Patrícia Alessandra Meneguzzi Metz (2009), Flânia Mônego Argenta (2012), Luciane Rumpel Segabinazzi (2012), Álisson Marian Callegaro (2011), Matheus Smidt Weise (2012), Viviane Santos da Silva (2012), Renata Volpatto Porsch (2017) e Amanda Farias de Moura (2017).

Os animais pertenciam ao rebanho experimental da propriedade, sendo oriundos do cruzamento rotativo alternado entre as raças Charolês e Nelore. No presente estudo, além de animais definidos Charolês (Ch) e Nelore (Ne), também foram avaliadas novilhos dos grupos genéticos mestiços da 4<sup>a</sup> a 7<sup>a</sup> geração:  $^{11/16} \text{Ch } ^{5/16} \text{Ne}$ ;  $^{11/16} \text{Ne } ^{5/16} \text{Ch}$ ;  $^{21/32} \text{Ch } ^{11/32} \text{Ne}$ ;  $^{21/32} \text{Ne } ^{11/32} \text{Ch}$ ;  $^{43/64} \text{Ch } ^{21/64} \text{Ne}$ ;  $^{43/64} \text{Ne } ^{21/64} \text{Ch}$ ;  $^{85/128} \text{Ch } ^{43/128} \text{Ne}$ ,  $^{85/128} \text{Ne } ^{43/128} \text{Ch}$ .

### *Tratamentos*

Primeiramente foi realizada análise para determinar as classes de eficiência dos novilhos e formação dos tratamentos. O consumo alimentar residual dos animais foi calculado conforme metodologia descrita por Nascimento et al. (2015), onde foi utilizada equação de regressão para determinar o consumo de matéria seca (CMS) predito, sendo:

$$\text{CMS} = \beta_0 + \beta_P \times \text{PV}0,75 + \beta_G \times \text{GMD} + \varepsilon$$

Onde  $\beta_0$  = intercepto da equação de regressão,  $\beta_P$  = coeficiente da regressão linear do peso vivo metabólico ( $PV^{0,75}$ ),  $\beta_G$  = coeficiente de regressão linear do ganho médio diário (GMD) e  $\varepsilon$  = resíduo.

Após a obtenção do consumo predito, o CAR foi calculado da seguinte maneira:

$$\text{CAR} = \text{CMSObservado} - \text{CMSPredito}$$

O consumo de matéria seca observado foi obtido pela média do consumo diário de cada animal, durante o período dos estudos. A partir do valor do CAR, os animais foram divididos em três tratamentos, determinados com base no desvio padrão: Baixo – animais com valores de CAR menos meio (-0,5) desvio padrão inferiores à média geral (n=54); Médio - animais cujos valores de CAR se localizaram entre os limites dos animais de baixo e alto CAR (n=55); Alto - animais que apresentaram valores de consumo alimentar residual meio (+0,5) desvio padrão acima da média geral (n=48). Os valores médios de CAR obtidos nos tratamentos foram: Baixo= -1,11, Médio= 0,00 e Alto=1,27.

#### *Desempenho*

O estudo das características de desempenho foi comparado através do peso final e ganho de peso médio diário de peso dos animais, obtido pela diferença de peso entre o início e fim dos estudos, dividido pelo número de dias do período.

#### *Eficiência alimentar*

Foram avaliados o consumo de matéria seca diário em peso absoluto e relativo ao peso corporal e a conversão alimentar, obtida através da divisão do consumo de matéria seca pelo ganho de peso médio diário.

#### *Comportamento ingestivo*

Os resultados referentes ao comportamento ingestivo foram obtidos através das relações adaptadas de Bürger et al. (2000), onde foram obtidos os seguintes tempos: tempo de alimentação (h/dia); tempo destinado ao ócio (h/dia); tempo de ruminação (h/dia); número de mastigadas por bolo alimentar; tempo destinado à mastigação por bolo ruminal (seg/bolo); número de bolos mastigados por dia;

#### *Produção de metano*

A produção diária de metano ( $\text{CH}_4$ ) e a perda de energia bruta na forma de metano (EBCH<sub>4</sub>) foram estimados utilizando as equações descritas por Borges et al. (2016), onde  $\text{CH}_4 = 19,3276 \times \text{CMS} + 37,523$  e  $\text{EBCH}_4 = 0,0968 \times \text{CED} - 0,2196$ . O consumo de energia digestível utilizado na última equação, foi estimado de acordo com Marcondes et al. (2016).

### *Delineamento experimental e análises estatísticas*

Os dados foram submetidos a análise de *outliers* pelo teste *t* student, utilizando como critério de exclusão de observações acima de 2 e abaixo de -2. Após foram submetidos a teste de normalidade de resíduos, pelo teste Kolmogorov-Smirnov, a 5% de significância e quando necessário foram submetidos à transformação. As variáveis foram submetidas à análise de modelos mistos, em nível de significância de 5%, utilizando o procedimento MIXED (*Statistical Analysis System, SAS Studio University Edition, versão 3.5*). O estudo foi incluído no modelo como efeito aleatório (*random*) e foram utilizadas como covariáveis o escore de condição corporal inicial, a participação de sangue Nelore no genótipo e a porcentagem de concentrado na dieta. Quando detectadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

O modelo matemático adotado para as variáveis de desempenho foi:

$$\gamma_{ijk} = \mu + \tau_j + r(\tau_j) + E + CCI + NG + CD + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

$\gamma_{ijk}$  = variáveis dependentes;

$\mu$  = média de todas as observações;

$\tau_j$  = efeito do j-ésimo tratamento;

$r(\tau_j)$  = repetição dentro do tratamento;

E = estudo;

CCI = escore de condição corporal inicial;

NG = participação de sangue nelore no genótipo;

CD = porcentagem de concentrado na dieta;

$\varepsilon_{ijk}$  = erro aleatório residual.

## **Resultados**

A tabela 1 demonstra os resultados relacionados ao desempenho, consumo e conversão de animais com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual. O peso inicial foi maior nos animais com alto CAR em relação aos animais de médio CAR (302,29 vs 279,31 kg). O consumo de matéria seca absoluto e relativo ao peso corporal foram maiores nos animais de alto CAR em relação médio e ao baixo, sendo a diferença, em peso absoluto, de 1,52 kg de MS por dia do alto para o médio e 2,51 kg de MS por dia do alto para o baixo. O mesmo ocorreu com a conversão alimentar, que apresentou valores de 6,23, 6,55 e 7,84 kg MS/ kg ganho nos tratamentos baixo, médio e alto. Os animais do tratamento baixo permaneceram mais dias de

confinamento em relação ao médio e alto (115 dias contra 100 e 96 dias, aproximadamente). As variáveis peso final, condição corporal final e ganho médio diário não apresentaram diferenças significativas.

Tabela 1 – Médias e erros-padrão dos pesos inicial (PI) e final (PF), escore de condição corporal final (CCF), consumos de matéria seca (CMS), conversão alimentar (CA) e dias de confinamento (DC) de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.

Variáveis	CAR <sup>2</sup>			P <sup>1</sup>
	Baixo	Médio	Alto	
<i>N</i>	54	55	48	
PI, kg	287,84±7,92ab	279,31±7,07b	302,29±6,73a	0,0079
PF, kg	448,72±11,03	430,46±9,60	442,17±9,04	0,1422
CCF, pontos	3,81±0,07	3,76±0,06	3,74±0,06	0,4693
GMD, kg/ dia	1,35±0,03	1,43±0,03	1,41±0,04	0,2260
CMS, kg/ dia	8,44±0,27c	9,43±0,23b	10,95±0,21a	<0,0001
CMS, kg/ 100 kg corporal	2,30±0,05c	2,66±0,04b	2,99±0,04a	<0,0001
CA, kg MS/ kg de ganho	6,23±0,19c	6,55±0,17b	7,84±0,16a	<0,0001
DC	114,99±2,73a	100,06±2,56b	95,62±2,69b	<0,0001

<sup>1</sup>P= Probabilidade. Médias seguidas por valores de P<0,05 diferem pelo teste de Tukey, a nível de 5% de significância.

<sup>2</sup>Baixo: animais com valores de CAR menos meio (-0,5) desvio padrão inferiores à média geral; Médio: animais cujos valores de CAR se localizaram entre os limites dos animais de baixo e alto CAR; Alto: animais que apresentaram valores de consumo alimentar residual meio (+0,5) desvio padrão acima da média geral.

A Tabela 2 apresenta as variáveis relacionadas ao comportamento ingestivo dos animais. Não houve diferenças significativas entre os tratamentos nas variáveis estudadas. Os animais permaneceram 3,76 horas em alimentação, 12,25 horas em ócio e 7,96 horas ruminando, em média.

Tabela 2 - Médias e erros-padrão dos tempos de alimentação (TA), ócio (TO) e ruminação (TR), número e tempo de mastigadas por bolo alimentar (MBA) e número de bolos ruminados por dia (BR) de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.

Variáveis	CAR <sup>2</sup>			P <sup>1</sup>
	Baixo	Médio	Alto	
<i>N</i>	54	55	48	
TA, horas	3,74±0,07	3,75±0,08	3,80±0,09	0,8560
TO, horas	12,41±0,15	12,39±0,16	11,95±0,18	0,0650
TR, horas	7,87±0,17	7,89±0,17	8,11±0,18	0,4234
MBA, número	60,11±1,13	59,68±1,07	61,12±1,34	0,7017
MBA, segundos	56,34±1,59	56,59±1,48	57,13±1,60	0,8982
BR, número/ dia	528,62±18,89	536,41±17,10	530,96±17,54	0,8708

<sup>1</sup>P= Probabilidade. Médias seguidas por valores de P<0,05 diferem pelo teste de Tukey, a nível de 5% de significância.

<sup>2</sup>Baixo: animais com valores de CAR menos meio (-0,5) desvio padrão inferiores à média geral; Médio: animais cujos valores de CAR se localizaram entre os limites dos animais de baixo e alto CAR; Alto: animais que apresentaram valores de consumo alimentar residual meio (+0,5) desvio padrão acima da média geral.

Animais com alto CAR apresentam maior produção diária de metano entérico (248,01 L/ dia) (Tabela 3) que os animais com médio (218,46 L/ dia) e baixo CAR (197,03 L/ dia), a diferença foi de cerca de 30 L/ dia entre os tratamentos alto e médio e 51 L/ dia entre os tratamentos alto e baixo. No entanto a perda de energia bruta na forma de metano foi similar entre os tratamentos estudados.

Tabela 3 - Médias e erros-padrão da produção e perda de energia bruta na forma de metano (CH<sub>4</sub>) de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.

Variáveis	CAR <sup>2</sup>			P <sup>1</sup>
	Baixo	Médio	Alto	
N	54	55	48	
Produção de CH <sub>4</sub> , L/ dia	197,03±4,68c	218,46±4,08b	248,01±3,92a	<0,0001
EBCH <sub>4</sub> , Mcal/dia	2,30±0,05	2,38±0,05	2,46±0,06	0,1727

<sup>1</sup>P= Probabilidade. Médias seguidas por valores de P<0,05 diferem pelo teste de Tukey, a nível de 5% de significância.

<sup>2</sup>Baixo: animais com valores de CAR menos meio (-0,5) desvio padrão inferiores à média geral; Médio: animais cujos valores de CAR se localizaram entre os limites dos animais de baixo e alto CAR; Alto: animais que apresentaram valores de consumo alimentar residual meio (+0,5) desvio padrão acima da média geral.

## Discussão

De acordo com Pereira et al. (2016), o CAR em bovinos é fenotipicamente independente do crescimento e tamanho corporal. Novilhos com baixo CAR (mais eficientes) apresentam menor consumo de matéria seca e conversão alimentar, no entanto o peso corporal final e o ganho médio diário dos animais não foram afetados. Ou seja, embora tenham demonstrado menor consumo de matéria seca, os animais com valores negativos de CAR não apresentaram prejuízo nas características de desempenho (FIDELIS et al., 2017).

Segundo Zorzi et al. (2013) animais que consomem menos alimentos para obter o mesmo desempenho provavelmente têm requisitos de manutenção mais baixos. Ainda, Hendriks et al. (2013) relatam que a digestibilidade da matéria seca é melhor em animais com baixo CAR. No entanto Pitchford et al. (2018) relatam que esse efeito pode ser causado também pelo menor consumo de matéria seca desses animais, associado a menor passagem e maior digestibilidade.

Os animais do tratamento Médio apresentaram menor peso inicial, no entanto não diferiram em relação ao peso final e ganho médio diário. Enquanto os animais do tratamento Baixo, apesar de não demonstrarem diferenças em relação ao ganho médio diário e não diferirem significativamente no peso final em relação aos demais tratamentos, permaneceram maior tempo em confinamento até atingirem o peso de abate. Esse resultado pode ter ocorrido devido a diferença numérica de 18 kg em relação ao tratamento Médio e 6 kg em relação ao Baixo. Chaves et al. (2013) afirmam que por mais que todos os animais de CAR negativo sejam eficientes, esses indivíduos com menor consumo e ganho podem ser menos lucrativos, pois o

ganho de peso é determinante do grau de acabamento e tempo de confinamento. Ainda segundo os autores, para eliminar este problema, seria necessário que o CAR fosse capaz de identificar indivíduos eficientes de maior desempenho, porém isso não ocorre justamente por ser um índice ajustado para ganho, tornando-o fenotipicamente independentemente do nível de produção.

Entre as fontes de variação associadas à eficiência alimentar, o comportamento ingestivo parece desempenhar um papel fundamental (TREVIZAN et al., 2021). Chen et al. (2014) ao estudarem as relações fenotípicas e genéticas do comportamento alimentar com consumo de ração em novilhos Angus e Charolês verificaram que o tempo de alimentação apresentou correlações fenotípicas moderadas com o consumo de matéria seca nas populações de novilhos Angus ( $0,35 \pm 0,06$  e  $0,43 \pm 0,06$ ) e Charolês ( $0,39 \pm 0,06$  e  $0,25 \pm 0,06$ ).

Neste estudo, apesar dos novilhos com alto de CAR (ineficientes) consumirem 30% a mais de alimentos, permaneceram apenas 1% a mais de horas em alimentação, aproximadamente, não diferindo significativamente nos tempos de alimentação. Kayser e Hill (2013) estudaram a relação entre ingestão de alimentos e comportamentos alimentares em touros Angus e Hereford, verificando que os touros do grupo de baixo CAR gastaram significativamente menos tempo de alimentação do que aqueles no grupo de alto CAR. No entanto, Pereira et al. (2016) estudando relações de comportamento alimentar de bovinos Nelore com baixo, médio e alto consumo alimentar residual, não verificaram diferenças nos tempos de alimentação e ócio, o que ocorreu neste estudo, e sim no tempo ruminação, onde animais com baixo e médio CAR passaram significativamente menor tempo ruminando em relação aos de alto CAR. O que, segundo os autores, pode ter contribuído para melhorar a eficiência alimentar dos animais, pois a energia líquida para manutenção pode ter sido reduzida.

Segundo Herd e Arthur (2009) a variação no consumo de ração por si só está associada à variação nos requisitos de manutenção de ruminantes. Ainda segundo os autores, à medida que a ingestão de ração aumenta, a quantidade de energia gasta para digerir a ração aumenta, em parte devido ao aumento no tamanho dos órgãos digestivos e ao aumento da energia gasta dentro dos próprios tecidos. O que corrobora com Basarab et al. (2013) onde afirmam que o menor tempo de alimentação pode promover maior eficiência, juntamente com a menor energia gasta nas atividades. Ainda, Richardson e Herd (2004) estimaram que os padrões de alimentação correspondem a 2% da variação do CAR.

O gás metano liberado pelos bovinos é um produto da fermentação alimentar no trato digestivo, representando uma oportunidade perdida de capturar energia na dieta e uma fonte de gás de efeito estufa (FREELY E BROWN-BRANDL, 2013). Gomes et al. (2012) afirmam

que a perda de energia na forma de metano é influenciada pelo consumo, no entanto não houve diferença significativa entre os tratamentos estudados.

Por ser uma fonte importante de perda de energia digestível em ruminantes (FLAY et al., 2019), uma redução na produção entérica de CH<sub>4</sub> deve, teoricamente, resultar em benefícios econômicos e ambientais para os sistemas de produção de bovinos de corte (MCDONNELL et al., 2016). Sendo assim, o desenvolvimento de estratégias para reduzir a produção de CH<sub>4</sub> a partir de bovinos tem o potencial de aumentar a eficiência da produção e reduzir o impacto do gado no meio ambiente (FREELY E BROWN-BRANDL, 2013).

Segundo Kushwaha et al. (2016), a produção de metano depende da quantidade de alimento consumido, embora esse efeito seja moderado pela digestibilidade dos alimentos e outras características dos alimentos e animais. Ainda, se a variabilidade nas emissões de CH<sub>4</sub> é um componente das diferenças na eficiência alimentar, a criação seletiva de animais com maior eficiência alimentar pode reduzir as emissões de CH<sub>4</sub> e aumentar a produtividade. Entretanto, há um efeito inconsistente do CAR na produção de CH<sub>4</sub>, cuja razão pode estar relacionada, além de diferenças na dieta, ao sexo, idade e estágio de produção dos animais (FLAY et al., 2019). Zhou et al. (2010) relataram que bovinos com diferentes eficiências alimentares diferiram também na prevalência de espécies metanogênicas no rúmen, o que pode ser um possível mecanismo para a redução da produção de CH<sub>4</sub>.

Portanto, as estratégias de mitigação para a produção de metano precisam avaliar as emissões de metano em relação à ingestão de alimentos ou à produção animal (COTTLE et al. 2011). Como animais eficientes em relação ao CAR consomem menos que suas contrapartes ineficientes para o mesmo desempenho de produção, é esperado que bovinos com baixo CAR tenham produção de metano diária reduzida pelo menos proporcional à menor ingestão. (FITZSIMONS et al., 2013).

Os resultados estimados para a produção de metano encontrados nesse estudo, corroboram com essa afirmação, o que demonstra o potencial de seleção de bovinos para eficiência alimentar e redução emissão entérica de metano (MERCADANTE et al., 2015). Sendo uma estratégia de mitigação promissora, que pode ser usado em sinergia com a gerência de componentes alimentares (DINI et al., 2019).

Como a alimentação é uma das atividades mais caras da pecuária de corte, a identificação e o uso de animais de alta eficiência devem contribuir para reduzir os custos dos sistemas de produção (GUIMARÃES et al., 2017) ou seja, são ferramentas importantes para reduzir os custos de alimentação, sem causar efeitos negativos no desenvolvimento e no desempenho final dos animais (FIDELIS et al., 2017).

## Conclusões

Novilhos com consumo alimentar residual negativo demonstram menores consumos de matéria seca e conversão alimentar, sem afetar seu desempenho.

Maior quantidade de metano é produzido por animais com alto consumo alimentar residual.

## Referências

- BASARAB, J. A. et al. Reducing GHG emissions through genetic improvement for feed efficiency: effects on economically important traits and enteric methane production. **Animal**, v. 7 n. 2, p. 303–315, 2013.
- BINGHAM, G. M. et al. Relationship between feeding behavior and residual feed intake in growing Brangus heifers. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 2685–2689, 2009.
- BONILHA, S. F. M. et al. Feed efficiency, blood parameters, and ingestive behavior of young Nellore males and females. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, p. 1381–1389, 2015.
- BORGES, A. L. C. B. et al. Respirimetria e exigências nutricionais de zebuínos e cruzados de leite, em diferentes níveis de alimentação e estádios fisiológicos. In: VALADARES FILHO, S. C. et al. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-Corte**. 3 ed. 2016. p. 151-162.
- BÜRGER, P. J. et al. Ingestive behavior in Holstein calves fed diets with different concentrate levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p. 236-242, 2000.
- CANTALAPIEDRA-HIJAR, G. et al. Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle. **Animal**, p. 1-15, 2018.
- CHAVES, A. S. **Relações entre eficiência alimentar e características de carcaça, qualidade de carne, batimentos cardíacos e consumo de oxigênio em bovinos**. 2013. 132 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2013.
- CHEN, L. et al. Phenotypic and genetic relationships of feeding behavior with feed intake, growth performance, feed efficiency, and carcass merit traits in Angus and Charolais steers. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 974–983, 2014.
- COTTLE, D. J., NOLAN, J. V., WIEDEMANN, S. G. Ruminant enteric methane mitigation: a review. **Animal Production Science**, v. 51, p. 491–514, 2011.
- DINI, Y. et al. Association between residual feed intake and enteric methane emissions in Hereford steers. **Translational Animal Science**, v. 3, p. 239–246, 2019.

FIDELIS, H.A. et al. Residual feed intake, carcass traits and meat quality in Nelore cattle. **Meat Science**, v. 128, p. 34–39, 2017.

FITZSIMONS, C. et al. Methane emissions, body composition, and rumen fermentation traits of beef heifers differing in residual feed intake. **Journal of Animal Science**, v. 91, p.5789-5800, 2013.

FLAY, H. E. et al. Hot topic: Selecting cattle for low residual feed intake did not affect daily methane production but increased methane yield. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 2708–2713, 2019.

FREETLY, H. C.; BROWN-BRANDL, T. M. Enteric methane production from beef cattle that vary in feed efficiency. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 4826–4831, 2013.

GOMES, S. P et al. Tamanho de partícula do volumoso e frequência de alimentação sobre o metabolismo energético e protéico em ovinos, considerando dietas com elevada participação de concentrado. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 3, p. 732-744, 2012.

GUIMARÃES, A. L. et al. Phenotypic association between feed efficiency and feeding behavior, growth and carcass traits in Senepol cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 1, p. 47-55, 2017.

HENDRIKS, J.; SCHOLTZ, M.M.; NESER, F.W.C. Possible reasons for differences in residual feed intake: An overview. **South African Journal of Animal Science**, v. 43, n. 5, suplemento 1, 2013.

HERD, R. M., ARTHUR, P. F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. E64–E71, 2009.

KAYSER, W.; HILL, R. A. Relationship between feed intake, feeding behaviors, performance, and ultrasound carcass measurements in growing purebred Angus and Hereford bulls. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 5492–5499, 2013.

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

KUSHWAHA, R., SINGH, A.K., KUMAR, M. Residual feed intake-An emerging system for selection of efficient animals: A review. **Agricultural Reviews**, v. 37, n. 1, p. 66-71, 2016.

MARCONDES, M. I. et al. Exigências de Energia para bovinos de corte. In: VALADARES FILHO, S. C. et al. **Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados BR-Corte**. 3 ed. 2016. p.163-190.

MCDONNELL, R. P. et al. Effect of divergence in phenotypic residual feed intake on methane emissions, ruminal fermentation, and apparent whole-tract digestibility of beef heifers across three contrasting diets. **Journal of Animal Science**, v. 94, p. 1179–1193, 2016.

- MERCADANTE, M. A. Z. et al. Relationship between residual feed intake and enteric methane emission in Nellore cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 44, n. 7, p. 255-262, 2015.
- MONTANHOLI, Y. R. et al. On the determination of residual feed intake and associations of infrared thermography with efficiency and ultrasound traits in beef bulls. **Livestock Science**, v. 125, n. 22–30, 2009.
- NASCIMENTO, C. F. et al. Residual feed intake and blood variables in young Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 1318–1326, 2015.
- OLIVEIRA, P. S. et al. Identification of genomic regions associated with feed efficiency in Nelore cattle. **BMC Genetics**, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2014.
- PEREIRA, M. C. S. et al. Relationships of feedlot performance, feeding behavior, rumen morphometrics, and carcass characteristics of Nellore cattle differing in phenotypic residual feed intake. **Journal of Animal Science**, v. 94, p. 4287–4296, 2016.
- PITCHFORD, W. S.; LINES, D. S.; WILKES, M. J. Variation in residual feed intake depends on feed on offer. **Animal Production Science**, v. 58, p. 1414-1422, 2018.
- RICHARDSON, E. C.; HERD, R. M. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 2. Synthesis of results following divergent selection. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, p. 431–440, 2004.
- TREVIZAN, N. et al. Growth, ruminal and metabolic parameters and feeding behavior of Nellore cattle with different residual feed intake phenotypes. **Livestock Science**, v. 244, p. 104393, 2021.
- ZHOU, M. et al. Characterization of variation in rumen methanogenic communities under different dietary and host feed efficiency conditions, as determined by PCR-denaturing gradient gel electrophoresis analysis. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 76, n. 12, p. 3776-3786, 2010.
- ZORZI, K. et al. Meat quality of young Nellore bulls with low and high residual feed intake. **Meat Science**, n. 93, p. 593–599, 2013.

## 4.2 CAPITULO II

### **Consumo alimentar residual: características pós-abate de novilhos confinados abatidos aos 24 meses**

**Resumo:** O objetivo deste estudo foi avaliar as características pós-abate de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual (CAR). Foram utilizados dados de estudos realizados no Laboratório de Bovinocultura de Corte da Universidade Federal de Santa Maria, entre 2006 a 2015, os quais compreenderam informações de 157 novilhos castrados, puros e cruzados entre as raças Charolês e Nelore, terminados em confinamento e abatidos aos 24 meses de idade. Os animais foram divididos em três tratamentos: Baixo, Médio e Alto CAR. Foram avaliadas as características de carcaça, corpo vazio e carne. Novilhos do tratamento Baixo CAR apresentaram maior comprimento de carcaça em relação aos do Médio. O peso relativo de dianteiro foi maior e de traseiro menor nos novilhos de Baixo CAR (37,22 e 52,05 kg/ 100 kg de carcaça fria) em comparação com o Alto (36,65 e 52,76 kg/ 100 kg de carcaça fria). Animais com Baixo e Médio CAR demonstraram maior peso relativo de coração, total de gorduras internas, gordura cardíaca, renal e abomasal. Animais com Médio CAR obtiveram maior peso relativo de gordura intestinal. Enquanto animais com Médio e Alto CAR apresentaram maior peso de fígado. Já animais com Alto CAR tiveram maiores pesos relativos de pulmões, abomaso e intestinos. O marmoreio foi maior no tratamento Alto CAR (6,77 pontos), seguido pelo Médio (5,73 pontos) e menor no Baixo (4,90 pontos). Animais com baixo consumo alimentar residual não apresentam prejuízos no desempenho produtivo, porém apresentam maior teor gordura interna e menor marmoreio na carne.

**Palavras-chave:** carcaça, carne, confinamento, consumo, eficiência, meta-análise

### **Introdução**

A crescente demanda por alimentos projetada para os próximos anos, devido ao aumento da população mundial, ocasiona na busca por medidas de produção de carne bovina que visem maior eficiência na utilização de alimentos, sem prejudicar a produção. Esse aumento na demanda pode ser atendido pelo aumento da eficiência da produção de alimentos, tanto animal quanto derivados de culturas.

Os ruminantes podem transformar alimento não consumidos por humanos como gramíneas, forragens e subprodutos ricos em celulose em alimento de alta qualidade como a carne e o leite (CANTALAPIEDRA-HIJAR et al., 2018). No entanto, além das gramíneas e forragens, também são utilizados insumos, como grãos de cereais e subprodutos, que podem ser utilizados na alimentação humana, tendo como exemplo o milho, a soja e o trigo. Por isso, melhorar a conversão de recursos alimentares em produtos de origem animal está se tornando um desafio maior. (CANTALAPIEDRA-HIJAR et al., 2018).

O consumo de alimentos pelos animais geralmente está correlacionado com características de produção, exercendo influência direta sobre as necessidades nutricionais dos animais, que por si só determinam a eficiência da produção (BEZERRA et al., 2013). Embora a eficiência alimentar não seja sinônimo de eficiência de produção, ela tem um papel importante a desempenhar no aumento da produção a partir de uma base de produção de alimentos cada vez menor (BERRY E CROWLEY, 2013).

Devido a isso, Koch et al. (1963) desenvolveram o consumo alimentar residual (CAR), uma medida onde o consumo de matéria seca é ajustado para peso corporal e taxa de ganho de peso, dividindo efetivamente o consumo alimentar em dois componentes: o consumo esperado para o nível de produção determinado; e uma parte residual. A porção residual pode ser usada para identificar os animais que se desviam do nível esperado de ingestão de alimento, e eles podem ser classificados como alta eficiência (CAR negativo) ou baixa eficiência (CAR positivo) (MONTANHOLI et al., 2009). Entre os animais com desempenho similar, o CAR permite identificar aqueles que consomem menos alimentos (NASCIMENTO et al., 2015), ou seja, os mais eficientes.

Por ser independente dos padrões de crescimento e maturidade, em contraste com a taxa de conversão alimentar, o CAR está aumentando em popularidade como uma medida da eficiência alimentar em animais em crescimento (BERRY E CROWLEY, 2013). No entanto, Moraes et al. (2017) afirmam que além de consumirem menores quantidades de matéria seca, animais com baixo consumo alimentar residual, podem apresentar desvantagens na rentabilidade da indústria de carne bovina, pois pode afetar a qualidade da carcaça. Ainda, segundo Gomes et al. (2012) animais eficientes em CAR parecem produzir carcaças mais magras com menor espessura de gordura subcutânea e intramuscular extraída no músculo *longissimus*, características importantes para garantir a qualidade da carne.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar as características de carcaça, corpo vazio e carne de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.

## Material e métodos

### *Local*

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Bovinocultura de Corte do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizado no município de Santa Maria, Depressão Central do Rio Grande do Sul.

### *Dados*

O estudo consistiu em uma meta-análise de estudos realizados no Laboratório de Bovinocultura de Corte, onde foram utilizados dados coletados entre o período de 2006 a 2015, os quais compreenderam informações de 157 novilhos castrados terminados em confinamento, abatidos aos 24 meses de idade. Foram considerados para o estudo apenas os animais alocados em baias providos de comedouros individuais e que receberam dieta contendo volumoso e concentrado, sendo utilizada silagem como volumoso. Para a composição deste estudo, foram utilizados dados disponíveis nas dissertações e/ou teses de Dari Celestino Alves Filho (2007 – Universidade Federal do Rio Grande do Sul), Leandro da Silva Freitas (2008 e 2012), Patrícia Alessandra Meneguzzi Metz (2009), Flânia Mônego Argenta (2012), Luciane Rumpel Segabinazzi (2012), Álisson Marian Callegaro (2011), Matheus Smidt Weise (2012), Viviane Santos da Silva (2012), Renata Volpatto Porsch (2017) e Amanda Farias de Moura (2017).

Os animais pertenciam ao rebanho experimental da propriedade, sendo oriundos do cruzamento rotativo alternado entre as raças Charolês e Nelore. No presente estudo, além de animais definidos Charolês (Ch) e Nelore (Ne), também foram avaliadas novilhos dos grupos genéticos mestiços da 4ª a 7ª geração: 11/16 Ch 5/16 Ne; 11/16 Ne 5/16 Ch; 21/32 Ch 11/32 Ne; 21/32 Ne 11/32 Ch; 43/64 Ch 21/64 Ne; 43/64 Ne 21/64 Ch; 85/128 Ch 43/128 Ne, 85/128 Ne 43/128 Ch.

### *Tratamentos*

Primeiramente foi realizada análise para determinar as classes de eficiência dos novilhos e formação dos tratamentos. O consumo alimentar residual dos animais foi calculado conforme metodologia descrita por Nascimento et al. (2015), onde foi utilizada equação de regressão para determinar o consumo de matéria seca (CMS) predito, sendo:

$$\text{CMS} = \beta_0 + \beta_P \times \text{PV}^{0,75} + \beta_G \times \text{GMD} + \varepsilon$$

Onde  $\beta_0$  = intercepto da equação de regressão,  $\beta_P$  = coeficiente da regressão linear do peso vivo metabólico ( $\text{PV}^{0,75}$ ),  $\beta_G$  = coeficiente de regressão linear do ganho médio diário (GMD) e  $\varepsilon$  = resíduo.

Após a obtenção do consumo predito, o CAR foi calculado da seguinte maneira:

$$\text{CAR} = \text{CMSObservado} - \text{CMSPredito}$$

O consumo de matéria seca observado foi obtido pela média do consumo diário de cada animal, durante o período dos estudos. A partir do valor do CAR, os animais foram divididos em três tratamentos, determinados com base no desvio padrão: Baixo – animais com valores de CAR menos meio (-0,5) desvio padrão inferiores à média geral (n=54); Médio - animais cujos valores de CAR se localizaram entre os limites dos animais de baixo e alto CAR (n=55); Alto - animais que apresentaram valores de consumo alimentar residual meio (+0,5) desvio padrão acima da média geral (n=48). Os valores médios de CAR obtidos nos tratamentos foram: Baixo= -1,11, Médio= 0,00 e Alto=1,27.

#### *Características qualitativas e quantitativas da carcaça*

Após o período de terminação, os animais foram submetidos a jejum de sólidos e líquidos para obtenção do peso de abate. Posteriormente foram carregados para abate em frigorífico comercial, seguindo os procedimentos e fluxo normal de abate do estabelecimento.

Após a sangria e retirada do trato digestivo e componentes externos, antes da entrada das carcaças na câmara de resfriamento foi obtido o peso de carcaça quente. Após vinte e quatro horas de resfriamento, as carcaças foram novamente pesadas para a obtenção do peso de carcaça fria. Os rendimentos de carcaça quente e fria foram obtidos através da divisão do peso da carcaça (kg) pelo peso vivo de abate do animal e multiplicando por 100.

A conformação das carcaças foi avaliada segundo metodologia proposta por Müller (1987), através da avaliação das duas meias-carcaças resfriadas. Posteriormente, na meia-carcaça fria esquerda foram separados os cortes comerciais traseiro, dianteiro e costilhar e pesados individualmente para determinação das suas proporções em relação à carcaça. Na meia carcaça fria direita foram obtidas as características métricas: comprimento de carcaça e espessura de coxão.

Foi retirada uma amostra da carcaça denominada de “seção HH”, na região da 10<sup>a</sup> e 12<sup>a</sup> costela, conforme metodologia proposta por Müller (1987) com o intuito de expor o músculo *Longissimus dorsi* para mensuração da área de olho de lombo (cm<sup>2</sup>), espessura de gordura subcutânea (mm) e grau de marmorização. Na sequência, a “seção HH” foi destinada a separação física para posterior determinação das percentagens de músculo, osso e gordura e cálculos da quantidade relativa dos tecidos ósseo, muscular e adiposo em relação ao peso de carcaça fria.

Foi calculada a compacidade da carcaça através da divisão do peso de carcaça quente pelo comprimento de carcaça. Os pesos relativos dos cortes comerciais em relação ao peso total

de carcaça fria foram calculados através da divisão do peso de cada corte comercial (kg) pelo peso de carcaça quente (kg), e multiplicado por 100.

#### *Componentes do corpo vazio*

Durante o abate, após a evisceração das carcaças o trato digestivo foi encaminhado para uma sala específica do frigorífico, para separação e pesagem do conjunto de gorduras internas – inguinal, renal, ruminal, intestinal, abomasal, do coração; conjunto do trato digestivo – rúmen-retículo, omaso, abomaso, intestino delgado e grosso cheio e vazio e sangue. O conjunto de órgãos após a evisceração foi pesado individualmente conforme descrito a seguir: coração, pulmão, rins, fígado e baço. Foram separados, pesados individualmente e obtido o somatório dos componentes externos da carcaça, sendo elas: couro, patas, cabeça, orelhas, vassoura da cauda.

Para cálculo do peso de corpo vazio foi considerado o peso de abate diminuído do conteúdo do trato digestório. A gordura total da carcaça foi obtida pela soma das gorduras do abomaso, intestinal, ruminal, renal, inguinal e cardíaca. Para obtenção do peso total dos órgãos internos foi realizada a soma dos pesos do coração, rins, pulmão e fígado.

As variáveis peso do trato digestivo, totais de gordura, sangue, peso dos órgãos internos e peso dos componentes externos foram expressos em relação ao peso de corpo vazio.

#### *Características qualitativas e quantitativas da carne*

Após a obtenção da “seção HH”, foi realizada a separação do músculo *Longissimus dorsi*, para congelamento e posterior análise da força de cisalhamento e cálculo das perdas de líquido ao descongelamento e cocção conforme metodologia de Müller (1987). Após um período de congelamento foi retirada uma fatia de 2,5 cm de espessura. A fatia foi pesada congelada, e após o descongelamento, para o cálculo das perdas nesse processo. Após, submetida ao cozimento até atingir a temperatura interna de 70 °C, e, ao atingir temperatura ambiente foi novamente pesada para determinação da perda à cocção. Nesta mesma fatia, foram retiradas cinco amostras no sentido paralelo às fibras musculares, para determinação da maciez pelo aparelho Warner-Bratzler Shear, obtendo-se a força de cisalhamento ( $\text{kgf cm}^{-3}$ ).

#### *Delineamento experimental e análises estatísticas*

Os dados foram submetidos a análise de *outliers* pelo teste *rstudent*, utilizando como critério de exclusão de observações acima de 2 e abaixo de -2. Após foram submetidos a teste de normalidade de resíduos, pelo teste Kolmogorov-Smirnov, a 5% de significância e quando necessário foram submetidos à transformação. As variáveis foram submetidas à análise de modelos mistos, em nível de significância de 5%, utilizando o procedimento MIXED (*Statistical Analysis System, SAS Studio University Edition, versão 3.5*). O estudo foi incluído

no modelo como efeito aleatório (*random*) e foram utilizadas como covariáveis o escore de condição corporal inicial, a participação de sangue Nelore no genótipo e a porcentagem de concentrado na dieta. Quando detectadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância.

O modelo matemático adotado para as variáveis de desempenho foi:

$$\gamma_{ijk} = \mu + \tau_j + r(\tau_j) + E + CCI + NG + CD + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

$\gamma_{ijk}$  = variáveis dependentes;

$\mu$  = média de todas as observações;

$\tau_j$  = efeito do j-ésimo tratamento;

$r(\tau_j)$  = repetição dentro do tratamento;

E = estudo;

CCI = escore de condição corporal inicial;

NG = participação de sangue nelore no genótipo;

CD = porcentagem de concentrado na dieta;

$\varepsilon_{ijk}$  = erro aleatório residual.

## Resultados

Os pesos de fazenda, carcaça quente e fria e rendimentos de carcaça quente e fria não diferiram entre os tratamentos (Tabela 1). Os pesos médios de fazenda, carcaça quente e carcaça fria foram 439,26, 261,99 e 254,74 kg, respectivamente. Enquanto os rendimentos de carcaça quente e fria foram 58,58 kg/ 100 kg de carcaça quente e 56,88 kg/ 100 kg de carcaça fria, em média.

Tabela 1 – Médias e erros-padrão dos pesos de fazenda (PFAZ), de carcaças quente (PCQ) e fria (PCF) e rendimento de carcaça quente (RCQ) e fria (RCF) de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.

Variáveis	CAR <sup>2</sup>			P
	Baixo	Médio	Alto	
<i>N</i>	54	55	48	
PF, kg	447,14±10,72	429,38±9,35	441,26±8,86	0,1328
PCQ, kg	266,50±7,82	256,42±6,81	263,06±6,27	0,2166
PCF, kg	259,12±7,65	249,27±6,67	255,84±6,15	0,2222
RCQ, kg/ 100 kg de carcaça quente	58,29±0,51	58,60±0,45	58,84±0,41	0,4473
RCF, kg/ 100 kg de carcaça fria	56,59±0,46	56,89±0,41	57,16±0,38	0,3914

<sup>1</sup>P= Probabilidade. Médias seguidas por valores de P<0,05 diferem pelo teste de Tukey, a nível de 5% de significância.

<sup>2</sup>Baixo: animais com valores de CAR menos meio (-0,5) desvio padrão inferiores à média geral; Médio: animais cujos valores de CAR se localizaram entre os limites dos animais de baixo e alto CAR; Alto: animais que apresentaram valores de consumo alimentar residual meio (+0,5) desvio padrão acima da média geral.

Não houveram diferenças significativas entre os tratamentos em relação as variáveis relacionadas as características qualitativas e quantitativas e composição tecidual da carcaça (Tabela 2). Os novilhos apresentaram 4,34 mm de espessura de gordura subcutânea e 55,84 cm<sup>2</sup> de área de *Longissimus dorsi*, em média.

Tabela 2 – Médias e erros-padrão da espessura de gordura subcutânea (EGS), quebra ao resfriar (QR), área de *Longissimus dorsi* (AOL), conformação (CONF) e quantidades relativas dos tecidos músculo (MUS), gordura (GORD) e osso (OSSO) da carcaça de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.

Variáveis	CAR <sup>2</sup>			P <sup>1</sup>
	Baixo	Médio	Alto	
N	54	55	48	
EGS, mm	4,26±0,34	4,29±0,34	4,46±0,27	0,7717
QR, kg 100/ kg de carcaça fria	2,58±0,13	2,76±0,12	2,70±0,11	0,1556
AOL, cm <sup>2</sup>	56,16±2,06	55,61±1,81	55,75±1,61	0,9299
CONF, pontos <sup>3</sup>	9,99±0,20	9,71±0,20	10,25±0,22	0,2026
MUS, kg/ 100 kg carcaça fria	64,08±0,41	64,26±0,39	63,65±0,44	0,5891
GORD, kg/ 100 kg carcaça fria	23,11±0,83	23,39±0,73	23,40±0,69	0,7941
OSSO, kg/ 100 kg carcaça fria	11,36±0,26	11,26±0,23	11,38±0,21	0,7983

<sup>1</sup>P= Probabilidade. Médias seguidas por valores de P<0,05 diferem pelo teste de Tukey, a nível de 5% de significância.

<sup>2</sup>Baixo: animais com valores de CAR menos meio (-0,5) desvio padrão inferiores à média geral; Médio: animais cujos valores de CAR se localizaram entre os limites dos animais de baixo e alto CAR; Alto: animais que apresentaram valores de consumo alimentar residual meio (+0,5) desvio padrão acima da média geral.

<sup>3</sup> 1-3= inferior; 4-6= má; 7-9=regular; 10-12= boa; 13-15=muito boa; 16-18=superior

Em relação as características métricas da carcaça (Tabela 3), os animais do tratamento Baixo CAR demonstraram maior comprimento em relação aos de Médio CAR (125,68 e 123,40 cm, para baixo e médio), sendo que o tratamento Alto não diferiu dos demais (124,11). Enquanto isso, a proporção relativa de dianteiro foi maior nos animais de Baixo CAR (37,22 kg/ 100 kg de carcaça fria) em comparação com os de Alto (36,65 kg/ 100 kg de carcaça fria), ocorrendo o inverso na proporção de traseiro (52,76 kg/ 100 kg de carcaça fria para Alto CAR e 52,05 kg/ 100 kg de carcaça fria no tratamento Baixo CAR). O tratamento médio não diferiu dos demais nas proporções de dianteiro (36,98 kg/ 100 kg de carcaça fria) e traseiro (52,25 kg/ 100 kg de carcaça fria).

Tabela 3 – Médias e erros-padrão do comprimento (COMP), espessura de coxão (EC), índice de compactidade (ICC) e dos cortes dianteiro (DIA), costilhar (COST) e traseiro (TRAS) carcaça de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.

Variáveis	CAR <sup>2</sup>			P <sup>1</sup>
	Baixo	Médio	Alto	
<i>N</i>	54	55	48	
COMP, cm	125,68±0,64a	123,40±0,60b	124,11±0,67ab	0,0323
EC, cm	24,65±0,49	24,31±0,44	25,39±0,43	0,0744
ICC, kg/ cm	2,06±0,05	2,01±0,04	2,06±0,04	0,2911
DIA, kg/ 100 kg de carcaça fria	37,22±0,15a	36,98±0,14ab	36,65±0,16b	0,0402
COST, kg/ 100 kg de carcaça fria	10,86±0,24	10,91±0,22	10,51±0,19	0,1084
TRAS, kg/ 100 kg de carcaça fria	52,05±0,35b	52,25±0,31ab	52,76±0,28a	0,0462

<sup>1</sup>P= Probabilidade. Médias seguidas por valores de P<0,05 diferem pelo teste de Tukey, a nível de 5% de significância.

<sup>2</sup>Baixo: animais com valores de CAR menos meio (-0,5) desvio padrão inferiores à média geral; Médio: animais cujos valores de CAR se localizaram entre os limites dos animais de baixo e alto CAR; Alto: animais que apresentaram valores de consumo alimentar residual meio (+0,5) desvio padrão acima da média geral.

As variáveis peso de corpo vazio (PCV) e pesos relativos dos totais de componentes externos, órgãos internos e sangue (Tabela 4) não diferiram entre os tratamentos. Os animais dos tratamentos Baixo e Médio CAR apresentaram maior porcentagem de coração (0,38 kg/ 100 kg PCV) quando comparados aos de Alto CAR (0,35 kg/ 100 kg peso de corpo vazio). O contrário ocorreu em relação as proporções de pulmões, onde o tratamento Alto demonstrou maior valor (1,12 kg/ 100 kg PCV) que os demais tratamentos (1,03 e 0,99 kg/ 100 kg PCV para Médio e Baixo). Ainda, os novilhos dos tratamentos Alto e Médio CAR demonstraram maior peso relativo de fígado (1,47 kg/ 100 kg PCV) que os do Baixo CAR (1,39 kg/ 100 kg PCV).

Tabela 4 – Médias e erros-padrão do peso de corpo vazio (PCV), pesos relativos do total de órgãos internos (ORG INT), componentes externos (COMP EXT) e sangue (SAN) e pesos relativos dos órgãos internos de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.

Órgãos internos	CAR <sup>2</sup>			P <sup>1</sup>
	Baixo	Médio	Alto	
N	54	55	48	
PCV, kg	404,46±10,77	386,60±9,37	393,12±8,59	0,1394
COMP EXT, kg/ 100 kg PCV	15,23±0,28	14,86±0,23	14,90±0,22	0,1643
SAN, kg/ 100 kg PCV	2,96±0,13	3,14±0,12	2,99±0,11	0,1247
ORG INT, kg/ 100 kg PCV	3,39±0,06	3,48±0,06	3,51±0,05	0,0777
Coração, kg/ 100 kg PCV	0,38±0,01a	0,38±0,01a	0,35±0,01b	0,0045
Pulmões, kg/ 100 kg PCV	0,99±0,05b	1,03±0,04b	1,12±0,04a	0,0022
Fígado, kg/ 100 kg <sup>-1</sup> PCV	1,39±0,04b	1,47±0,04a	1,47±0,03a	0,0183
Rins, kg/ 100 kg <sup>-1</sup> PCV	0,21±0,00	0,21±0,00	0,20±0,00	0,3676
Baço, kg/ 100 kg <sup>-1</sup> PCV	0,34±0,01	0,34±0,01	0,33±0,01	0,3871

PCV= Peso de corpo vazio.

<sup>1</sup>P= Probabilidade. Médias seguidas por valores de P<0,05 diferem pelo teste de Tukey, a nível de 5% de significância.

<sup>2</sup>Baixo: animais com valores de CAR menos meio (-0,5) desvio padrão inferiores à média geral; Médio: animais cujos valores de CAR se localizaram entre os limites dos animais de baixo e alto CAR; Alto: animais que apresentaram valores de consumo alimentar residual meio (+0,5) desvio padrão acima da média geral.

O peso relativo total do trato gastrointestinal (Tabela 5) não diferiu entre os tratamentos. Entretanto, ao avaliar cada componente do trato de forma separada foram verificadas diferenças significativas nas proporções de abomaso e intestinos, onde o tratamento Alto apresentou maiores pesos (0,32 e 1,73 kg/ 100 kg PCV para abomaso e intestinos) em relação aos tratamentos Médio (0,29 e 1,53 kg/ 100 kg PCV) e Baixo (0,30 e 1,51 kg/ 100 kg PCV).

Tabela 5 – Médias e erros-padrão dos pesos relativos ao total e de cada componente do trato gastrointestinal (TGI) de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.

Variáveis	CAR <sup>2</sup>			P <sup>1</sup>
	Baixo	Médio	Alto	
<i>N</i>	54	55	48	
TGI, kg/ 100 kg PCV	4,60±0,17	4,72±0,15	4,84±0,14	0,2342
Rúmen-retículo, kg/ 100 kg PCV	1,76±0,05	1,80±0,04	1,81±0,04	0,3508
Omaso, kg/ 100 kg PCV	1,17±0,04	1,19±0,04	1,27±0,04	0,1915
Abomaso, kg/ 100 kg PCV	0,30±0,01b	0,29±0,01b	0,32±0,01a	0,0216
Intestinos, kg/ 100 kg PCV	1,51±0,11b	1,53±0,10b	1,73±0,09a	0,0387

PCV= peso de corpo vazio.

<sup>1</sup>P= Probabilidade. Médias seguidas por valores de  $P < 0,05$  diferem pelo teste de Tukey, a nível de 5% de significância.

<sup>2</sup>Baixo: animais com valores de CAR menos meio (-0,5) desvio padrão inferiores à média geral; Médio: animais cujos valores de CAR se localizaram entre os limites dos animais de baixo e alto CAR; Alto: animais que apresentaram valores de consumo alimentar residual meio (+0,5) desvio padrão acima da média geral.

As avaliações relacionadas às gorduras internas (Tabela 6) demonstraram que novilhos com Baixo e Médio CAR apresentam maior porcentagem total de gordura interna e também de gordura do coração, renal e inguinal em relação aos novilhos com Alto CAR. Enquanto os novilhos com Médio CAR apresentam maior porcentagem de gordura intestinal (2,25 contra 2,08 e 1,98 kg/ 100 kg PCV nos tratamentos Baixo e Médio).

Tabela 6 – Médias e erros-padrão dos pesos relativos total e de cada componente das gorduras internas (GORD INT) de novilhos com baixo, médio ou alto consumo alimentar residual.

Gorduras	CAR <sup>2</sup>			P <sup>1</sup>
	Baixo	Médio	Alto	
<i>N</i>	54	55	48	
GORD INT, kg/ 100 kg PCV	7,87±0,28a	7,77±0,25a	6,90±0,23b	<0,0001
Coração, kg/ 100 kg PCV	0,24±0,02a	0,21±0,02a	0,17±0,01b	<0,0001
Renal, kg/ 100 kg PCV	1,97±0,16a	1,88±0,14a	1,46±0,12b	<0,0001
Inguinal, kg/ 100 kg PCV	0,83±0,04	0,83±0,03	0,86±0,03	0,4620
Ruminal, kg/ 100 kg PCV	1,49±0,10	1,53±0,09	1,55±0,08	0,7151
Abomasal, kg/ 100 kg PCV	0,58±0,04a	0,56±0,04a	0,48±0,04b	0,0244
Intestinal, kg/ 100 kg PCV	2,08±0,12b	2,25±0,10a	1,98±0,09b	0,0080

PCV=Peso de corpo vazio.

<sup>1</sup>P= Probabilidade. Médias seguidas por valores de P<0,05 diferem pelo teste de Tukey, a nível de 5% de significância.

<sup>2</sup>Baixo: animais com valores de CAR menos meio (-0,5) desvio padrão inferiores à média geral; Médio: animais cujos valores de CAR se localizaram entre os limites dos animais de baixo e alto CAR; Alto: animais que apresentaram valores de consumo alimentar residual meio (+0,5) desvio padrão acima da média geral.

Em relação a qualidade da carne (Tabela 7), os animais com Alto CAR apresentaram maior marmoreio na carne (6,77 pontos), os animais do tratamento Médio foram intermediários (5,73 pontos) e os animais do tratamento Baixo demonstraram menores valores (4,90 pontos). As variáveis perdas ao descongelamento e cocção e força de cisalhamento não diferiram entre os tratamentos.

Tabela 7 – Médias e erros-padrão das características qualitativas e quantitativas da carne de novilhos com alto ou baixo consumo alimentar residual.

Variáveis	CAR <sup>2</sup>			P <sup>1</sup>
	Baixo	Médio	Alto	
N	54	55	48	
Marmoreio, pontos <sup>3</sup>	4,90±0,26c	5,73±0,25b	6,77±0,29a	<0,0001
Perdas ao descongelar, g/ 100 g carne	8,75±0,66	9,24±0,64	10,01±0,65	0,1325
Perdas à cocção, g/ 100 g carne	29,01±0,93	27,58±0,68	26,18±0,64	0,0548
Força de cisalhamento, kgF/ cm <sup>2</sup>	2,83±0,46	2,86±0,47	2,97±0,50	0,8986

<sup>1</sup>P= Probabilidade. Médias seguidas por valores de P<0,05 diferem pelo teste de Tukey, a nível de 5% de significância.

<sup>2</sup>Baixo: animais com valores de CAR menos meio (-0,5) desvio padrão inferiores à média geral; Médio: animais cujos valores de CAR se localizaram entre os limites dos animais de baixo e alto CAR; Alto: animais que apresentaram valores de consumo alimentar residual meio (+0,5) desvio padrão acima da média geral.

<sup>3</sup>1 – 3 = traços; 4 – 6 = leve; 7 – 9 = pequeno; 10 – 12 = médio; 13 – 15 = moderado; 16 – 18 = abundante.

## Discussão

A similaridade nos pesos de abate e de carcaça quente e fria estão de acordo com os resultados encontrados por Fidelis et al. (2017) em bovinos da raça Nelore e também corroboram com a afirmação de Koch et al. (1963) que o CAR é independente do ganho de peso e do desempenho dos animais. Os resultados de rendimento de carcaça verificados corroboram com Fidelis et al. (2017) e Nascimento et al. (2016) trabalhando com bovinos da raça Nelore. Ainda, segundo Zorzi et al. (2013), o CAR está fracamente correlacionado com as características da carcaça.

Na ausência de diferenças significativas nas características de carcaça, proporções corporais ou pesos de corte de carne, seria interessante identificar e selecionar subsequentemente animais que consomem menos ração sem comprometer a produção, e que são, portanto, mais eficientes na conversão de alimentos em carne (ZORZI et al., 2013). Fitzsimons et al. (2014) afirmam que a melhoria na eficiência alimentar não deve ser acompanhada por um declínio em características economicamente relevantes, como peso e conformação da carcaça e escore de gordura.

Diferenças na composição corporal podem ser uma explicação possível para a diminuição do consumo de matéria seca observado em animais eficientes (NASCIMENTO et

al., 2016). De acordo com Bezerra et al. (2013), vários estudos apontaram alterações na composição da carcaça devido à seleção para baixo CAR, entre elas carcaças com menos gordura subcutânea, o que não foi observado neste estudo. Ainda, segundo os autores muitas pesquisas têm sugerido que o CAR está relacionado à composição do ganho de peso, com animais mais eficientes tendendo a ter carcaças mais magras com menos gordura muscular final, o que não foi verificado neste estudo.

Nascimento et al. (2016) e Santana et al. (2012) estudando índices de eficiência em bovinos Nelore verificaram que animais eficientes (baixo CAR) apresentaram maior área do músculo *Longissimus*. O que, segundo Nascimento et al. (2016), sugere maior deposição muscular na carcaça de novilhos eficientes, o que não foi observado neste estudo, sendo que a proporção de músculo por 100 kg de carcaça também não diferiu. Berry e Crowley (2013) afirmam que há uma tendência geral do CAR ser negativamente correlacionada geneticamente com a conformação da carcaça em bovinos de corte. Em sua meta-análise, eles verificaram que melhores animais em relação ao CAR melhoraram a conformação da carcaça. Neste estudo, não houve diferença significativa para essa variável.

Além disso, os animais com valores Baixo CAR apresentaram maior proporção de dianteiro e menor proporção de traseiro. Estes resultados contrariam os achados de Nascimento et al. (2016), que verificaram que proporção de costelas foi menor nos animais eficientes em CAR enquanto as proporções de dianteiro e traseiro não demonstraram diferenças significativas. Zorzi et al. (2013) não encontraram diferenças significativas em nenhum dos cortes comerciais.

Fitzsimons et al. (2014) afirmam que parte da variação no CAR pode ser explicada por diferenças na massa de órgãos viscerais, bem como diferenças potenciais na partição de nutrientes para o desenvolvimento muscular da carcaça. O gasto energético desses órgãos aumenta após a alimentação e depende da ingestão de alimentos (SEAL E REYNOLDS, 1993). Ainda, diferenças no tamanho relativo dos órgãos podem estar associadas às diferenças nas exigências de manutenção (SMITH E BALDWIN, 1974).

Pitchford et al. (2018) relatam que é possível que os requisitos de manutenção sejam maiores devido ao aumento da ingestão de alimentos e aumentos associados no intestino e no peso do fígado. O que pode explicar os resultados obtidos, pois foi verificado maior peso relativo de pulmões no tratamento Alto em relação ao Médio e Baixo e maiores pesos relativos de fígado, abomaso e intestinos nos tratamentos Médio e Alto em relação ao Baixo. Da mesma forma, Basarab et al. (2003) relatam que os animais mais eficientes tinham fígado, abomaso e intestino menores do que os animais menos eficientes.

Segundo Fitzsimons et al. (2014) discrepâncias na eficiência energética dos processos metabólicos nos tecidos podem explicar a ausência de um efeito do CAR nos pesos dos órgãos viscerais, apesar de um consumo de matéria seca reduzido dos animais de baixo CAR. De acordo com Johnson et al. (1990), o peso dos órgãos internos e sua contribuição para o peso corporal total refletem a condição de saúde em animais. Basarab et al. (2003), observaram que bovinos com baixo CAR apresentavam pulmão 10% mais leve, respectivamente, do que bovinos com alto CAR. Neste estudo os animais do tratamento Alto CAR apresentaram peso relativo dos pulmões 13 e 9% maiores que os animais do Baixo e Médio, aproximadamente.

Fitzsimons et al. (2014) afirmam que o peso do rúmen-retículo pode ser um fator contribuinte biologicamente significativo para a variação no CAR, porém é necessária uma pesquisa mais aprofundada sobre a eficiência dos processos metabólicos nos tecidos esplâncnicos entre animais de alta e baixa CAR. Neste estudo, não foram verificadas diferenças significativas em relação ao peso relativo total do trato gastrointestinal. No entanto os pesos relativos de abomaso e intestinos foram maiores nos novilhos do tratamento Alto em comparação com o Baixo e o Médio.

Segundo Basarab et al. (2003), o CAR está associado à composição do ganho de tal forma que os animais mais eficientes tendem a apresentar carcaças mais magras, com menos gordura final, menores escores de marmoreio e menos gordura renal, pélvica e cardíaca, fato que pode interferir nos aspectos da qualidade da carne. Esses resultados sugerem que novilhos com baixo CAR têm uma taxa um pouco mais lenta de deposição de gordura corporal vazia do que novilhos com alto CAR (BASARAB et al., 2003). Entretanto, foi verificado maiores pesos relativos de gordura total interna, cardíaca, renal e abomasal nos tratamentos Baixo e Médio em comparação com o Alto. Enquanto a gordura intestinal foi maior no tratamento Médio em relação aos demais.

A deposição de gordura na carcaça é uma característica muito importante nos sistemas de produção de gado de corte, pois afeta o rendimento e a qualidade da carcaça, a palatabilidade da carne e a aparência geral do produto (BONIN et al., 2021). A gordura subcutânea e a gordura intramuscular (marmoreio) extraída no músculo *Longissimus* são características importantes para garantir a qualidade da carne (GOMES et al., 2012).

Diferentemente do verificado neste estudo, Jiu et al. (2020) não verificaram diferenças no grau de marmoreio entre as classes de CAR. Todavia, Basarab et al. (2003) relataram uma tendência para os novilhos com baixo CAR terem menos marmoreio do que grupos com médio ou alto CAR, o que foi relatado por Ahola et al. (2011) que encontraram correlação positiva

entre o CAR e o escore de marmoreio e confirmado por outros autores como (NASCIMENTO et al., 2016; RICHARDSON et al., 2001; WELCH et al., 2012).

A maior gordura intramuscular extraída depositada por animais ineficientes pode explicar parcialmente a maior ingestão para garantir energia suficiente para a deposição intramuscular de gordura (NASCIMENTO et al., 2016). Devido a isso, Elolimy et al. 2018 ressaltam a importância de determinar com maior número de animais se o menor consumo de matéria seca em bovinos eficientes está associado a diferenças na gordura intramuscular. Ainda segundo os autores, com esse tipo de informação, poderíamos abordar melhor a questão de saber se o controle do marmoreio em bovinos com alimentação eficiente ocorre principalmente no nível do tecido.

O marmoreio desempenha um papel importante na maciez da carne, pois pode contribuir para o enfraquecimento das estruturas do tecido conjuntivo (MATARNEH et al., 2017) e também na palatabilidade da carne, essenciais para a satisfação do consumidor (AHOLA et al., 2011). Sendo que, a maciez é a característica sensorial mais importante da carne bovina e influencia diretamente a decisão do consumidor de comprar o produto (ZORZI et al., 2013). Não houve diferença significativa para a força de cisalhamento entre os tratamentos avaliados nesse estudo.

Basarab et al. (2003) relataram animais com alto CAR (menos eficientes) tendem a produzir carne mais macia do que aqueles com baixo CAR (mais eficientes). Enquanto Fidelis et al. (2017), não encontraram diferenças entre as classes. Ao mesmo tempo que Ahola et al. (2011) não verificaram diferenças e correlação entre o CAR e as perdas ao cozimento nem força de cisalhamento. McDonagh et al. (2001) avaliaram a associação entre CAR e maciez da carne em bovinos de raças britânicas selecionados para alto e baixo CAR e verificaram nível mais alto de calpastatina nos músculos Longissimus dorsi de novilhos com baixo CAR, que pode ter reduzido a fragmentação da miofibra por meio da inibição das calpaínas e poderia fornecer um mecanismo pelo qual a seleção contínua para o CAR reduzido pode ser acompanhada por carne menos macia.

## **Conclusões**

Animais com baixo consumo alimentar residual não apresentam prejuízos no desempenho produtivo, porém apresentam maior teor gordura interna e menor marmoreio na carne.

## Referências

- AHOLA, J. K. et al. Relationship between residual feed intake and end product palatability in Longissimus steaks from steers sired by Angus bulls divergent for intramuscular fat expected progeny difference. **The Professional Animal Scientist**, v. 27, p. 109–115, 2011.
- BASARAB, J. A. et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, p. 189–204, 2003.
- BERRY, D. P.; CROWLEY, J. J. Cell biology symposium: Genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 1594-1613, 2013.
- BEZERRA, L. R. et al. Residual feed intake: a nutritional tool for genetic improvement. **Tropical Animal and Health Production**, v. 45, p. 1649–1661, 2013.
- BONIN, M. N. et al. Genetic parameters associated with meat quality of Nellore cattle at different anatomical points of longissimus: Brazilian standards. **Meat Science**, v. 171, p. 108281, 2021.
- CANTALAPIEDRA-HIJAR, G. et al. Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle. **Animal**, p. 1-15, 2018.
- ELOLIMY, A. A. et al. Residual feed intake in beef cattle and its association with carcass traits, ruminal solid-fraction bacteria, and epithelium gene expression. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 9, n. 1, p. 67, 2018.
- FIDELIS, H.A. et al. Residual feed intake, carcass traits and meat quality in Nellore cattle. **Meat Science**, v. 128, p. 34–39, 2017.
- FITZSIMONS, C.; KENNY, D. A.; MCGEE, M. Visceral organ weights, digestion and carcass characteristics of beef bulls differing in residual feed intake offered a high concentrate diet. **Animal**, v. 8, n. 6, p. 949–959, 2014.
- GOMES, R.C. et al. Feedlot performance, feed efficiency reranking, carcass traits, body composition, energy requirements, meat quality and calpain system activity in Nellore steers with low and high residual feed intake. **Livestock Science**, v. 150, p. 265–273, 2012.
- JIU, Z. et al. Meat and sensory quality of major muscles from Angus, Charolais, and Angus crossbred steers with high and low residual feed intake. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 100, n. 1, p. 140-153, 2020.
- JOHNSON, D. E., JOHNSON, K. A.; BALDWIN, R. L. Changes in liver and gastrointestinal tract energy demands in response to physiological workload in ruminants. **The Journal of nutrition**, v. 120, p. 649–655, 1990.
- KOCH, R.M. et al. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 22, p. 486-494, 1963.
- MATARNEH, S. K. et al. The conversion of muscle to meat. In: TOLDRÁ, F. (Ed.), **Lawrie's Meat Science**. Elsevier, Cambridge, MA, USA, 2017. p. 159–185.

- MCDONAGH, M. B. et al. Meat quality and the calpain system of feedlot steers following a single generation of divergent selection for residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, p. 1013–1021, 2001.
- MONTANHOLI, Y. R. et al. On the determination of residual feed intake and associations of infrared thermography with efficiency and ultrasound traits in beef bulls. **Livestock Science**, v. 125, n. 22–30, 2009.
- MORAES, G. F. et al. Genetic analysis of residual feed intake adjusted for fat and carcass and performance traits in a Nellore herd. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, p. e20151505, 2017.
- MÜLLER, L. **Normas para avaliação de carcaças e concurso de novilhos**. 2.ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 1987. 31p.
- NASCIMENTO, C. F. et al. Residual feed intake and blood variables in young Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 1318–1326, 2015.
- NASCIMENTO, M.L. et al. Feed efficiency indexes and their relationships with carcass, non-carcass and meat quality traits in Nellore steers. **Meat Science**, v. 116, p. 78–85, 2016.
- PITCHFORD, W. S.; LINES, D. S.; WILKES, M. J. Variation in residual feed intake depends on feed on offer. **Animal Production Science**, v. 58, p. 1414-1422, 2018.
- RICHARDSON, E. C. et al. Body composition and implications for heat production and Angus steer progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, n. 7, p. 1065–1072, 2001.
- SANTANA, M. H. A. et al. Feed efficiency and its correlations with carcass traits measured by ultrasound in Nellore bulls. **Livestock Science**, v. 145, p. 252–257, 2012.
- SEAL, C. J.; REYNOLDS, C. K. Nutritional implications of gastrointestinal and liver metabolism in ruminants. **Nutrition research reviews**, v. 6, p. 185–208, 1993.
- SMITH, N. E.; BALDWIN, R. L. Effects of breed, pregnancy, and lactation on weight of organs and tissues in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 57, n. 9, p. 1055-1060, 1974.
- WELCH, C. M. et al. Relationships among performance, residual feed intake, and product quality of progeny from Red Angus sires divergent for maintenance energy EPD. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 13, p. 5107–5117, 2012.
- ZORZI, K. et al. Meat quality of young Nellore bulls with low and high residual feed intake. **Meat Science**, n. 93, p. 593–599, 2013.

## 5 CONCLUSÕES

O consumo alimentar residual é uma ferramenta importante na mensuração da eficiência alimentar dos animais, uma vez que através dele podemos identificar os animais mais eficientes, que consomem menor quantidade de alimentos, sem prejuízo no desempenho produtivo. Com isso, haverá redução nos custos de produção e também menos alimentos utilizados para a produção de carne. Fatores importantes devido as projeções de aumento da população mundial nos próximos anos, o que acarretará em maior demanda por alimentos.

Apesar do método ser criado em 1963, a utilização do consumo alimentar residual como medida de eficiência alimentar de animais ganhou notoriedade nos últimos 20 anos, aproximadamente, e tem sido cada vez mais utilizado. Algumas lacunas ainda precisam ser preenchidas devido a diferenças encontradas em estudos realizados, sendo a composição corporal um exemplo, podendo haver realização de mais estudos utilizando o CAR ajustado a composição corporal. Também, mais estudos podem ser realizados em relação ao marmoreio na carne, pois em alguns mercados do mundo é um fator importante na compra.

Nos últimos anos, as pesquisas relacionadas ao CAR têm sido aprofundadas, como os estudos relacionados a genômica e marcadores moleculares demonstrando resultados importantes. Ainda, o CAR pode ser uma ferramenta importante em programas de reprodução devido a sua herdabilidade moderada e vem sendo cada vez mais utilizado como método de avaliação da eficiência alimentar de animais.

## REFERÊNCIAS

- ARGENTA, F. M. et al. Padrões comportamentais de bovinos confinados com grãos de milho, aveia branca ou arroz com casca. **Ciência animal Brasileira**, v. 20, e-49508, 2019.
- ARTHUR, J. P. F.; HERD, R. M. Residual feed intake in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p. 269-279, 2008.
- ASHER, A. et al. Consistency of feed efficiency ranking and mechanisms associated with inter-animal variation among growing calves. **Journal of animal science**, v. 96, n. 3, p. 990-1009, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. Beef Report 2020 - Perfil da Pecuária no Brasil, 2020. Disponível em: <<http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>>. Acesso em: 23 jul. 2020.
- BARBERO, R. P. et al. Influence of post-weaning management system during the finishing phase on grasslands or feedlot on aiming to improvement of the beef cattle production. **Agricultural Systems**, 153, 23–31, 2017.
- BASARAB, J. A. et al. Reducing GHG emissions through genetic improvement for feed efficiency: effects on economically important traits and enteric methane production. **Animal**, v. 7, n. s2, p. 303-315, 2013.
- BASARAB, J. A. et al. Residual feed intake and body composition in young growing cattle. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, n. 2, p. 189-204, 2003.
- BERRY, D. P.; CROWLEY, J. J. Residual intake and body weight gain: A new measure of efficiency in growing cattle. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 109–115, 2012.
- BERRY, D. P.; CROWLEY, J. J. Cell biology symposium: Genetics of feed efficiency in dairy and beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 1594-1613, 2013.
- BEZERRA, L. R. et al. Residual feed intake: a nutritional tool for genetic improvement. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, p. 1649–1661, 2013.
- BINGHAM, G. M. et al. Relationship between feeding behavior and residual feed intake in growing Brangus heifers. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 2685–2689, 2009.
- BONILHA, S. F. M. et al. Feed efficiency, blood parameters, and ingestive behavior of young Nellore males and females. **Tropical Animal Health and Production**, v. 47, p. 1381–1389, 2015.
- CANTALAPIEDRA-HIJAR, G. et al. Review: Biological determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle. **Animal**, p. 1-15, 2018.
- CHAVES, A. S. **Relações entre eficiência alimentar e características de carcaça, qualidade de carne, batimentos cardíacos e consumo de oxigênio em bovinos**. 2013. 132 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2013.

- CLIMACO, S. M. et al. Desempenho e características de carcaça de bovinos de corte de quatro grupos genéticos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1562-1567, 2011.
- FERNANDES, S. R. et al. Características de desempenho e eficiência alimentar de touros Purunã em crescimento de três classes de consumo alimentar residual. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.1, p.268-276, 2014.
- FIDELIS, H.A. et al. Residual feed intake, carcass traits and meat quality in Nellore cattle. **Meat Science**, v. 128, p. 34–39, 2017.
- FLAY, H. E. et al. Hot topic: Selecting cattle for low residual feed intake did not affect daily methane production but increased methane yield. **Journal of Dairy Science**, v. 102, p. 2708–2713, 2019.
- GOMES, R.C. et al. Feedlot performance, feed efficiency reranking, carcass traits, body composition, energy requirements, meat quality and calpain system activity in Nellore steers with low and high residual feed intake. **Livestock Science**, v. 150, p. 265–273, 2012.
- HENDRIKS, J.; SCHOLTZ, M. M.; NESER, F. W. C. Possible reasons for differences in residual feed intake: An overview. **South African Journal of Animal Science**, v. 43, n. 5, p. S107-S110, 2013.
- HERD, R. M.; ODDY, V. H.; RICHARDSON, E. C. Biological basis for variation in residual feed intake in beef cattle. 1. Review of potential mechanisms. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 44, p. 423–430, 2004.
- KELLY, A. K. et al. Effect of divergence in residual feed intake on feeding behavior, blood metabolic variables, and body composition traits in growing beef heifers. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 109–123, 2010a.
- 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**, v. 88, p. 3214–3225, 2010b.
- KOCH, R.M. et al. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 22, p. 486-494, 1963.
- MACNEIL, M. D.; SCHOLTZ, M. M.; MAIWASHE, A. Estimates of variance components for postweaning feed intake and growth in Bonsmara bulls and evaluation of alternative measures of feed efficiency. **South African Journal of Animal Science**, v. 43, n. 1, p. 19-24, 2013.
- MAGNABOSCO, C. U. et al. Multivariate approach of inter-relationships among growth, consumption and carcass traits in Nellore cattle. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 1, p. 168-176, 2014.
- MAGNANI, E. et al. Relações entre consumo alimentar residual, comportamento ingestivo e digestibilidade em novilhas nelore. **Boletim da Indústria Animal**, v. 70, n. 2, p. 187-194, 2013.

MENDES, E. D. M.; CAMPOS, M. M. Eficiência alimentar em bovino de corte. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 37, n. 292, p. 28-38, 2016.

MONTANHOLI, Y. R. et al. On the determination of residual feed intake and associations of infrared thermography with efficiency and ultrasound traits in beef bulls. **Livestock Science**, v. 125, n. 22–30, 2009.

MORAES, G.F. et al. Genetic analysis of residual feed intake adjusted for fat and carcass and performance traits in a Nellore herd. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, p. e20151505, 2017.

NASCIMENTO, C. F. et al. Residual feed intake and blood variables in young Nellore cattle. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 1318–1326, 2015.

NASCIMENTO, M. L. et al. Feed efficiency indexes and their relationships with carcass, non-carcass and meat quality traits in Nellore steers. **Meat Science**, v. 116, p. 78–85, 2016.

NICHELE, E. M. et al. Eficiência bioeconômica de bovinos de corte em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 3, p. 699-711, 2015.

OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027, OECD Publishing, Paris/Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Disponível em: [https://doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2018-en](https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2018-en). Acesso em: 22 de novembro de 2018.

DE OLIVEIRA, P.S. et al. Identification of genomic regions associated with feed efficiency in Nelore cattle. **BMC Genetics**, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2014.

PACHECO, P. S. et al. Análise econômica da terminação de novilhos em confinamento recebendo diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 999-1011, 2014.

PITCHFORD, W. S.; LINES, D. S.; WILKES, M. J. Variation in residual feed intake depends on feed on offer. **Animal Production Science**, v. 58, n. 8, p. 1414-1422, 2018.

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

ROBINSON, D. L.; ODDY, V. H. Improving estimates of weight gain and residual feed intake by adjusting for the amount of feed eaten before weighing. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 41, p. 1057–1063, 2001.

SAMPAIO, R. L. et al. The nutritional interrelationship between the growing and finishing phases in crossbred cattle raised in a tropical system. **Tropical Animal Health and Production**, v. 49, n. 5, 1015–1024, 2017.

SANTANA, M. H. A. **Relação do consumo alimentar residual e conversão alimentar com características de carcaça, perfil metabólico e sanguíneo de touros da raça nelore**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2009.

SANTANA, M. H. A. et al. Medidas de eficiência alimentar para avaliação de bovinos de corte. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 13, n. 2, p.95-107, 2014.

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

SILVA, G. P.; CONTIN, T. L. M.; DOS SANTOS, A. C. R. Custos de confinamento de bovinos de corte no município de Colômbia, SP. **Revista IPecege**, v. 4, n. 4, p. 7-15, 2018.

SILVA, N. R. et al. Desempenho em confinamento de bovinos de corte, castrados ou não, alimentados com teores crescentes de farelo do mesocarpo de babaçu. **Ciência Rural**, v. 42, n. 10, p. 1882-1887, 2012.

SMITH, S.N.; DAVIS, M.E.; LOERCH, S.C. Residual feed intake of Angus beef cattle divergently selected for feed conversion ratio. **Livestock Science**, v. 132, p. 41–47, 2010.

SOBRINHO, T. L. et al. Residual feed intake and relationships with performance of Nellore cattle selected for post weaning weight. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.929-937, 2011.

TREVIZAN, N. et al. Growth, ruminal and metabolic parameters and feeding behavior of Nellore cattle with different residual feed intake phenotypes. **Livestock Science**, v. 244, p. 104393, 2021.

WELCH, C. M. et al. Relationships among performance, residual feed intake, and product quality of progeny from Red Angus sires divergent for maintenance energy EPD. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 13, 5107–5117, 2012.

WORLD SUMMIT ON FOOD SECURITY (WSFS), 2009. Draft declaration of the World summit on food security; World Summit on Food Security 16-18 November 2009, Rome, Italy. Rome, FAO. 7 p. Disponível em: <[http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/Summit/Docs/Declaration/WSFS09\\_Draft\\_Declaration.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/Summit/Docs/Declaration/WSFS09_Draft_Declaration.pdf)> Acesso em: 22 de novembro de 2018.

ZHANG, X. et al. Association of residual feed intake with growth and slaughtering performance, blood metabolism, and body composition in growing lambs. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2017.

ZHOU, M. et al. Characterization of variation in rumen methanogenic communities under different dietary and host feed efficiency conditions, as determined by PCR-denaturing gradient gel electrophoresis analysis. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 76, n. 12, p. 3776-3786, 2010.

ZORZI, K. et al. Meat quality of young Nellore bulls with low and high residual feed intake. **Meat Science**, n. 93, p. 593–599, 2013.