INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL

EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE ALIMENTOS EM MACHOS NELORE CLASSIFICADOS PARA CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL

Marcela Morelli

Nova Odessa
Janeiro – 2015

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL

Eficiência de utilização de alimentos em machos Nelore classificados para consumo alimentar residual

Marcela Morelli

Orientadora: Dra. Renata Helena Branco Arnandes
Co- orientador: Dr. Alexandre Berndt

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação do Instituto de Zootecnia, APTA/SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Produção Animal Sustentável.

Nova Odessa
Janeiro - 2015

Ficha catalográfica elaborada pelo
Núcleo de Informação e Documentação do Instituto de Zootecnia
Bibliotecária: Tatiane Helena Borges de Salles – CRB 8/8946

M842e Morelli, Marcela
Eficiência de utilização de alimentos em machos Nelore classificados para consumo alimentar residual /Marcela Morelli.
Nova Odessa, SP: [s.n.], 2015.
65 p.: il.
Dissertação (mestrado) – Instituto de Zootecnia. APTA/SAA, Nova Odessa.

Orientador: Dra. Renata Helena Branco Arnandes
Co-orientador: Dr. Alexandre Berndt

Bibliografia

1. Bovinos de corte. 2. Desempenho animal. 3. Digestibilidade energética. 4. Produção de metano. I. Arnandes, Renata Helena Branco. II. Berndt, Alexandre. III. Titulo.

CDD 636.213

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO ANIMAL SUSTENTÁVEL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE ALIMENTOS EM MACHOS NELORE CLASSIFICADOS PARA CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL

Autor: MARCELA MORELLI

Orientador: Renata Helena Branco Arnandes

Co-orientador: Alexandre Berndt

Aprovado como parte das exigências para obtenção de título de MESTRE em Produção Animal Sustentável, pela Comissão Examinadora:

Renata Helena Branco Arnandes
(Orientadora)

Sarah Figueiredo Martins Bonilha
(Instituto de Zootecnia)

Giovani Fiorentini
(UNESP)

Data da realização: 30 de Janeiro de 2015.

Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. Renata Helena Branco Arnandes

"Que comece agora e que seja permanente essa vontade de ir além daquilo que me espera."

Caio Fernando Abreu

"Quando acreditamos apaixonadamente em algo que não existe, o criamos. O inexistente é algo que não desejamos suficiente".

Franz Kafka

Dedicatória

Primeiramente a Deus, aos meus pais,
minha família e a todos que me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica dos Agronegócios de Bovinos de Corte e ao Instituto de Zootecnia, por fornecer suporte e infraestrutura para a realização deste trabalho.

Aos órgão de Fomento CNPq e FAPESP, pela concessão da bolsa e recursos para este experimento.

A minha orientadora Dra. Renata Helena Branco Arnandes, pela orientação e confiança.

Ao meu co-orientador Dr. Alexandre Berndt, pela co-orientação e por toda ajuda no desenvolvimento deste trabalho.

A Dra. Sarah Figueiredo Martins Bonilha por se dispor em fazer parte da banca.

Ao Dr. Giovani Fiorentini por se dispor em fazer parte da banca.

A todos os pesquisadores do centro, Dra. Joslaine, Dra. Sarah, Dra. Maria Eugênia, Dr. Fábio, Dra. Flávia, Dra. Lenira, Dra. Cláudia, Dra. Maria Lúcia, Dr. Anibal, Dr. Enilson e a pós-doutoranda Dra. Roberta, por toda a atenção, presteza, carinho e exemplo de profissionalismo.

Ao meus amigos/irmãos do mestrado: Thaís, Erika (Maranhão), Suzane, Nathalia, André, Heloísa (Danone), pela imensa colaboração no desenvolvimento desta pesquisa e por todos os momentos de trabalho e descontração, mesmo que ás 3 horas da manhã no comportamento, sem vocês nada disso teria sido possível. Também pela amizade e companhia para todos os momentos.

Aos meus amigos da turma de mestrado (PGIZ05): Ana Paula, Luiz Henrique, Vânia, Glayk, Ênio, Thaís e Marisa por toda a amizade e companheirismo durante essa jornada.

A todos os funcionários do Centro APTA de Bovinos de Corte: Flávio (Frá), Leu, Seu Brás, Ito, Broli, Cará, Saulo, Quaiada, Nena, Valdir, Fran, Batata, Pedrão, Jegão, Pedrinho, Valdemá, Dau, Seu Toninho bala, Rô (campeiro), Estela, Clésia, Dona Catarina, Aline, Rô, Irma, Dona Tete, pela imensa ajuda e pela paciência.

Aos meus amigos da fazenda: Elisa, Evelyn, Bianca, Elaine, Carol, Raphael e Gabi pela convivência, pelas boas conversas e risadas.

A Cleisy minha irmã do sertão, pela amizade e paciência mesmo que distante.

A Maria Isabel (Bel), "minha" estagiária, pelo apoio, aprendizado e confiança. E a todos estagiários, que passaram na fazenda pela ajuda e troca de experiências.

A Dra. Selma Grossi por me acolher durante o estágio docência, pelos conselhos, pela compreensão e pela amizade que fizemos durante esse período.

A todos que de alguma forma ajudaram direta ou indiretamente no desenvolvimento deste trabalho.

EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE ALIMENTOS EM MACHOS NELORE CLASSIFICADOS PARA CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL

RESUMO

O trabalho foi conduzido com o objetivo de gerar conhecimento sobre o consumo alimentar residual de machos da raça Nelore (Bos indicus) e avaliar a eficiência de utilização de alimentos em machos Nelore com divergentes classes de consumo alimentar residual. Foram utilizados 24 machos não castrados (idade de 445 ± 25 dias e peso inicial de 351,50 ±14,60 kg), confinados em baias individuais durante 105 dias. A dieta foi formulada à base de silagem de milho, feno de braquiária, milho grão moído, farelo de soja, sal e mistura mineral. Os animais foram pesados a cada 28 dias. O CAR foi calculado como a diferença entre consumo observado e predito, baseado no $PC^{0,75}$ e no GMD, sendo os animais classificados como alto CAR (> média + 0,5 DP; n=12) e baixo CAR (< média – 0,5 DP; n=12). Foi determinado o CMS, o GMD e as características de crescimento (altura de garupa e escore corporal). Foi feita a coleta total de fezes por três dias consecutivos para a determinação da digestibilidade. O comportamento ingestivo foi mensurado a cada 28 dias, durante 24h através de observações diretas. A emissão de metano entérico foi determinada utilizando a técnica do gás traçador SF_6. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado. A análise de variância foi realizada pelo procedimento MIXED do SAS e o modelo incluiu os efeitos fixos classes de CAR e período, e como (co) variável linear a idade. As médias foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e comparadas por Pdiff, ao nível de 5% de probabilidade. Dentre as classes de CAR não foram observadas diferenças significativas (P>0,05) quanto ao peso inicial, peso final,peso metabólico e GMD. Não foram encontradas diferenças entre as classes de CAR para altura de garupa, escore de condição corporal e consumo de nutrientes, assim como para as medidas de síntese microbiana. Os animais baixo CAR apresentaram maiores valores de DMS, DPB e DFDA (71,29; 73,0 e 70,75%) que os animais alto CAR (68,16; 70,88 e 67,99%). O tempo de alimentação (TALM) e o tempo de mastigação total foram menores (P>0,05) para os animais baixo CAR (190,75 e 643,91 min/dia) que para os animais alto CAR (224,00 e 678,03 min/dia. A emissão de metano entérico (g/dia; kg/ano; g/ kg CMS; g/ kg GMD e g/kg $PC^{0,75}$) não diferiu (P>0,05) entre as classes de CAR, porém apresentou correlação (r=0,52) com o CMS. A eficiência de síntese microbiana também não diferiu (P>0,05) entre as divergentes classes de CAR. Nas condições desse experimento os animais Nelore baixo CAR despenderam menos tempo em atividades relacionadas à alimentação e são mais eficientes quanto à digestibilidade da MS, da PB e do FDA. A emissão de CH_4 entérico está relacionada ao consumo dos nutrientes e não inerente a seleção de animais com consumo alimentar residual.

Palavras-chave: bovinos de corte, desempenho animal, digestibilidade energética, produção de metano.

USE EFFICIENCY OF FOOD IN MALES NELORE CLASSIFIED TO RESIDUAL FEED INTAKE

ABSTRACT

The work was conducted with the objective of generating knowledge about the residual feed intake in Nellore males (*Bos indicus*) and food utilization efficiency in Nellore males with differing residual feed intake classes. Twenty-four bulls, with 445 days and 351.50 ± 14.60 kg of initial age and body weight, respectively, were evaluated for 105 days in individual pens. Animals received diet based on corn silage, Brachiaria hay, ground corn, soybean meal and mineral supplement. The animals were weighed every 28 days. The RFI was estimated as regression equation residue of DMI on MBW and ADG, and the animals are classified as high RFI (> mean + 0.5 SD; n = 12) and low RFI (<mean - 0 5 SD; n = 12). During this period we determined the DMI, ADG and the growth characteristics (hip height and body condition). The total collection of feces for three consecutive days to determine the digestibility was made. The feeding behavior was measured every 28 days, for 24 hours through direct observation. The enteric methane emission was determined using the technique of SF6 tracer gas. The experimental design was completely randomized. Data were analyzed using MIXED procedure of SAS, and in the model were included the fixed effects of RFI class and period and as (co) linear variable age. Means were adjusted by the least squares method and compared by PDIFF, at 5% probability. The RFI classes did not differ (P> 0.05) for initial weight, final weight, BMW and ADG. No differences were found between the RFI classes to hip height, body condition score and nutrient intake, as well as the measures of microbial synthesis. The low-RFI had higher digestibility of dry matter (DMD), of crude protein (CPD) and acid detergent fiber (ADFD) (71.29; 70.75 and 73.0%) than the high-RFI animals (68.16; 70.88 and 67.99%). Feeding time (TALM) and total chewing time were lower (P> 0.05) for animals low-RFI (190.75 and 643.91 min/d) than for high animal CAR (224.00 and 678.03 min/d). The enteric methane emission (g/d; kg/year; g/kg DMI; g/kg ADG; g/kg MBW) did not differ (P> 0.05) between the RFI classes, but correlated (r = 0.52) with DMI. The microbial efficiency was not different (P> 0.05) between the divergent RFI class. The use of animals classified for RFI is not justified on performance and growth characteristics. However, under the conditions of this experiment the low Nellore RFI spent less time in activities related to food and are more efficient in DMD, CPD and the ADFD. The enteric methane emission is related to the consumption of nutrients and not inherent in the selection of animals with residual feed intake.

Keywords: animal performance, beef cattle, methane production, protein digestibility.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS 17
1 INTRODUÇÃO 17
2 REVISÃO DE LITERATURA 19
2.1 Medidas de eficiência alimentar e consumo alimentar residual 19
2.2 Digestibilidade nas divergentes classes de CAR 21
2.3 Comportamento ingestivo e eficiência alimentar 22
2.4 Relação entre CAR e emissão de metano entérico por ruminantes 23
2.5 Eficiência de síntese microbiana 25
REREFÊNCIAS 27
CAPÍTULO 2- EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE ALIMENTOS EM MACHOS NELORE CLASSIFICADOS PARA CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL 35
1 INTRODUÇÃO 37
2 MATERIAL E MÉTODOS 39
2.1 Teste de desempenho pós-desmame 39
2.2 Instalação e animais 40
2.3 Ensaio de digestibilidade 42
2.4 Análises bromátologicas 43
2.5 Quantificação da emissão de metano entérico 43
2.6 Comportamento ingestivo 45
2.7 Estimativa da produação de nitrogênio microbiano e eficiência de síntese 46
2.8 Análises dos resultados 46
3 RESULTADOS 49
4 DISCUSSÃO 53
5 CONCLUSÃO 57
REFERÊNCIAS 59

CAPÍTULO 1- CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

A pecuária bovina é um dos setores mais importantes do agronegócio brasileiro e consequentemente da economia nacional. O Brasil possui o maior rebanho comercial do mundo (209 milhões de cabeças), é o maior exportador e o segundo maior produtor de carne bovina (ABIEC, 2014). De acordo o IBGE (2014) o PIB brasileiro cresceu 2,3% em 2013, sendo o setor agropecuário o de grande destaque, com crescimento de 7% (maior crescimento desde 1996).

O agronegócio moderno vem se tornando cada vez menos extrativista e mais empresarial, devido à alta demanda de países em desenvolvimento e a escassez de recursos naturais para ampliação da oferta. A viabilidade da pecuária de corte depende diretamente da economia de escala, que se baseia na máxima utilização dos fatores produtivos envolvidos no processo. Dessa forma, torna–se necessário o uso de tecnologias e métodos que colaborem para aperfeiçoar os sistemas de produção, potencializando a utilização dos "inputs" (insumos, alimentação) e minimizando os impactos ambientais. Diante disso, a eficiência no uso de recursos é um fator chave para o sucesso da atividade.

A utilização de animais mais eficientes quanto ao uso dos alimentos pode aumentar a produção de carne bovina sem aumentar a área utilizada e gerar igual ou menor impacto ambiental (emissão de carbono, metano (CH_4) e esterco) que a mesma atividade com animais ineficientes (BASARAB et al., 2003; NKRUMAH et al., 2006). Assim a seleção de animais para consumo alimentar residual (CAR), torna-se uma ótima alternativa como critério de seleção em programas de melhoramento genético, pois é possível reduzir significativamente os custos de alimentação e também as emissões de CH_4 entérico sem comprometer o desempenho (WAGHORN; HEGARTY, 2011).

Sabe-se que o CAR é afetado por todo o metabolismo do animal e, por isso, as relações entre essa característica e desempenho, características de crescimento, capacidade de digestão dos alimentos e outras bases fisiológicas têm sido amplamente pesquisadas. Embora haja muitas publicações sobre o CAR em bovinos de corte (HERD et al., 2004; NKRUMAH et al., 2006; MONTANHOLI et al., 2010; WAGHORN; HEGARTY, 2011; BASARAB et al., 2013), ainda há inconsistências em relação às diferenças na ingestão e digestibilidade, nas diferentes raças, nas diferentes dietas e nos diferentes grupos de CAR (NKRUMAH et al., 2006; HEGARTY et al., 2007; MEYER et al., 2008; CRUZ et al., 2010; JONES et al., 2011).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Medidas de eficiência alimentar e consumo alimentar residual

Segundo a ONU em 2050 a população mundial aumentará 34% podendo chegar a 9,6 bilhões de pessoas, e 70% dessa população será urbana, com níveis de renda maiores. Para alimentar essa população maior, mais urbana e mais rica, a produção de alimentos deve aumentar em 70% (FAO, 2009). A produção anual de carne precisará aumentar em mais de 200 milhões de toneladas para atingir 470 milhões de toneladas (CAPPER, 2012). Com essa alta demanda por alimentos e a alta competitividade do mercado de carne bovina, produzir de forma eficiente através do encurtamento do ciclo de produção, otimização do uso dos alimentos, menores custos de produção e menores impactos ambientais, tem se tornado um fator chave para o sucesso na produção animal (BONILHA, 2003). Diante disso medidas de eficiência alimentar, definidas como a geração de produtos de origem animal com a menor quantidade de recursos possíveis, tornam-se um importante fator de seleção animal (FERREL e JENKINS, 1984).

Algumas características têm sido propostas e usadas para determinar a eficiência alimentar em bovinos, como: eficiência parcial de crescimento (EPC; KELLNER, 1909), definida como a razão do GMD pela diferença do CMS observado e do CMS estimado para mantença; conversão alimentar (CA; BRODY, 1945), razão entre CMS e o GMD; taxa de Kleiber (TK; KLEIBER, 1936), razão do GMD pelo peso vivo metabólico ($PC^{0,75}$); taxa de crescimento relativo (TCR; FITZHUGH; TAYLOR, 1971), definida como a razão da diferença do logaritmo do peso final (PF) e do logaritmo do peso inicial (PI) pelo tempo em confinamento; e o consumo alimentar residual (CAR; KOCH et al., 1963).

A medida mais utilizada é a CA, porém essa característica é altamente correlacionada ao ganho de peso, e se utilizada como critério de seleção, poderá resultar em aumento significativo do consumo pelos animais (ARCHER et al., 1999).

O CAR, medida proposta por Koch et al. (1963), tornou-se uma característica relevante para melhorar a eficiência dos animais, pois é uma característica fenotípica independente do peso corporal (PC) e da taxa de crescimento. Definido como a diferença ou o resíduo, entre o consumo real (observado) e o consumo esperado (predito) obtido por meio de equações de regressão ajustadas para peso vivo metabólico e taxa de ganho de peso calculado para um grupo de animais testados por um determinado período de tempo (ARTHUR et al., 2001), conforme descrito na Equação 1. Essa medida é um registro individual, medido pelo consumo

em longo prazo (pelo menos 70 dias) quando os animais estão alojados em baias individuais ou em grupo.

$$CAR = \text{consumo observado} - \text{consumo estimado} (\int \{PC^{0,75}, GMD\}) \qquad \text{Eq. 1}$$

Existe considerável variação no consumo de alimentos pelos animais, acima ou abaixo do esperado, com base no tamanho corporal (SAINZ et al., 2006), de acordo com os resultados de Almeida et al. (2004) que verificaram diferenças no CMS de até 2,94 kg entre o animal mais eficiente e o menos eficiente para o mesmo ganho de peso. Dessa forma, animais com mesmo GMD podem consumir menos alimentos, tendo um custo menor de produção. Essa é uma das vantagens do CAR em relação às outras medidas de eficiência, pois é possível comparar o CMS dos animais independentemente das diferenças de tamanho ou da taxa de crescimento dos mesmos (GRION, 2012).

O CAR reflete a variação no consumo alimentar individual, que, provavelmente, está ligada a variações individuais nas exigências de mantença, de modo que selecionar animais mais eficientes para CAR seja possível, uma vez que a herdabilidade dessa característica é considerada de média a alta (0,22-0,71; OKINE et al., 2004).

As variações da eficiência alimentar medida pelo CAR, segundo Richardson et al. (2001), estão associadas as diferenças de exigência energética de mantença. Já segundo Montanholi et al. (2010) a variação na eficiência pode estar relacionada ao gasto energético associado aos comportamentos alimentares. Dentre os muitos mecanismos fisiológicos que contribuem para a variação do CAR, Richardson et al. (2004) e Herd e Arthur (2009) relataram que o comportamento ingestivo contribui em 2%, a digestibilidade em 10%, o incremento calórico em 9%, a atividade física em 10%, a composição corporal em 5%, o "turnover" proteico, metabolismo tecidual e estresse contribuem com pelo menos 37% e o transporte de íons juntamente com outros mecanismos até então desconhecidos, contribuem com 27% .

Selecionar os animais para as características de eficiência alimentar, visando potencializar o uso dos alimentos é relevante para o sistema de produção de carne, uma vez que animais mais lucrativos são aqueles que convertem de forma mais eficiente o alimento em carne e, nem sempre, os que apresentam melhor ganho de peso (REIS, 2009).

2.2 Digestibilidade nas divergentes classes de CAR

A utilização do alimento consumido por um animal envolve um complexo de processos biológicos e as interações com o ambiente, onde o controle da ingestão de alimento é o resultado de vários mecanismos inter-relacionados e integrados (VAN SOEST, 1994; VALADARES, 1997), sendo um aspecto fundamental na nutrição, pois estabelece a ingestão de nutrientes (VAN SOEST, 1994).

Fatores como a quantidade e o tipo de alimento consumido, raça, condições ambientais, sexo e idade, contribuem para variação da eficiência alimentar dos animais. Archer et al. (1999) demonstraram que animais da mesma raça, consumindo a mesma dieta, podem variar quanto à eficácia de utilização dos nutrientes, o que pode ser medido através da digestibilidade, uma vez que esta diz respeito à quantidade de nutrientes contidos no alimento que o animal é capaz de utilizar após o consumo (CUNHA et al., 2008). Assim, informações do consumo de alimentos vêm sendo incluídas em projetos de seleção com o objetivo de melhorar a eficiência alimentar, seja por meio da nutrição, do manejo ou da produção de genótipos superiores para tal característica (HERD et al., 2003; GOMES, 2009).

Com relação ao grupo genético, Oliveira et al.(1991) observaram diferenças em relação ao consumo entre *Bos indicus*, *Bos taurus* e seus mestiços. Almeida (2005) também verificou maior consumo de matéria seca em expresso em g/kg PV em animais taurinos recebendo concentrado. De acordo com Valadares Filho et al. (1987) zebuínos tem maior capacidade digerir alimentos fibrosos, sendo que o animal atinge seu ponto máximo de consumo em uma dieta com aproximadamente 68% de NDT no caso de taurinos e 65% para zebuínos, quando uma dieta é formulada com a proporção volumoso: concentrado em torno de 50:50 (VAN SOEST,1994).

Richardson et al. (1996) relataram que a digestibilidade aparente tende a ser 1% maior em bezerros mais eficientes, quando alimentados com dieta baseada em volumoso peletizado, o que poderia reduzir em até 2,3% a alimentação necessária diária dos animais. Os mesmos autores verificaram que essa diferença na digestibilidade pode responder por cerca de 14% da diferença observada no consumo de alimentos e segundo Arthur e Herd (2008) os animais baixo CAR apresentaram maior digestibilidade da dieta.

Nkrumah et al. (2006) verificaram digestibilidade aparente 5% maior em bezerros com baixo CAR em comparação aos animais de alto CAR alimentados com dieta rica em alto grão. Similarmente McDonald et al. (2010) constataram maior eficiência na digestibilidade em vacas prenhes no segundo trimestre de gestação com baixo CAR, recebendo dieta rica em

forragem (74% feno de capim). Entretanto, Fitzsimons et al. (2013), Lawrence et al. (2011) e Cruz et al. (2010) não encontraram diferenças significativas na digestibilidade *in vivo* entre as classes de CAR. Desse modo é possível afirmar que as variações na digestibilidade proporcionam grandes impactos na eficiência alimentar, tornando-se um fator discriminante entre classes de CAR.

No entanto, a maioria dos estudos foi feita com *Bos taurus* e em países de clima temperado, com dietas muito mais energéticas que as usadas para *Bos indicus* em países de clima tropical. Magnani, (2011), em condições tropicais, verificaram que novilhas Nelore baixo CAR, apresentaram maior digestibilidade da matéria seca, da fibra insolúvel em detergente neutro e da fibra insolúvel em detergente ácido que os animais menos eficientes.

2.3 Comportamento ingestivo e eficiência alimentar

Em ruminantes o comportamento ingestivo pode ser caracterizado pela distribuição desuniforme de uma sucessão de períodos definidos e discretos de atividades, comumente classificadas como ingestão, ruminação e ócio (PENNING et al., 1991). Essa característica pode apresentar variações entre indivíduos em relação as classes de CAR (RICHARDSON; HERD, 2004), assim a determinação dessas diferenças comportamentais podem auxiliar na identificação de animais mais eficientes de maneira mais viável.

Robinson e Oddy (2004) relataram que o CAR de animais menos eficientes foi associado ao maior tempo de alimentação por dia, maior número de visitas ao cocho por dia e taxa de ingestão (g/min). Esses resultados são semelhantes aos verificados por Herd et al. (2004), em que animais alto CAR permaneceram 13% mais tempo com a apreensão e mastigação de alimentos. Nkrumah et al. (2007) avaliaram o CAR de novilhos da raça Angus e Charolês, e verificaram que os animais baixo CAR despenderam menos tempo com a alimentação, visitaram menos vezes o cocho, e apresentaram um menor gasto energético com essas atividades.

Nkrumah et al. (2006) relataram que animais cruzados Angus x Charolês menos eficientes utilizaram mais tempo para a alimentação e apresentaram menor digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta. Os autores verificaram correlações significativas entre tempo de alimentação e digestibilidade da matéria seca (0,55), digestibilidade da proteína bruta (0,47) e energia digestiva (0,55). Por outro lado, Corvino et al. (2009) e Magnani (2011) não encontraram diferença no tempo de ruminação, número e tempo de mastigação por bolo ruminal entre touros Nelore com divergentes classes de CAR em condições semelhantes.

2.4 Relação entre CAR e emissão de metano entérico por ruminantes

Um relevante problema ambiental para os sistemas de produção de carne é a emissão de CH_4 entérico, que tem sido motivo de preocupação para o setor agrícola nos últimos anos por causa da contribuição para o aquecimento global (MOSS et al., 2000).

Das indústrias produtivas, no mundo, a pecuária contribui para a mudança climática com emissões estimadas de 7,1 gigatoneladas de CO2-eq por ano, onde a produção de carne e leite contribuem em 41% e 20% das emissões, respectivamente (FAO, 2013). As duas principais fontes de emissões são a produção e processamento de alimentos e a fermentação entérica, correspondente a 45% e 39%, respectivamente (FAO, 2013).

O Brasil por apresentar o maior rebanho comercial bovino do mundo apresenta-se como uns dos principais emissores potenciais de CH_4, uma vez que este composto é oriundo do processo fermentativo dos ruminantes e liberado na natureza, contribuindo assim com o efeito estufa. A agricultura e a pecuária foram responsáveis por 35,1% (437,226 Gg CO2-eq) das emissões nacionais em 2010 e as mudanças no uso da terra foram responsáveis por 22,4% (279.163 Gg CO2-eq) (MCTI, 2013).

Na Figura 1 observa-se as emissões de gases de feito estufa (GEE) no Brasil em CO2-eq de 1990 a 2010. Nota-se que a partir de 2005 há uma diminuição na porcentagem do uso da terra e floresta, e como consequência a agricultura e pecuária tornaram-se o maior fator nas estatísticas de emissões.

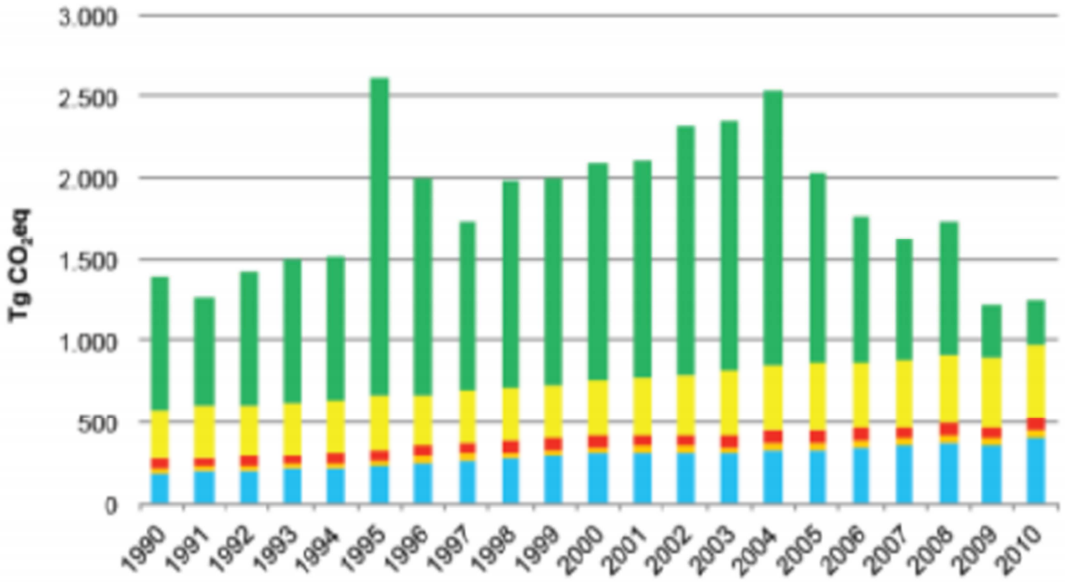

Figura 1. Emissões brasileiras de gases de efeito estufa em Co2-eq nos anos de 1990 a 2010; Tg= teragrama. Fonte: MCTI (2013). Verde= uso da terra e florestas; amarelo= agricultura e pecuária; vermelho= processos industriais; laranja= tratamento de resíduos; azul= energia.

Segundo Gerber et al. (2011), as emissões de CH_4 entérico e óxido nitroso (N_2O) são inversamente proporcionais à produtividade animal, os animais com maior produção, tendem a consumir mais ração e assim emitir maiores quantidades absolutas de GEE . No entanto quando esses valores são convertidos por unidade de produto de origem animal, os animais de maior produção de geralmente têm menores emissões de GEE que os animais de baixa produção. Portanto, o aumento da produtividade animal, através da melhora da eficiência alimentar, é uma estratégia bem sucedida para mitigar as emissões de GEE nos sistemas de produção de carne bovina (HRISTOV et al., 2013).

A relação entre a emissão de CH_4 (g/dia) e CMS é positiva, mas caracteriza-se pela alta variabilidade entre animais (KURIHARA et al., 1999). De acordo com Lassey et al. (1997), aproximadamente 87% da variação nas emissões de CH_4 são atribuídas a diferenças entre os animais e apenas 13% devido a diferenças de CMS. De acordo Lassey et al. (2002), essas variações podem ocorrer em animais zebu, taurinos e mestiços e pode ser associado com características distintas dos animais, tais como o volume de capacidade ruminal seleção de alimentos, tempo de retenção do alimento no rúmen, e fatores de associação que levam a uma maior ou menor capacidade de digestão de fibras.

Fitzsimons et al. (2013) verificaram que a emissão de CH_4 (g/dia) de novilhas alto CAR foi 12,5% maior em relação as novilhas baixo CAR alimentadas com silagem de capim.

Resultado semelhante foi observado Hegarty et al. (2007) em novilhos da raça Angus de duas linhas de seleção divergentes para CAR (baixo e alto), com diferenças significativas na emissão diária de CH_4 em animais baixo e alto CAR (142 g/dia vs 190 g/dia de CH_4, respectivamente). Similarmente, Nkrumah et al. (2006) observaram que animais mais eficientes apresentaram 28% menos emissão de CH_4 em relação aos animais menos eficientes.

2.5 Eficiência de síntese microbiana

A eficiência de síntese de proteína microbiana é definida como a quantidade de matéria microbiana por unidade de substrato energético fermentado ou energia produzida (BROUDISCOU; JOUANY, 1995) e depende da disponibilidade de energia, proteína e da eficiência dos microrganismos para a síntese (SNIFFEN; ROBINSON, 1987).

As exigências proteicas dos ruminantes são atendidas por meio da absorção intestinal de aminoácidos provenientes, principalmente, da proteína microbiana sintetizada no rúmen e da proteína dietética não-degradada no rúmen (VALADARES FILHO, 1995). A proteína microbiana pode representar aproximadamente 60% da proteína metabolizável que chega ao intestino de bovinos de corte confinados e mais de 65% em bovinos mantidos exclusivamente em pastagens (SANTOS, 2006), o que torna importante o estudo dos mecanismos de síntese proteica bacteriana e dos fatores a eles relacionados (NOCEK e RUSSELL, 1988).

O NRC (1985) discute o crescimento microbiano em três contextos: eficiência microbiana, massa microbiana e fluxo microbiano. A eficiência e massa microbiana são dependentes do substrato disponível para fermentação no rúmen, composição e taxa de fermentação do substrato e fatores intrínsecos ao ambiente ruminal. O fluxo microbiano é dependente das relações entre o tamanho de partícula, o volume e a taxa de passagem no rúmen.

Quando o teor de proteína degradável no rúmen (PDR) é limitante para o crescimento microbiano, estima-se que 85% da PDR seja convertida em proteína microbiana, dos quais 64% é metabolizável pelo animal, com 67% de eficiência (NRC,2001).

Entre as técnicas utilizadas para se estimar o fluxo de compostos microbianos, a que se baseia na quantificação da síntese de proteína microbiana por meio da excreção urinária de derivados de purina parece ser o método mais simples e menos invasivo, por não necessitar que os animais experimentais sejam preparados cirurgicamente (CHEN e GOMES, 1992). Nesta técnica, admite-se que o fluxo duodenal de ácidos ribonucleicos é essencialmente de origem microbiana e que a absorção de purinas está condicionada à quantidade de proteína

microbiana, que pode ser estimada a partir da excreção urinária dos derivados de purinas: alantoína e ácido úrico (PERES et al., 1996).

Até à data, a relação entre a eficiência de síntese microbiana e a eficiência alimentar em bovinos não foi estudada e relatada. Neste estudo, espera-se que animais baixo CAR sejam mais eficientes quanto à produção e síntese de proteína microbiana, uma vez que, os animais baixo CAR com um consumo de matéria seca estes conseguem apresentar um desempenho igual a animais alto CAR.

A hipótese do presente estudo é que animais baixo CAR, são mais eficientes no uso dos nutrientes, apresentam melhor coeficiente de digestibilidade da MS e dos nutrientes e despendem menos tempo em atividades relacionadas à alimentação, e consequentemente uma menor emissão de CH_4 entérico. Muitas pesquisas avaliam o CAR e seus efeitos sobre o consumo, desempenho, comportamento ingestivo e emissão de CH_4 entérico tem sido focada em gado taurino, mas não em zebuínos (NKRUMAH et al., 2006; HEGARTY et al., 2007; COTTLE et al., 2011; BASARAB et al., 2013; FITZSIMONS et al., 2014). Dessa forma esse trabalho foi conduzido com o objetivo de gerar conhecimento sobre o consumo alimentar residual de machos da raça Nelore (*Bos indicus*) e avaliar a eficiência de utilização de alimentos em machos Nelore com divergentes classes de consumo alimentar residual.

REREFÊNCIAS

ABIEC- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. **Pecuária Brasileira**. São Paulo: ABIEC, 2014.

ALMEIDA, R.; LANNA, D.P.D; LEME, P.R. Consumo alimentar residual: um novo parâmetro para avaliar a eficiência alimentar de bovinos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, v. 41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004.

ALMEIDA, R. **Consumo e eficiência alimentar de bovinos em crescimento**. 2005. 181p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" /Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2005.

ARCHER, J.A.; RICHARDSON, E.C.; HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Potential for selection to improve efficiency of feed use in beef cattle: A review. **Australian Journal of Agricultural Research**. v. 50, p. 147-161, 1999.

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

ARTHUR, P.F.; ARCHER, J.A.; JOHNSTON, D.J.; HERD, R.M.; RICHARDSON, E.C.; PARNELL, P.F. Genetic and phenotypic variance and covariance components for feed intake, feed efficiency, and other postweaning traits in Angus cattle. **Journal of Animal Science**. v. 79, p. 2805-2811, 2001.

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

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

BASARAB, J.A.; BEAUCHEMIN, K.A.; BARON, V.S.; OMINSKI; K.H.; GUAN, L.L.; MILLER, S.P.; CROWLEY, D.J.J. Reducing GHG emissions through genetic improvement for feed efficiency: Effects on economically important traits and enteric methane production. **Animal**, v.7, p. 303–315, 2013.

BONILHA, S.F.H. **Efeitos da seleção para peso pós-desmama sobre características de carcaça, rendimento de cortes e composição corporal de bovinos Nelore e Caracu**. 2003. 55f. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2003.

BRODY,S. **Bioenergetics and growth, with special reference to the efficiency complex in domestic animals.** New York: Reinhold Publishing Corp., 1945. 540p.

BROUDISCOU, L.; JOUANY, J.P. Reassesing the manipulation of protein-syntesis by rumen microbes**. Reproduction Nutrition Development**, v. 35, n.5, p. 517-535, 1995.

CAPPER, J. L. Is the Grass Always Greener? Comparing the Environmental Impact of Conventional, Natural and Grass-Fed Beef Production Systems. **Animals,** v.2, p.127-143, 2012.

CORVINO, T.L.S.; BRANCO, R.H., BONILHA, S.F.M.; RAZOOK, A.G.; POLIZEL NETO, A.;CASTILHOS, A.M.; FIGUEIREDO, L.A. Consumo alimentar residual e reatividade de bovinos Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46., 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 2009.

CUNHA, M.G.G.; CARVALHO, F.R.R.; VÉRAS, A.S.V.C.; BATISTA, A.M.V.; Desempenho e digestibilidade aparente em ovinos confinados alimentados com dietas contendo níveis crescentes de caroço de algodão integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.1103-1111, 2008.

CRUZ, G.D.; RODRIGUEZ-SANCHEZ, J.A.; OLTJEN, J.W.; SAINZ, R.D. Performance, residual feed intake, digestibility, carcass traits, and profitability of Angus-Hereford steers housed in individual or group pens. **Journal of Dairy Science**, v. 88, p. 324–329, 2010.

FAO. **How to feed the world in 2050**. Rome, FAO, 2009.

FAO. Tackling climate change through livestock. **A global assessment of emissions and mitigation opportunities**. Rome: FAO, 2013. 115p.

FERREL,C.L.; JENKINS, T.G. Energy utilization by mature, nonpregnant, nonlactating cows of different types. **Journal of Animal Science**, v.58, p. 234-243, 1984.

FITZHUGH, H.A.; JR.; TAYLOR, C.S. Genetic analysis of degree of maturity. **Journal of Dairy Science,** v.33, p.717, 1971.

FITZSIMONS, C.; KENNY, D.A.; DEIGHTON, M.H.; FAHEY, A.G.; MCGEE, M. 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.

GERBER, P.; VELLINGA, T.; OPIO, C.; STEINFELD, H.. Productivity gains and greenhouse gas emissions intensity in dairy systems. **Livestock Production Science**, v. 139, p.100–108, 2011.

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

GRION, A.L. **Parâmetros genéticos de medidas indicadoras de eficiência alimentar de bovinos de corte**. 2012. 94p. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Zootecnia APTA/SAA, Nova Odessa, 2012.

HEGARTY, R. S.; GOOPY, J. P.; HERD, R. M.; MCCORKELL, B. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 1479–1486, 2007.

HERD, R.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Reducing the cost of beef production through genetic improvement in residual feed intake: Opportunity and challenges to application. **Journal of Animal Science**, v.81, n.1, p.9- 17, 2003.

HERD, R.M.; ODDY, V.W.; 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.

HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.64–71, 2009.

HRISTOV, A.N.; OH, J.; FIRKINS, J.L.; DIJKSTRA, J.; KEBREAB, E.; WAGHORN, G.; MAKKAR, H.P.; ADESOGAN, A.T.; YANG, W.; LEE, C.;GERBER, P.J.;HENDERSON, B.; TRICARIO, J.M. Special topics- Mitigation of methane and nitrous oxide emission from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. **Journal of Animal Science**, v.91, p.5045-5069, 2013.

IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&idnoticia=2591&busca=1&t=2013-pib-cresce-2-3-totaliza-r-4-84-trilhoes. Acesso em: 05 ago.2014.

JONES, F.M.; PHILLIPS, F.A.; NAYLOR, T.; MERCER, N.B. Methane emissions from grazing Angus beef cows selected for divergent residual feed intake. **Animal Feed Science Technology**, v.166–167, p.302–307, 2011.

KELLNER, O. **The Scientific feeding of animals**. New York: MacMillan, 1909. v.404, p. 76.

KLEIBER, M. Problems involved in breeding for efficiency of food production. In: PROCEEDINGS OF THE AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION, v. 29., Madison, WI. **Proceedings...** Madison, 1936. p.247-258.

KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 22, p.486-494, 1963.

KURIHARA, M.; MAGNER, T.; MCCRABB, H.; MCCRABB, G. Methane production and energy partition of cattle in tropics. **British Journal of Nutrition**, v. 81. P. 227-234, 1999.

LASSEY, K.R.; ULYATT, M.J.; MARTIN, R.J.; WALKER, C.F.; SHELTON, I.D. Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand. **Atmospheric Environment**, v. 31, p.905–2914, 1997.

LASSEY, K.R.; PINARES-PATIÑO, C.S.; ULYATT, M.J. Methane emission by grazing livestock: Some findings on emission determinants. In: HAM., J.V.; BAEDE, A.P.M.; GUICHERIT, R. ; WILLIAMS-JACOBSE, J.G.F.M. (ed.). **Non-CO_2 greenhouse gases: Scientific understanding, control options and policy aspects**. Millpress, Rotterdam, the Netherlands, 2002. p. 95-100.

LAWRENCE, P.; KENNY, D. A.; EARLEY, B.; CREWS, D. H.; MC- GEE, M. Grass silage intake, rumen and blood variables, ultrasonic and body measurements, feeding behavior and activity in pregnant beef heifers differing in phenotypic residual feed intake. **Journal of Animal Science**, v. 89, p.3248–3261, 2011.

MAGNANI, E. **Caracterização do consumo alimentar residual e relações com desempenho e metabolismo de fêmeas Nelore.** 2011. 86p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Zootecnia APTA/SAA, Nova Odessa, 2011.

MCDONALD, T.J.; NICHOLS, B.M.; HARBAC, M.M.; NORVELL, T.M.; PATERSON, J.A. Dry matter intake is repeatable over parities and residual feed intake is negatively correlated with dry matter digestibility in gestating cows. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 2, p.12, 2010.

MCTI- MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Brasília, 2013. 81p.

MEYER, A.M.; KERLEY, M.S.; KALLENBACH, R.L. The effect of residual feed intake classification on forage intake by grazing beef cows. **Journal of Animal Science**, v.86, p.2670-2679, 2008.

MONTANHOLI, Y.R.; SWASON, K.C.; PALME, R.; SCHENKEL, F.S.; MCBRIDE, B.W.; LU, D.; MILLER, S.P. Assessing feed efficiency in beef steers throught feeding behavior, infrared thermography and glucocorticoids. **Animal Cambridge**, v.4, p.692-701, 2010.

MOSS, A.R.; JOUANY, J.P.; NEWBOLD, J. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. **Annales de Zootechnie**, v.49, n.1, p. 231–253, 2000.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Ruminant nitrogen usage**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1985. 138p.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrientes requirements of dairy cattle**. Washington, D.C.: National Academy Press, 1985. 381p.

NKRUMAH, J.D.; E. OKINE, K.; MATHISON, G.W.; SCHMID, K.; LI, C.; BASARAB, J.A.; PRICE , M.A.; WANG, Z.; MOORE , S.S. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.84, p.145-153, 2006.

NKRUMAH, J.D.; CREWS, JR.; BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; OKINE, E.K.;WANG, Z.; LI, C.; MOORE, S.S. Genetic and phenotypic relations of feeding behavior and temperament with performance, feed efficiency, ultrasound, and carcass merit of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 2382-2390, 2007.

NOCEK, J.E.; RUSSELL, J.B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science;** v. 71, p. 2070-2107, 1988.

OKINE, E.K. Residual feed intake and feed efficiency: Differences and Implications. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 15., 2004, Gainesville, **Proceedings…** Gainesville: University of Florida, 2004. p.27-38.

OLIVEIRA, R.F.M., FONTE, C.A.A., SILVA, J.F.C. Consumo e digestibilidade de dietas com duas proporções de concentrados fornecidas a bovinos de três grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia,** v. 20, p.513-521, 1991.

PENNING, P.D.; ROOK, A.J.; ORR, R.J. Patterns of ingestive behavior of sheep continuously stocked on monocultures of ryegrass or white clover. **Animal Behaviour Science**, v. 31, p.237-250, 1991.

PEREZ, J.F.; BALCELLS, J.; GUADA, J.A.; CASTRILLO, C. Determination of rumen microbial-nitrogen production in sheep: a comparison of urinary purine excretion with methods using 15N and purine bases as markers of microbial-nitrogen entering the duodenal. **British Journal of Nutrition**, v. 75, p.699-709, 1996.

POLIZEL NETO, A.; BRANCO, R.H.; BONILHA, S.F.M. Relações do consumo alimentar residual e o comportamento ingestivo de bovinos Nelore selecionados para peso pós desmame. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2009. Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 2009.

REIS, S.F. **Características de crescimento e qualidade de carne de novilhas de corte de diferentes classes de consumo alimentar residual**. 2009. 69p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Vicosa, 2009.

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.

RICHARDSON, E.C.; ODDY, V.H.; THOMPSON, J.M.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Body composition and implications for production of Angus steers progeny of parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.41, p.1065-1072, 2001.

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

SAINZ, R.D.; CRUZ, G.D.; MONTEIRO, R.B. Carcass composition and visceral organs are similar at harvest in low- and high-residual feed intake groups of Angus- Hereford steers**.** In: AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 57., 2006**, Proceedings…** Western Section: American Society of Animal Science, 2006. p. 401-103.

SANTOS, F.A.P. Metabolismo de proteínas. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (ed.). **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. p. 255-284.

SNIFFEN, C.J.; ROBINSON, P.H. Microbial-growth and flow as influenced by dietary manipulations. **Journal of Dairy Science**, v.70, n.2, p. 425-441, 1987.

VALADARES FILHO, S.C.; COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. Estudo comparativo da digestão de matéria seca e carboidratos em bovinos e bubalinos alimentados com diferentes rações. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia,** v. 16, p.120-130,1987.

VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C.; GONÇALVES, L.C. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 4. Concentrações de amônia ruminal e ureia plasmática e excreções de ureia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, p.1270-1278, 1997.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2thed. Ithaca: Cornell University Ithaca. 1994.

WAGHORN, G.C.; HEGARTY, R.S. Lowering ruminant methane emissions through improved feed conversion efficiency. **Animal Feed Science and Technology**. v. 166–167, p. 291–301, 2011.

CAPÍTULO 2- EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE ALIMENTOS EM MACHOS NELORE CLASSIFICADOS PARA CONSUMO ALIMENTAR RESIDUAL

RESUMO

O trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o desempenho animal, características de crescimento, digestibilidade dos nutrientes, comportamento ingestivo e a emissão de metano entérico de machos Nelores classificados quanto ao consumo alimentar residual (CAR). Foram utilizados 24 machos (idade de 444,96 ± 24,75 dias e peso inicial de 351,50 ±14,60 kg), confinados em baias individuais durante 105 dias. A dieta fornecida foi formulada à base de silagem de milho, feno de braquiária, milho grão moído, farelo de soja, sal e mistura mineral. Os animais foram pesados a cada 28 dias. O CAR foi calculado como a diferença entre consumo observado e predito, baseado no $PC^{0,75}$ e no GMD, sendo os animais classificados como alto CAR (> média + 0,5 DP; n=12) e baixo CAR (< média – 0,5 DP; n=12). Nesse período foi determinado o CMS, o GMD e as características de crescimento (altura de garupa e escore corporal). Foi feita a coleta total de fezes por três dias consecutivos para a determinação da digestibilidade. O comportamento ingestivo foi mensurado a cada 28 dias, durante 24h através de observações diretas. A emissão de metano entérico foi determinada utilizando a técnica do gás traçador SF_6. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado. A análise de variância foi realizada pelo procedimento MIXED do SAS e o modelo incluiu os efeitos fixos as classes de CAR e período, e como (co) variável linear a idade. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Dentre as classes de CAR não foram observadas diferenças significativas (P> 0,05) quanto ao PI, PF, $PC^{0,75}$e GMD. Os animais também não diferiram (P>0,05) quanto à altura de garupa, escore de condição corporal, e consumo dos nutrientes. Os animais baixo CAR apresentaram maiores valores de DMS, DPB e DFDA (71,29; 73,0 e 70,75%) que os animais alto CAR (68,16; 70,88 e 67,99%). O TALM e o TMT foram menores (P>0,05) para os animais baixo CAR (190,75 e 643,91 min/dia) que para os animais alto CAR (224,00 e 678,03 min/dia). Houve correlação entre CAR (r=0,40) entre TALM e TMT (r=-0,43), também houve associação entre CMS e TALM (r=0,25). O GMD foi correlacionado com TO (r=-0,32), TALM (r=0,25) e TMT (r=0,32). A emissão de metano entérico (g/dia; kg/ano; g/ kg CMS; g/ kg GMD e g/kg $PC^{0,75}$) não diferiu (P>0,05) entre as classes de CAR, porém apresentou correlação (r=0,52) com o CMS. O CAR mostrou fenotipicamente independente de crescimento e tamanho corporal e os animais mais eficientes despenderam menos energia com atividades relacionadas à alimentação e apresentaram. O CMS está ligado à emissão e metano entérico

Palavras-chave: bovinos de corte, comportamento ingestivo, desempenho animal, eficiência alimentar, gases de efeito estufa

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, um problema relevante no mundo está relacionado ao efeito estufa e emissão de gases que contribuem negativamente para o meio ambiente e sua biodiversidade. Diversas atividades contribuem para o efeito estufa e estão relacionadas às mudanças climáticas mundiais, entre elas a produção animal. Dessa forma, a produção animal sustentável tem sido o foco de pesquisa em todo mundo, principalmente no Brasil apontado como grande emissor de CH_4, frente às mudanças globais.

O CH_4 apresenta um potencial de aquecimento 25 vezes maior que o CO_2 e contribui com cerca de 15% para o aquecimento global. Os ruminantes naturalmente produzem CH_4 como resultado da fermentação microbiana ruminal e a intensidade da emissão desse gás depende principalmente do tipo de animal, do consumo de alimentos e do grau de digestibilidade da massa ingerida. Segundo Cottle et al. (2011), as indicações para reduzir as emissões de CH_4 pela pecuária estão ligadas à melhoria da dieta, das pastagens, da suplementação alimentar, do aumento da capacidade produtiva dos animais e à outras medidas que refletem na melhor eficiência produtiva e resultam em ciclos de produção mais curtos.

O consumo alimentar residual (CAR), proposto por Koch et al. (1963), definido como a diferença entre o consumo observado e o consumo predito de alimentos com base em requisitos de manutenção e crescimento, é uma medida de eficiência alimentar que é independente do nível de produção e tamanho corporal (CREWS, 2005). Desta forma, o CAR é uma estratégia para reduzir as emissões de CH_4 entérico, pois melhora a eficiência de utilização dos alimentos pelos animais (COTTLE et al., 2011;. WAGHORN; HEGARTY, 2011; BASARAB et al., 2013).

Apesar de haver evidências de variabilidade em eficiência alimentar, independente de características de crescimento, as bases fisiológicas que dirigem este processo ainda não foram completamente explicadas. Bovinos de corte com eficiência alimentar distintas quanto ao CAR, podem apresentar diferenças quanto ao comportamento ingestivo, consumo e digestibilidade. Desse modo, o estudo de variáveis comportamentais relacionadas ao CAR pode permitir melhor entendimento das causas de variações e identificar de maneira mais econômica e rápida os animais mais eficientes (RICHARDSON; HERD, 2004; NKRUMAH et al., 2006; GOLDEN; KERLEY; KOLATH, 2008). Assim como o consumo, que estabelece a ingestão de nutrientes, a digestibilidade está intrinsicamente relacionada com a nutrição e eficiência. O conhecimento dos aspectos relacionados à digestibilidade torna-se relevante no

estudo do CAR, uma vez que, segundo Herd et al. (2004), a digestibilidade pode representar até 10% da variação dentro das classes de CAR e, de acordo com Richardson et al. (1996), a melhora em 1% na digestibilidade da matéria seca poderá reduzir em até 2,3% a alimentação necessáriaiária dos animais.

Com base no exposto esse trabalho foi conduzido com o objetivo de gerar conhecimento sobre o consumo alimentar residual de machos da raça Nelore (*Bos indicus*) e avaliar a eficiência de utilização de alimentos em machos Nelore com divergentes classes de consumo alimentar residual.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica dos Agronegócios de Bovinos de Corte, unidade de pesquisa do Instituto de Zootecnia Sertãozinho, localizada ao norte do estado de São Paulo.

O experimento teve início no mês de janeiro de 2014 e término no mês de abril do mesmo ano, com duração de 105 dias, sendo 21 dias para adaptação às instalações e aparatos de coleta, visto que a dieta fornecida durante o experiento foi à mesma de o teste de desempenho pós-desmama anterior de individual. Assim, o período de coleta de dados foi de 84 dias, compostos por três períodos de 28 dias.

2.1 Teste de desempenho pós-desmame

Os dados foram obtidos a partir de 127 machos não castrados nascidos no ano de 2012, com idade e peso corporal médios de 283 dias e 306,72 ± 7,54 kg respectivamente. Os animais foram submetidos ao teste de desempenho pós-desmama para avaliação do CAR. As medidas de consumo de matéria seca (CMS) e desempenho produtivo foram realizadas durante o teste de desempenho (112 dias), sendo 28 dias de adaptação dos animais à dieta e à instalação e três períodos subsequentes de 28 dias cada, para coleta de dados. O teste foi realizado sistema de confinamento com baias individuais e em dois piquetes coletivos com sistema automático de alimentação GrowSafe® (GrowSafe Systems Ltd., Airdrie, Alberta, Canadá). Durante o período experimental os animais receberam dieta à base de silagem de milho, feno de braquiária, milho moído, farelo de soja, ureia, sulfato de amônio e sal mineral.

O consumo diário de alimentos pelos animais foi registrado individualmente pelo sistema. Nas ocasiões em que o monitoramento automático do sistema não funcionou, os dados foram excluídos de todas as análises. As pesagens iniciais e finais foram realizadas com prévio jejum. Nas pesagens intermediárias (sem jejum), os animais foram pesados quinzenalmente, durante todo período experimental.

O CMS foi calculado como a média de todo o período experimental, o ganho médio diário (GMD) foi calculado por meio da regressão do peso nos dias em teste (84 dias) e o peso corporal metabólico ($PC^{0.75}$) foi calculado como:

$$[\text{peso inicial} + \text{GMD} \times (\text{duração do teste}/2)]^{0.75}.$$

Ao término do experimento os animais foram classificados ao CAR, estimado como o resíduo da equação de regressão do CMS em função do peso metabólico ($PC^{0.75}$) e o ganho médio diário (GMD), conforme modelo proposto por Koch et al. (1963):

$$CMS = \beta_0 + \beta_P * PV^{0.75} + \beta_G * GMD + erro;$$

em que β_0 é o intercepto da regressão, β_P e β_G são coeficientes de regressão linear do peso metabólico e do ganho médio diário, respectivamente. E então, separados em três classes: alto CAR (>média + 0,5 DP); médio CAR (± 0,5 DP da média); e baixo CAR (<média – 0,5 DP), deste os maiores.

2.2. Instalação e animais

Dos animais já classificados no teste de desempenho foram escolhidos 24 animais, sendo 12 animais alto CAR e 12 animais baixo CAR, com idade média de 445 ± 24,75 dias e peso inicial de 351,50 ± 14,60 kg (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição dos animais no início do teste

	Alto CAR	Baixo CAR
Número de animais	12	12
CAR, kg MS/dia	2,34 ± 0,24	-1,48 ± 0,24
Idade inicial, dias	443	447
Peso corporal inicial, kg	349,98 ± 14,60	353,02 ± 14,60

Ao início do período experimental todos os animais foram pesados e alojados aleatoriamente em baias individuais com área de 12 m^2, pavimentado com concreto, parcialmente cobertas e providas de cocho e bebedouro de alvenaria. Considerou-se um tempo de 16 horas para o jejum de sólidos totais durante a realização das pesagens (inicial e final). Já nas pesagens intermediárias, realizadas no início de cada período experimental (28 dias), foram dispensados os cuidados com jejum, a fim de aumentar a acurácia de estimativa do ganho médio diário e evitar interferências de perdas de peso exorbitantes e/ou ganhos compensatórios durante os períodos.

A altura de garupa foi mensurada com o auxílio de uma fita métrica, com o animal contido, tendo-se tomado a medida da ponta do íleo até o solo, durante as pesagens realizadas em jejum.

As avaliações de escore corporal foram atribuídas por um avaliador treinando durante as pesagens incial e final, em escala de 1 a 9 (Tabela 2), segundo metodologia proposta por Nicholson e Butterworth (1986).

Tabela 2. Descrição dos escores de condição corporal de bovinos

Escore	Característica de diagnóstico
1	Animal extremamente magro, condenada a morte por inanição.
2	Animal muito magro. Processo transverso, espinhas dorsais e costelas proeminentes.
3	Animal magro. Processo transverso e costelas visualizados individualmente, mas não tão salientes. Inserção da cauda proeminente.
4	Animal regular. Processo transverso levemente coberto. Costelas e ancas claramente visíveis.
5	Animal regular a bom. Costelas visíveis com pouca cobertura de gordura. Processo transverso e espinha dorsal pouco visível.
6	Animal muito bom, com cobertura nas costelas. Espinhas dorsais não visíveis, mas são facilmente sentidas com apalpação.
7	Animal gordo e bem coberto, mas o depósito de gordura não é marcante. Acúmulo de gordura na região da garupa.
8	Animal muito gordo. Processo transverso não pode ser visto ou palpáveis. Cobertura de gordura sobre costelas, garupa e inserção da cauda.
9	Animal extremamente gordo. Estruturas ósseas não visíveis e não podem ser palpáveis, com pressão firme.

Adaptado de Nicholson e Butterworth (1986)

2.2. Dieta e manejo alimentar

A dieta foi formulada à base silagem de milho, feno de braquiária, milho moído, farelo de algodão e mineral (Tabela 3). Pesada individualmente e fornecida em dois arraçoamentos diários 9:00 e 15:30hs, permitindo sobras de 10% na matéria natural (MN), sendo estas quantificadas e removidas ao final de 24 horas da primeira oferta para determinação do consumo individual.

Tabela 3. Composição nutricional da dieta

Ingredientes	**g/kg**
Silagem de milho	535,6
Feno braquiária	101,3
Milho grão moído	217,2
Farelo de soja	115,8
Sal	22,9
Suplemento mineral*	6,5
Sulfato de amônia	0,7
Nutrientes[1]	
MS (%)	57,38
MO (% MS)	94,36
PB (% MS)	12,53
FDN (% MS)	38,65
CHOT (% MS)	79,11
FDA (% MS)	22,75
EE (% MS)	2,72
Hemicelulose (% MS)	16,31
NDT (%MS)	69,39
EM (kcal/ kg MS)	2,51

* Composição: Fosfóro = 80 g/kg; Cálcio= 140 g/kg; Sódio= 137,2 g/ kg; Enxofre= 12 g/kg; Cobre= 1.600 mg/kg; Cobalto= 210 mg/kg; Iodo= 180 mg/kg; Manganês= 1.400 mg/kg; Selênio= 27 mg/kg; Zinco= 4.500 mg/kg; Níquel= 11 mg/kg e Flúor= 800 mg/kg. [1] Valores calculados; MS= matéria seca; MO= matéria orgânica; PB= proteína bruta; FDN= fibra insolúvel em detergente ácido; CHOT= carboidratos totais; FDA= fibra insolúvel em detergente neutro; EE= extrato etéreo; NDT= nutrientes digestíveis totais; EM= energia metabolizável em kcal obtido com base na MS.

2.3 Ensaio de digestibilidade

A coleta total de fezes dos animais foi realizada durante os primeiros três dias, nas avaliações de cada período, segundo Ferreira et al.(2009.

Após cada coleta individual, as fezes foram imediatamente pesadas, homogeneizadas, retirando-se uma amostra de 10 % da quantidade produzida. As amostras foram imediatamente congeladas, para que, ao final do período, todas as referentes a cada animal estivessem reunidas em um recipiente plástico, formando uma amostra composta por animal e por período (SOARES et al., 2003).

Durante o período de coleta, foram colhidas amostras diárias dos alimentos e das sobras, a fim de se obter uma amostra composta por animal e por período de coleta. Essas

amostras foram devidamente identificadas, congeladas e pré-secas em estufa de ventilação forçada (65°C) por 72 horas e moídas em moinho do tipo Willey com peneira de 2 mm, armazenadas em recipientes plásticos.

2.4 Análises bromátologicas

Nas amostras foram analisados os teores de matéria seca (MS; 934,01), matéria mineral (MM; 942,05) e extrato etéreo (EE; 954,02) de acordo com AOAC (1990). A determinação do nitrogênio foi realizado pelo método de DUMAS (ETHERIDGE et al. 1998) baseada na liberação do nitrogênio por combustão em alta temperatura em oxigênio puro no analisador de nitrogênio LECO® (FP-258). Os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) foram determinados utilizando α-amilase e sem adição de sulfito de sódio, segundo Mertens (2002), empregando-se equipamento TE- 149 (determinador de fibra- TECNAL). A fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foi obtida seguindo as recomendações de Mertens (2002).

Os carboidratos totais (CHOT) foram calculados através da fórmula:

$$\%CHOT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$$

Para estimativa dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (DMS) e dos nutrientes (DN), foram utilizadas as fórmulas propostas por Cochran e Galyean (1994):

DMS = [(consumo de MS – excreção fecal)/consumo de MS] x100.

DN= [(consumo de nutriente – excreção do nutriente nas fezes)/consumo de nutriente] x100.

O NDT foi obtido a partir das informações da digestibilidade da matéria seca, utilizando a fórmula proposta por Lofgreen (1953):

$$\%NDT = DMS - MM + 1{,}25x\ EE + 1{,}9$$

O teor de EM (energia metabolizável) da ração foi obtido segundo SNIFFEN et al.(1992), considerando-se 1 quilograma de NDT igual a 4,409 Mcal de energia digestível (ED) e 1 Mcal de ED igual a 0,82 Mcal de EM.

2.5 Quantificação da emissão de metano entérico

Na mensuração da emissão CH_4 entérico foi utilizada metodologia do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6) desenvolvido pela Universidade de Washington (JOHNSON e JOHNSON, 1995, adaptado por PRIMAVESI et al., 2004). Os aparatos de coleta consistiram em um de tubo de permeação contendo o SF_6 (cápsula), cabresto contendo o capilar com

silicone na extremidade para coleta do ar nas proximidades da narina do animal e canga coletora de PVC, com pressão negativa, para armazenar os gases.

Antes do início do experimento as cápsulas foram pesadas vazias (tara), em seguida, foram imersas em nitrogênio líquido, atingindo a temperatura criogênica de (-196°c) e preenchidas com o gás SF_6. Posteriormente foram monitoradas quanto à taxa de liberação do SF_6 e permaneceram em béquer imerso em banho-maria a 39ºC durante seis semanas, sendo pesadas semanalmente para determinação da taxa de emissão de SF_6. Após esse processo as cápsulas foram colocadas no rúmen dos animais via sonda orofágica, sendo que cada cápsula tinha um número de identificação e taxa de emissão de SF_6 conhecida (3,11 mg/dia).

Os animais permaneceram por sete dias em adaptação com os aparatos, com a finalidade de evitar alterações na coleta induzidas pelo estresse. A coleta de CH_4 foi realizada nos três períodos de coleta por seis dias consecutivos. As cangas foram trocadas a cada 24 horas, com início às 07h30min primeiramente retirando-se as cangas (do dia anterior), as quais tiveram a pressão interna mensurada pelo manômetro, verificando se a canga apresentava viável ou não. Cangas quebradas ou que tiveram algum problema na coleta (entupimentos ou vazamentos) foram descartadas e não enviadas a análise, para esses animais foi feito mais um dia de coleta, de forma com que todos os animais continham pelo menos cinco cangas viáveis enviadas pra análise.

Para mensurar as concentrações de CH_4 e SF_6 no ambiente e obter as concentrações basais de CH_4 e SF_6, foram colocados, em cada ponta do confinamento, dois conjuntos coletores (canga + cabresto coletor), denominados “brancos”. Ao final da coleta todas as cangas foram enviadas ao laboratório da EMBRAPA Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, para análise do CH_4 e SF_6 em cromatógrafo a gás, modelo HP6890.

A taxa de emissão de CH_4 (QCH_4) foi calculada a partir das concentrações de CH_4 e de SF_6 medidas e da taxa conhecida de emissão de SF_6 (QSF_6), segundo a equação (WESTBERG et al., 1998):

$$QCH_4 = QSF_6 \times [CH_4]/[SF_6]$$

Foram subtraídas as concentrações basais de CH_4 $[CH_4]b$ das concentrações determinadas na canga dos animais em estudo ($[CH_4]y$), e, para isso, utilizaram-se os brancos:

$$QCH_4 = QSF_6 \times ([CH_4]y - [CH_4]b)/[SF_6]$$

2.6 Comportamento ingestivo

O comportamento ingestivo foi determinado durante 24 horas ininterruptas, em intervalos de 5 minutos, por três dias ao acaso na primeira semana de cada período de coleta. Foi usada a amostragem focal e as observações foram feitas por oito observadores treinados, cada um responsável por três horas diárias. As observações foram iniciadas as 06:00h e finalizadas às 06:00h do dia seguinte. Os comportamentos considerados foram tempo em pé (TP); tempo deitado (TD); tempo em ócio (TO), tempo de alimentação (TALM); tempo em ruminação (TRUM) mediante observação individual dos animais, seguindo o etograma definido na Tabela 4.

Tabela 4. Etograma das categorias de comportamento ingestivo e postura

Categorias	Descrição das categorias comportamentais
Comer	Animal frente ao cocho, com a cabeça baixa ou não, com mastigação após apreensão, ou mastigando com o focinho sujo de ração sem aparentar apreensão.
Ruminar	Animal mastigando, engolindo, regurgitando e remastigando com presença do bolo alimentar aparente no flanco da bochecha.
Ócio	Qualquer atividade não relacionada à alimentação sólida.
Em pé	Animal apoiado sobre as quatro patas, podendo estar em movimento ou não.
Deitado	Animal com quatro patas flexionadas e com o abdômen em contato com o piso.

Adaptado de Aldrighi (2013)

Para quantificar a duração das variáveis (min/dia) foi calculado o tempo total que o animal permaneceu nas atividades avaliadas e relacionadas à duração total do dia (1440 minutos). A duração total das atividades foi dividida pelo total de alimento consumido de cada animal para determinar o tempo de atividade despendido com a dieta (min/kg CMS) e a relação inversa indica a quantidade de alimento utilizado na atividade em um tempo fixo (g MS/h), onde a eficiência de alimentação (EAL; g MS consumida/h) foi calculada como a relação entre CMS e TALM e a EAL (g FDN consumido/h) como a relação entre consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) e TALM, a eficiência de ruminação (ERUM; g MS ruminada/h) a relação entre CMS e TRUM, e o tempo de mastigação total (TMT; min/dia) como a soma do TALM e do TRUM.

2.7 Estimativa da produação de nitrogênio microbiano e eficiência de síntese

O volume da urina de cada animal, utilizado para calcular a excreção de nitrogênio total diária, uréia e purina excreção (alantoína e ácido úrico) foi quantificada multiplicando-se o valor da média diária de creatinina excreção (27,36 mg/kg de peso corporal, obtida por Rennó et al. (2000), pelo peso médio dos animais. Este produto foi então dividido pela concentração de creatinina, em mg/L, detectado nas amostras spot de urina de cada animal. As amostras de urina spot foram coletadas no oitavo dia de cada periodo experimental, aproximadamente, 4 horas após a alimentação. Uma alíquota de 10 mL de urina de cada amostra foi diluída em 40 ml de H_2SO_4 a 0,036 N para redução do pH para níveis inferiores a 3, prevenindo a destruição bacteriana dos derivados de purina urinários e precipitação do ácido úrico. As amostras foram então colocadas em recipientes plásticos e armazenadas em freezer a -4°C para posteriores análises de uréia, creatinina, alantoína e ácido úrico.

A alantoína foi analisada pelo método colorimétrico descrito por Chen e Gomes (1992). A uréia, creatinina e ácido úrico foram analisados por meio de kits comerciais da Labtest. As purinas absorvidas (Y, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de derivados de purinas (X, mmol/dia), por intermédio da equação: $Y = (X – 0,385\ PC^{0,75})/ 0,85$; em que: 0,85 = recuperação de purinas absorvidas como derivados de purinas e, $0,385PC^{0,75}$ = contribuição endógena para a excreção de purinas (Verbic et al.,1990).

A excreção total de derivados de purina foi estimada a partir da soma da quantidade de ácido úrico e alantoína excretada na urina. A síntese ruminal de compostos nitrogenados (Y, g Nmic/dia), foi calculada em função das purinas absorvidas (X, mmol/dia), utilizando-se a equação descrita por Chen e Gomes (1992), com exceção da relação N purinas:N total das bactérias de 0,134, sugerido por Valadares et al. (1999): $Y = 70X/0,83x0,134x1000$; em que: 70 = conteúdo de N de purinas (mgN/mol); 0,134 = relação N purinas:N total nas bactérias; e 0,83 = coeficiente de digestibilidade das purinas bacterianas. A eficiência microbiana foi expressa através da unidade: g PB microbiana/100g de NDT consumidos.

2.8 Análises dos resultados

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado. A análise de variância foi realizada pelo procedimento MIXED do SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC. O modelo incluiu os efeitos fixos de classe de CAR e período, como (co) variável linear a idade. As médias foram ajustadas pelo método dos quadrados mínimos e comparadas por Pdiff, ao nível de 5% de probabilidade. Na análise do comportamento ingestivo para modelar

a variância heterogênea do erro ao longo dos períodos e as correlações foi utilizada a matriz auto-regressiva heterogênea de primeira ordem (ARH (1)), escolhida com base no critério Bayesiano de Schwarz (BIC). As correlações entre as variáveis estudadas foram calculadas pelo procedimento CORR do SAS.

3 RESULTADOS

Desempenho animal e digestibilidade

Durante o período de avaliação os animais apresentaram média (±DP) de peso inicial (PI) de 351,50 ± 14,60 kg, GMD de 1,31 ± 0,33 kg e CMS de 10,33 ± 1,38 kg. Dentre as classes de CAR não foram observadas diferenças significativas quanto ao PI (P=0,8843), peso final (PF; P=0,8449), $PC^{0,75}$(P=0,8456) e GMD (P=0,1789) (Tabela 5). Os animais também não diferiram quanto altura de garupa (P=0,8882) e o escore de condição corporal (P=0,3701).

Tabela 5. Relação do consumo alimentar residual (CAR) com medidas de desempenho em bovinos Nelore

	CAR			
Variáveis	Alto	Baixo	DP	P –valor
Número de animais	12	12	-	-
PI, kg	349,98	353,02	14,60	0,8843
PF, kg	483,49	488,93	19,38	0,8449
$PC^{0,75}$, kg	97,64	96,81	2,95	0,8456
GMD, kg	1,27	1,09	0,09	0,1789
Altura garupa, cm	143,70	144,05	0,02	0,8882
Escore corporal	6,92	7,16	0,18	0,3701

PI= peso inicial médio, PF= peso final médio, $PC^{0,75}$= peso metabólico médio, PC=peso corporal, GMD=ganho médio diário,

As variáveis CMS, consumo de proteína bruta (CPB), consumo de extrato etéreo (CEE), consumo de fibra insolúvel em detergente neutro (CFDN) e consumo de fibra insolúvel em detergente ácido (CFDA) em todas as suas formas avaliadas (kg/dia; g/kg $PC^{0,75}$ e % do PV), não apresentaram diferenças (P>0,05) entre as classes de CAR (Tabela 6).

Houve diferença (P=0,0538) para a excreção fecal (EF) que foi 7,93% menor nos animais baixo CAR, a EF está diretamente relacionada à quantidade de alimento ingerido e a maior capacidade de digestão (CARVALHO et al., 2007).

Tabela 6. Relação do consumo alimentar residual (CAR) com consumo de matéria seca e nutrientes e digestibilidade de bovinos Nelore

	CAR			
Variáveis	Alto	Baixo	DP	P –valor
Número de animais	12	12	-	-
Consumo				
CMS, kg/dia	10,39	10,28	0,41	0,8433
CMS, g/kg $PC^{0,75}$	106,99	105,90	3,18	0,8103
CMS, % PC	2,32	2,26	0,08	0,5424
CPB, kg/dia	1,73	1,75	0,07	0,8695
CPB, % PC	0,38	0,39	0,09	0,8539
CEE, kg/dia	0,38	0,38	0,01	0,8350
CEE, % PC	0,08	0,08	0,00	0,6472
CFDN, kg/dia	5,29	5,39	0,22	0,7435
CFDN, % PC	1,18	1,20	0,03	0,6290
CFDA, kg/dia	3,10	3,16	0,13	0,7513
CFDA, % PC	0,69	0,70	0,01	0,6430
Digestibilidade				
EF, kg MS	3,28	3,02	0,10	0,0538
DMS, %	68,16	71,29	0,67	0,0033
DPB, %	70,88	73,02	0,69	0,0409
DEE, %	78,87	78,16	1,37	0,7181
DFDN,%	63,33	65,54	1,22	0,2133
DFDA, %	67,99	70,75	0,73	0,0140

CMS= consumo de matéria seca, CPB= consumo de proteína bruta, CEE= consumo de extrato etéreo, CFDN= consumo de fibra insolúvel em detergente neutro, CFDA= consumo de fibra insolúvel em detergente ácido, CEE= consumo de extrato etéreo, CA= conversão alimentar, EPC= eficiência parcial de crescimento, TK= taxa de Kleiber, TCR= taxa de crescimento relativo, EF= excreção fecal, DMS= digestibilidade da matéria seca, DPB= digestibilidade da proteína bruta, DEE= digestibilidade do extrato etéreo, DFDN= digestibilidade da fibra em detergente neutro, DFDA= digestibilidade da fibra em detergente ácido.

Nesse estudo, a digestibilidade da matéria seca (DMS), a digestibilidade da proteína bruta (DPB) e a digestibilidade da fibra insolúvel em detergente ácido (DFDA) dos animais baixo CAR foram 4,59; 3,02 e 4,06%, respectivamente, maiores que nos animais alto CAR, o que explica o fato dos animais baixo CAR, mesmo não apresentando um consumo menor que do alto CAR, como esperado, sejam mais eficientes quanto ao uso dos nutrientes.

Comportamento ingestivo

Não houve diferença significativa entre as classes de CAR para as variáveis de comportamento ingestivo analisadas: TP, TD, TRUM, TO, ERUM (P>0,05) (Tabela 7).

Tabela 7. Médias das variáveis de comportamento ingestivo em animais classificados quanto ao consumo alimentar residual (CAR)

	CAR		
Variáveis	Alto	Baixo	P – valor
Número de animais	12	12	-
TP, min/dia	568,66 ± 11,25	574,73 ± 11,42	0,7065
TD, min/dia	865,04 ± 11,40	857,37 ± 11,57	0,7215
TALM, min/dia	224,00 ± 6,51	190,75 ± 6,61	0,0007
TRUM, min/dia	451,52 ± 9,05	457,23 ± 9,05	0,4468
TO, min/dia	762,83 ± 11,04	788,28 ± 11,20	0,1108
EAL, g MS cons./h	2.885,87 ± 112,00	3.475,57 ± 112,00	0,0003
EAL, g FDN cons./h	1.432,89 ± 47,93	1.708,69 ± 47,93	0,0006
ERUM, g MS/h	1.410,04 ± 37,99	1.416,41± 37,98	0,9034
TMT, min/dia	678,03 ± 10,34	643,91 ± 10,34	0,0193

TP= tempo em pé, TD= tempo deitado, TALM= tempo de alimentação, TRUM= tempo de ruminação, TO= tempo de ócio, EAL= eficiência de alimentação, ERUM= eficiência de ruminação, TMT= tempo total de mastigação e ruminação.

No presente estudo o TRUM e o TMT foi de 451,52 ± 9,05 e 678,03 ± 10,34 min/dia; e 457,23 ± 9,05 min/dia e 643,91 ± 10,34 min/dia, nos animais alto e baixo CAR, respectivamente e o FDN da dieta foi de 38,65%.

A duração do TALM e do TMT foram, respectivamente, 14,84% e 5,29% menor nos animais baixo CAR, ou seja, os animais mais eficientes levam menor tempo para ingerir um kg de MS quando comparado aos animais alto CAR. A EAL expressa em (g MS cons./h; g FDN cons./h) foi diferente entre as classes de CAR (P=0,0003 e P= 0,0006, respectivamente), o que indica que os animais baixo CAR ingeriram maior quantidade de alimento em um mesmo período de tempo em relação aos animais menos eficientes. Dessa forma, pode–se inferir que os animais mais eficientes despendem menos energia com atividades relacionadas à alimentação.

Emissão de metano entérico

A emissão de CH_4 entérico encontrada no presente estudo foi de 88,04- 90,54 kg CH_4/ano e 23,40–23,70 g/kg MS ingerida, para os animais baixo e alto CAR respesctivamente. A média ponderada das emissões de CH_4 dos animais em confinamento alimentados com dieta à base de silagem de milho foi de 248,78 g CH_4/dia para animais alto CAR e 241,40 g CH_4/dia para os animais baixo CAR.

Os animais alto e baixo CAR não diferiram (P>0,005) quanto à emissão de CH_4 (g/dia; kg/ano; g/ kg CMS; g/ kg GMD e g/kg $PC^{0,75}$) (Tabela 8).

Tabela 8. Emissão de metano (CH_4) entérico de machos Nelore selecionados para divergentes classes de consumo alimentar residual (CAR)

	CAR		
Variáveis	Alto	Baixo	P – valor
Número de animais	12	12	-
CH_4, g/dia	248,78 ± 13,43	241,40 ± 14,09	0,6641
CH_4, kg/ano	90,54 ± 4,14	88,04 ± 4,41	0,6782
CH_4, g CH_4/kg CMS	23,40 ± 0,83	23,70 ± 0,88	0,7949
CH_4 , g CH_4/kg GMD	209,17 ± 11,66	198,22 ± 12,42	0,5228
CH_4, g CH_4/kg $PC^{0,75}$	2,45 ± 0,09	2,49 ± 0,09	0,7642
CH_4, g CH_4/kg FDN	23,46 ± 1,44	22,47 ± 1,44	0,6338

No presente estudo os coeficientes de correlação de Pearson mostraram que o CMS teve correlação positiva com a emissão de CH_4 (g/dia; r=0,52; P <0,001). O que pode explicar a diferença encontrada não ser significativa entre as classes de CAR, pois não foram observadas diferenças no CMS.

Nitrogênio microbiano e eficiência de síntese

O volume urinário não foi influenciado pelas divergentes classes de CAR (3,92 alto CAR e 2,86 baixo CAR, P=0,1197). Não houve diferença significativa entre as classess de CAR para as variáveis de síntese microbiana analisadas: alantoína (mmol/dia), ácido úrico (mmol/dia), purinas totais (mmol/dia), purinas absorvidas (mmol/dia), nitrogênio microbiano (g/dia) (P>0,05) (Tabela 9).

Tabela 9. Excreções de purina e seus derivados na síntese de proteínas na urina em machos Nelore selecionados para divergentes classes de consumo alimentar residual (CAR)

	CAR			
Variáveis	Alto	Baixo	DP	P –valor
Número de animais	12	12	-	-
Alantoína, mmol/dia	100,84	95,80	15,30	0,8172
Ácido úrico, mmol/dia	11,46	18,18	3,87	0,2244
Purinas totais, mmol/dia	112,30	113,98	16,05	0,9411
Purinas absorvidas, mmol/dia	87,80	89,47	18,69	0,9501
Nitrogênio microbiano, g/dia	55,26	56,31	11,77	0,9501

4 DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças (P>0,05) nos dados de desempenho nas divergentes classes de CAR, confirmando que o CAR em bovinos é fenotipicamente independente de crescimento e tamanho corporal. Os dados foram muito homogêneos, devido aos animais pertencerem a um mesmo grupo de contemporâneos. Similarmente, Fitzsimons et al. (2013), não encontraram diferenças no desempenho dos animais entre os grupos de CAR, e está de acordo com os resultados encontrados por Kelly et al. (2011) que trabalhando com bovinos cruzados encontraram valores de PI= 194 e 192 kg, PF= 314 e 312 kg, GMD= 1,52 e 1,54kg/dia, para alto e baixo CAR, respectivamente.

Segundo Mertens (1994) de 60 a 90% das variações no desempenho animal são provenientes das oscilações no consumo de nutrientes e de 40 a 10% a mudanças na digestibilidade. A semelhança no consumo dos animais encontrada nesse estudo podem ser provenientes dos dias em que os animais zeraram o consumo, sendo retirados dos cálculos.

Para Blaxter e Clapperton (1965) e Pelchen e Peters (1998) o CMS é um importante determinante da emissão de CH_4 (g/dia). Herd et al. (2002) e Okine et al. (2004) demostraram que a diferença na emissão de CH_4 por animais de baixo e alto CAR está diretamente relacionada ao CMS, animais mais eficientes e com menor CMS tiveram redução de 5% na emissão de CH_4, corroborando aos estudos de Hegarty et al. (2007) que verificaram que o CMS e a emissão de CH_4 (g/dia) foram menores para animais baixo CAR.

A relação entre a emissão de CH_4 (g/dia) e CMS é positiva, mas caracteriza-se pela alta variabilidade entre animais (KURIHARA et al., 1999). No presente estudo os valores de CH_4 (89,29 kg CH_4/ano; 23,55 g CH_4/kg MS ingerida) condizem com os valores encontrados por Moate et al. (2011), os quais sugerem que animais de 364 a 627 kg de peso corporal produzam entre 40 e 92 kg CH_4/ano e de 13 a 35 g CH_4/kg MS ingerida. Porém são superiores aos estimados (56 kg CH_4/ano) pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2006) para o gado e 53 kg CH_4/ano, verificados por Fiorentini et al.(2014), avaliando bovinos Nelore confinados. O que pode ter ocorrido devido ao número de coletas realizadas durante o experimento (três coletas em três períodos), visto que todos os estudos realizam somente uma coleta durante todo o experimento. Similarmente, Fitzsimons et al. (2013), utilizando a tecnica do SF_6 e avaliando bovinos taurinos confinados em dois períodos de coleta , encontraram valores de 297 g CH_4/ dia e 260 g CH_4/dia para animais alto e baixo CAR, respectivamente, valores muito proximos aos encontrados nesse experimento. Contrariamente, Nkrumah et al. (2006) utilizando CMS fixo (alimentação restrita) para ambos

os grupos CAR, verificaram uma menor emissão de CH_4 (g/dia) para animais baixo CAR em comparação com animais alto CAR, indicando que a emissão de CH_4 é inerente a seleção dos animais.

Archer et al. (1999) demonstraram que animais da mesma raça, consumindo a mesma dieta, podem variar quanto à eficiência de utilização dos nutrientes, o que pode ser medido através da digestibilidade, uma vez que esta diz respeito à quantidade de nutrientes contidos no alimento que o animal é capaz de utilizar após o consumo (CUNHA et al., 2008). De acordo com MERTENS (1992), o consumo voluntário de alimento é responsável por 70% da variação no potencial de produção animal e os 30% restantes por conta da digestibilidade e a eficiência de utilização dos alimentos.

Os animais baixo CAR apresentaram excreção fecal menor que nos animais baixo CAR, o que indica que esses animais aproveitaram melhor os alimentos, uma vez que quanto melhor a digestibilidade do alimento, menor será a quantidade de resíduos fecais excretados. Isso também apresenta um impacto ambiental positivo, pois gera menor quantidade de estrume e menor quantidade potencial de óxido nitroso liberado no ambiente (Okine et al, 2001; Herd et al, 2002).

A digestibilidade do alimento é a sua capacidade de permitir que o animal utilize os seus nutrientes em maior ou menor escala, e é expressa pelo coeficiente de digestibilidade do nutriente, sendo uma característica do alimento e não do animal (COELHO DA SILVA & LEÃO, 1979). A DMS, DPB e a DFDA foram maiores ($P<0,05$) nos animais baixo CAR em relação aos animais alto CAR, recebendo a mesma dieta. Dessa forma, concluímos que os animais baixo CAR são mais eficientes quanto ao uso dos alimentos. Richardson et al. (1996), verificaram que a digestibilidade aparente tende a ser 1% maior em animais mais eficientes quando alimentados com dieta baseada em volumoso peletizado e Richardson e Herd (2004) encontraram que os animais baixo CAR apresentam DMS 2% maior que os animais alto CAR. Nkrumah et al. (2006), verificaram em animais cruzados Angus x Charolês, valores de 75,3% e 70,9% na DMS para os animais de baixo e alto CAR, Herd e Arthur (2008) também encontraram que animais baixo CAR apresentam uma maior DMS. McDonald et al. (2010) constataram maior eficiência na digestibilidade em vacas prenhes no segundo trimestre de gestação com baixo CAR, recebendo uma dieta rica em forragem (74% feno de capim). Por outro lado Fitzsimons et al. (2013), em estudo com 22 novilhas da raça Simental alimentadas com dieta á base de silagem de capim, não verificaram diferenças significativas na DMS, encontrando valores de 73% para ambas as classes de CAR. Lawrence

et al. (2011), avaliando 73 novilhas prenhes e alimentadas com dieta de alta forragem também não encontraram diferenças significativas na digestibilidade. Cruz et al. (2010), avaliando 60 bovinos em 2 períodos experimentais alimentados com dieta de alto concentrado, observaram variação de 70 a 75% para os animais baixo CAR, nos primeiro e segundo período respectivamente, e média de 74% para os animais alto CAR em ambos os períodos, diferindo na DMS. Em animais zebuínos, Magnani (2011) avaliando novilhas Nelore em condições semelhantes à deste experimento, verificou valores maiores de DMS, DFDN e DFDA, respectivamente em animais baixo CAR em relação aos animais alto CAR, o que se assemelha aos resultados deste estudo.

Não houve diferenças (P>0,05) na síntese microbiana, isso pode ter ocorrido em função de que os consumos de PB e NDT também não diferiram (P>0,05) entre as diferentes classes de CAR. Hoover e Sokes (1991) verificaram que a produção de proteína microbiana é diretamente proporcional à ingestão de proteína degradada no rúmen. Um mecanismo pelo qual menor digestão resultaria em síntese proteica microbiana similar seria por aumento na taxa de passagem da digesta pelo rúmen, por resultar em ganho na eficiência de crescimento microbiano, por menor uso de energia para mantença pelos microrganismos (ISAACSON et al., 975).

Estudar o comportamento ingestivo dos animais consiste em avaliar a quantidade e o valor nutritivo da dieta, através da eficiência do animal, bem como estabelecer a relação entre o comportamento e o consumo voluntário, para a obtenção de dados para a melhoria do desempenho animal (ALBRIGHT, 1993), além de auxiliar na identificação de animais mais eficientes de maneira mais viável. Dessa forma, a eficiência alimentar dos animais baixo CAR, pode ser comprovada, uma vez que os mesmo gastam menor tempo para ingerir um kg de MS quando comparado aos animais alto CAR e a EAL foi maior nesses animais, indicando que os animais baixo CAR ingeriram maior quantidade de alimento em um mesmo período de tempo em relação aos animais menos eficientes. Similarmente Lancaster et al. (2009) encontraram que novilhos baixo CAR passaram 13% menos tempo em alimentação em relação ao animais alto CAR, porém não verificaram diferença para EAL. Robinson e Oddy (2004) e Herd et al. (2004) observaram que o CAR de animais menos eficientes foi associado a maior tempo de alimentação por dia, maior número de visitas ao cocho por dia e taxa de ingestão (g/min). Assim como Nkrumah et al. (2007) que avaliaram o CAR de bovinos da raça Angus e Charolês, e verificaram que os animais baixo CAR despenderam menos tempo com a alimentação, visitaram menos vezes o cocho, e apresentaram menor gasto energético

com essas atividades. Polizel Neto et al. (2009) correlacionaram CAR e tempo de ruminação em bovinos Nelore e encontraram valor de 0,22, indicando que animais menos eficientes despendem mais tempo ruminando. Contrariamente, Aldrighi (2013) no estudo com bovinos Nelore não observaram diferenças significativas no tempo de alimentação, ruminação, ócio, postura em pé e deitado para animais de divergentes classes de CAR. Corroborando com esses resultados, Stieven (2012) não encontrou diferenças significativas no tempo despendido pelos animais nos comportamentos acima citados com bovinos Purunã. Corvino et al. (2009) e Magnani (2011) não encontraram diferença no tempo de ruminação, número e tempo de mastigação por bolo ruminal entre touros Nelore com divergentes classes de CAR em condições semelhantes. Assim como Basarab et al. (2003), que não constataram diferenças no comportamento ingestivo entre classes divergentes de CAR, mostrando que o tempo de alimentação e o número de visitas ao cocho foi semelhante.

5 CONCLUSÃO

O consumo alimentar residual é fenotipicamente independente dos parâmetros de desempenho, sugerindo que a seleção para CAR, não acarreta em prejuízo ao desempenho dos animais, os animais mais eficientes (baixo CAR) despendem menos tempo em atividades relacionadas à alimentação e são mais eficientes quanto à digestibilidade da MS, da PB e do FDA. A emissão de CH_4 entérico está relacionada ao consumo dos nutrientes e não inerente a seleção de animais com consumo alimentar residual, assim como a eficiência microbiana.

REFERÊNCIAS

ALBRIGHT, J.L. Feeding behavior of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.485-498, 1993.

ALDRIGHI, J. **Comportamento ingestivo e temperamento de bovinos nelore:** relação com eficiência alimentar e aspectos metodológicos. 2013. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Zootecnia APTA/SAA, Nova Odessa, 2013.

AOAC- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists, 1990.

ARCHER, J.A.; REVERTER, A.; HERD, R. M. Genetic variation in feed intake and efficiency of mature beef cows and relationships with postweaning measurements. In: WORLD CONGRESS ON GENETICS APPLIED TO LIVESTOCK PRODUCTION, 6., 2002, Montpellier, France. **Anais…**Montpellier. 2002.

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

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

BASARAB, J.A.; BEAUCHEMIN, K.A.; BARON, V.S.; OMINSKI, K.H.; GUAN, L.L.; MILLER, S. P.; CROWLEY, J. J. Reducing GHG emissions through genetic improvement for feed efficiency: Effects on economically important traits and enteric methane production. **Animal**, v.7, p.303–315, 2013.

BLAXTER, K.L.; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **British Journal of Nutrition**, v. 19, p. 511-522, 1965.

CARVALHO, P.C.F.; KOZLOSKI, G.V.; RIBEIRO FILHO, H.M.N.; REFFATTI, M.V.; GENRO, T.C.M.; EUCLIDES, V.P.B. Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 151-170, 2007.

CHEN, X.B.; GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle basid on urinary excretion of purine derivatives-an overview of the technical details. **Ocasional publication**, Buchsburnd Aberdeen. Ed. Rowett Research Institute, 1992. 21p.

COCHRAN, R.C.; GALYEAN, M.L. Measurement of in vivo forage digestion by ruminants. forage quality, evaluation and utilization. In: FAHEY JR, G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization.** Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 613-643.

COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição de ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, 1979. 380p.

CORVINO, T.L.S.; BRANCO R.H.; BONILHA S.F.M.; RAZOOK A.G.; POLIZEL NETO, A.; CASTILHOS, A.M.; FIGUEIREDO, L.A. Consumo alimentar residual e reatividade de bovinos Nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46, Maringá. **Anais...** Maringá, SBZ, 2009. CD-ROM.

COTTLE, D.J.; NOLAN, J.V.; WIEDEMANN, S.G. Ruminant enteric methane mitigation: A review. **Animal Production Science**, v.51, p. 491-514, 2011.

CREWS, D.H. Genetics of efficient feed utilization and national cattle evaluation: A review. **Genetics and Molecular Research**, v.4, p.152–165, 2005.

CRUZ, G.D.; RODRIGUEZ-SANCHEZ, J.A.; OLTJEN, J.W.; SAINZ,R.D. Performance, residual feed intake, digestibility, carcass traits, and profitability of Angus-Hereford steers housed in individual or group pens. **Journal of Dairy Science**, v. 88, p.324–329, 2010.

ETHERIDGE, R.D.; PESTI, G.M.; FOSTER, E.H. A comparison of nitrogen values obtained utilizing the Kjeldahl nitrogen and Dumas combustion methodologies (Leco CNS 2000) on samples typical of an animal nutrition analytical laboratory. **Animal Feed Science and Technology**, v.73, p.21-28, 1998.

FERREIRA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; PAIXÃO, M.L.; PAULINO, M.F.; VALADARES, R.F.D. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1568-1573, 2009.

FIORENTINI, G.; CARVALHO, I.P.C.; MESSANA, J.D.; CASTAGNINO, P.S.; BERNDT, A.; CANESIN, R.C.; FRIGHETTO, R.T.S.; BERCHIELLI, T.T. Effect of lipid sources with different fatty acid profiles on intake, performance, and methane emissions of feedlot Nellore steers. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 1613–1620, 2014.

FITZSIMONS, C.; KENNY, D.A.; DEIGHTON, M.H.; FAHEY, A.G.; MCGEE, M. 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.

GOLDEN, J.W.; KERLEY, M.S.; KOLATH, W.H. The relationship of feeding behavior to residual feed intake in crossbred Angus steers fed traditional and no-roughage diets. **Journal of Animal Science**, v. 86, p.180-186, 2008.

HERD, R.M.; HEGARTY, R.S.; DICKER, R.W.; ARCHER, J.A.; ARTHUR, P.F. Selection for residual feed intake improves feed conversion in steers on pasture. **Animal Production in Australia**, v. 24, p. 85-88, 2002.

HERD, R.M.; ODDY, V.W.; 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.

HERD, R.M.; ARTHUR, P.F. Physiological basis for residual feed intake. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.64–71, 2008.

HEGARTY, R.S.; GOOPY, J.P.; HERD, R.M.; MCCORKELL, B. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.1479–1486, 2007.

HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3630-3644, 1991.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2006. Emissions from livestock and manure management. In: IPCC. **Guidelines for national greenhouse inventories.** [s.l.]: IPCC, 2006.v.4, p.10.1–10.87.

ISAACSON, H.R.; HINDS, F.C.; BRYANT, M.P.; OWENS, F.N. Efficiency of energy utilization by mixed rumen bacteria in continuous culture. **Journal of Dairy Science,** v.58, p.1645-1659, 1975.

JOHNSON, K.A.; JOHNSON. The Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science,** v.73, p. 2483–2492, 1995.

KELLY, A.K.; MCGEE, M.; CREWS, D.H.; LYNCH, C.O.; WYLIE, A.R.; EVANS, R.D.; KENNY, D.A. Relationship between body measurements, metabolic hormones, metabolites and residual feed intake in performance tested pedigree beef bulls**. Livestock Science**, v.135, p.8–16, 2011.

KOCH, R.M.; SWIGER, L.A.; CHAMBERS, D.; GREGORY, K.E. Efficiency of feed use in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 22, p.486-494, 1963.

KURIHARA, M.; MAGNER, T.; MCCRABB, H.; MCCRABB, G. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. **British Journal of Nutrition**, v. 81, p. 227-234, 1999.

LANCASTER, P.A.; CARTENS, G.E.; RIBEIRO, F.R.B.; TEDESCHI, L.O.; CREWS, JR., D.H. Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. **Journal of Animal Science**, v.87, p.1528-1539, 2009.

LAWRENCE, P.; KENNY, D.A.; EARLEY, B.; CREWS, D.H.; MC- GEE, M. Grass silage intake, rumen and blood variables, ultrasonic and body measurements, feeding behavior and activity in pregnant beef heifers differing in phenotypic residual feed intake. **Journal of Animal Science**, v.89, p.3248–3261, 2011.

LOFGREEN, G.P. The estimation of total digestible nutrients from digestible organic matter. **Journal of Animal Science**, v. 12, p. 359, 1953.

MCDONALD, T.J.; NICHOLS, B.M.; HARBAC, M.M.; NORVELL, T.M.; PATERSON, J.A. Dry matter intake is repeatable over parities and residual feed intake is negatively correlated with dry matter digestibility in gestating cows. In: WESTERN SECTION, AMERICAN SOCIETY OF ANIMAL SCIENCE, 61.,2010, Denver, **Proceedings…** Denver, Colorado, 2010.

MAGNANI, E. **Caracterização do consumo alimentar residual e relações com desempenho e metabolismo de fêmeas Nelore.** 2011. 86p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Zootecnia APTA/SAA, Nova Odessa, 2011.

MERTENS, D.R. Análise de fibra e sua utilização na avaliação e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., Lavras, 1992. **Anais...** Lavras: SBZ. p.188-219, 1992.

MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (ed.) **Forage quality, evaluation and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds using refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal AOAC**, v. 85, p. 1217–1240, 2002.

MOATE, P.J; WILLIAMS, S.R.O.; GRAINGER, C.; HANNAH, M.C.; PONNAMPALAM, E. N.; ECKARD, R.J. Influence of cold-pressed canola, brewers grains and hominy meal as

dietary supplements suitable for reducing enteric methane emissions from lactating dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v.166-167, p.254-264, 2011.

NICHOLSON, M. J.; BUTTERWORTH, M. H. **A guide to condition scoring of zebu cattle**. Addis Ababa: International Livestock Centre for Africa, 1986. 29p.

NKRUMAH, J. D.; BASARAB, J. A.; PRICE M. A.; OKINE, E.K.; AMMOURA, A.; GUERCIO, S.; HANSEN, C.; LI, C.; BENKEL, B.; MURDOCH,B.; MOORE, S.S. Different measures of energetic efficiency and their phenotypic relationships with growth, feed intake, and ultrasound and carcass merit in hybrid cattle. **Journal of Animal Science,** v.82, p.2451-2459, 2004.

NKRUMAH, J.D.; OKINE, E.K.; MATHISON, G.W.; SCHMID, K.; LI, C.; BASARAB, J.A.; PRICE, M.A.; WANG, Z.; MOORE , S. S. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behavior with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 145-153, 2006.

NKRUMAH, J.D.; BASARAB, J.A.; WANG, Z.; LI C.; PRICE, M.A.; OKINE, E.K.; CREWS JR., D.H. Primary genome scan to identify putative QTL for feedlot growth rate, feed intake and feed efficiency of beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 3170-3181, 2007.

OKINE E.K. Residual feed intake and feed efficiency: Differences and Implications. In: ANNUAL FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 15., 2004, Gainesville, **Proceedings…** Gainesville: University of Florida, 2004. p.27-38.

PEDREIRA, M.S.; BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA, S.G.; PRIMAVESI, O.; LIMA, M.A.; FRIGHETTO, R. Produção de metano e concentração de ácidos gráxos voláteis ruminal em bovinos alimentados com diferentes relações de volumoso: concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande:SBZ, 2004. 5p.

PELCHEN, A.; PETERS, K.J. Methane emission from sheep. **Small Ruminant Research**, v.27, p.137-150, 1998.

POLIZEL NETO, A.; BRANCO, R.H.; BONILHA, S.F.M. Relações do consumo alimentar residual e o comportamento ingestivo de bovinos Nelore selecionados para peso pós desmame. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45, 2009. Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 2009.

RENNÓ, L.N.; VALADARES, R.F.D.; LEÃO, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R.; DIAS, H.L.C.D.; COSTA, M.A.L.; OLIVEIRA, R.V. Estimativas da produção de proteína pelos derivados de purinas na urina em Novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 29, n.4, p. 1223-1234, 2000

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.T.S.; PEDREIRA, M.S.; LIMA, M.A.; BERCHIELLI, T.T.; DEMARCHI, J.J.A.A.; MANELLA, M.Q.; BARBOSA, P.F.; JOHNSON, K.A.; WESTBERG, H.H. **Técnica do gás traçador SF6 para medição de campo do metano ruminal em bovinos:** adaptações para o Brasil. CD. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 76p. (Embrapa Pecuária Sudeste, Documentos, 39).

RICHARDSON, E. C.; HERD, R.M.; ARTHUR, P. F.; WRIGHT, J.; XU, G.; DIBLEY, K.; ODDY, V. H. Possible physiological indicators for net feed intake conversion efficiency. **Australian Society of Animal Production**, v. 21, p.103-106, 1996.

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. Genetics parameters for feed efficiency, fatness, muscle area, and feeding behavior of feedlot finished beef cattle. **Livestock Production Science**, v. 90, p. 255-270, 2004.

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, p.177-185, 2004.

SOARES, J.P.G.; BERCHIELLI, T.T.; AZEVEDO JÚNIOR, M.A. Comparação das técnicas do óxido crômico e da coleta total de fezes na determinação da digestibilidade em bovinos. **Ars Veterinaria**, v. 19, nº 3, p. 280-287, 2003.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science,** v. 70, ed. 11, p. 3562-3577, 1992.

STIEVEN, I.C.B. **Relações do consumo alimentar residual com perfil hematológico, estresse e comportamento ingestivo em bovinos purunã**. 2012. 81p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C.; CLAYTON, M.K. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis

estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.11, p.2686- 2696, 1999.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2thed. Ithaca: Cornell, 1994. 476p.

VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, n.3, p.243-248, 1990.

WAGHORN, G.C.; HEGARTY, R.S. Lowering ruminant methane emissions through improved feed conversion efficiency. **Animal Feed Science and Technology**, v. 166–167, p. 291–301, 2011.

WELCH, J.G.; HOOPER, A.P. Ingestion of feed and water. In: CHURCH, D.C. (ed.). **The ruminant animal:** digestive physiology and nutrition. Englewood Cliffs:Reston, 1988. p.108-116.

WESTBERG, H.H.; JOHNSON, K.A.; COSSALMAN, M.W.; MICHAL, J.J. **A SF_6 tracer technique:** methane measurement from ruminants. Pullman: Washington: Washington State University, 1998.40p.