

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA**

**PARTIÇÃO ENERGÉTICA E PRODUÇÃO DE METANO EM NOVILHAS DAS
RAÇAS GUZERÁ E NELORE SUBMETIDAS A DIFERENTE PLANOS
NUTRICIONAIS**

ANDRÉ SANTOS DE SOUZA

**Belo Horizonte - MG
Escola de Veterinária – UFMG
2016**

ANDRÉ SANTOS DE SOUZA

**Partição energética e produção de metano em novilhas das raças Guzerá e Nelore
submetidas a diferentes planos nutricionais**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade
Federal de Minas Gerais, como requisito parcial
para a obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição Animal
Prof^a Orientadora: Ana Luiza da Costa Cruz Borges

Belo Horizonte

S729p Souza, André Santos de, 1980-
Partição energética e produção de metano em novilhas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais / André Santos de Souza. – 2016.
130 p. : il.

Orientadora: Ana Luiza da Costa Cruz Borges
Tese (doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária
Inclui bibliografia

1. Novilho – Alimentação e rações – Teses. 2. Dieta em veterinária – Teses.
3. Nutrição animal – Teses. 4. Digestibilidade – Teses. 5. Calorimetria – Teses.
I. Borges, Ana Luiza da Costa Cruz. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 636.208 5

Tese defendida e aprovada em 05 de setembro de 2016 pela comissão examinadora composta pelos seguintes membros:



Dr^a. Ana Luiza Costa Cruz Borges
Professora Orientadora



Dr. Ricardo Reis e Silva



Dr. Decio Souza Graça



Dr. Vicente Ribeiro Rocha Junior



Dr. Thierry Ribeiro Tomich

Dedico
A minha tia Telma Santos de Souza (*in memoriam*), a minha mãe Rosangela, a meus avós José Francisco e Argemira, a todos que contribuíram com a minha formação por toda confiança e apoio a mim dedicados durante toda minha vida

Agradecimentos

À Deus, pela saúde, paz e sabedoria;

Aos meus familiares, pelo apoio incondicional;

À Prof^a Ana Luiza Borges, grande exemplo de pessoa, obrigado pela orientação, ensinamentos, dedicação e paciência;

Ao Prof. Ricardo Reis, pela confiança, apoio, ensinamentos e amizade;

Ao Prof. Lúcio e Prof. Iran, co-orientadores, pelos ensinamentos, apoio e amizade;

Ao Prof. Décio, Prof. Vicente e Dr. Thierry, por terem aceitado o convite de participar desta banca e por contribuírem com suas sugestões;

Aos amigos contemporâneos de doutorado, em especial Anna Carolynne, Alexandre Araújo, Alexandre Ferreira, Carlos Pancoti, Diogo Moraes, Fredson Vieira, Helio Costa, Juliana Sávia, Patrícia Molina, Raphael Mourão e Vandemberg Lira) pelo apoio, amizade e bons momentos vividos em Belo Horizonte;

Aos amigos Bruno Denucci, Eduardo Lorentz, Gustavo Mendes, Luís Antônio, Vitor Esquerdo e Vitor Miranda pelo amizade e apoio nos momentos difíceis e de descontração;

Aos colegas da Equipe Nutrirum, pela ajuda e amizade;

Aos colegas de república (Carlos Eduardo, Gustavo Laine, Martolino, Vitor Santos), pela agradável convivência;

Ao Toninho pela atenção e paciência no Laboratório de Nutrição;

Ao Sr. Nilson e Roberto pela amizade e momentos de descontração;

Ao CNPq (CNPq - INCT), pela contribuição financeira na realização deste projeto e pela bolsa de estudos durante o doutorado;

À BR-NOVA pela gentileza de fornecer a suplementação mineral para os animais;

A Fazenda Santa Paula, por ceder os animais da raça Guzerá para a realização do experimento.

À FAPEMIG, pelo apoio na realização deste experimento;

Aos animais, base deste trabalho;

À Escola de Veterinária pela acolhida durante todos esses anos;

A todos, pela imensa ajuda, amizade, generosidade e atenção;

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	12
ABSTRACT.....	14
INTRODUÇÃO GERAL.....	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
CAPÍTULO I.....	19
REVISÃO DE LITERATURA	
1 - Classificação zoológica dos bovinos.....	19
2 - Introdução das raças zebuínas no Brasil.....	20
2.1 - A raça Guzera.....	20
2.2 - A raça Nelore.....	21
3 - Crescimento e desenvolvimento animal.....	22
3.1 - Nutrição e genética sobre crescimento e desenvolvimento animal.....	28
3.2 - Evolução do peso adulto dos animais das raças Guzera e Nelore.....	31
4 - Energia: conceito, produção e unidades.....	32
4.1 - Partição energética em ruminantes.....	33
4.2 - Metano: molécula, formação e energética.....	37
4.2.1 - Medição de metano em ruminantes.....	40
4.3 - Unidade de tamanho metabólico.....	42
4.4 - Metabolismo basal, manutenção e produção de calor.....	42
4.5 - Eficiência energética (metabolizabilidade, k_m e k_g).....	44
4.6 - Exigência nutricional de energia em ruminantes em crescimento.....	46
4.6.1 - Metodologias para a determinação das exigências nutricionais.....	48
4.6.1.1 - Ensaio de alimentação.....	49
4.6.1.2 - Método do abate comparativo.....	49
4.6.1.3 - Calorimetria.....	51
4.7 - Exigências nutricionais em zebuínos das raças Guzera e Nelore.....	53
5 - Referências bibliográficas.....	56

CAPÍTULO II.....74
CONSUMO, DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE NITROGÊNIO E DESEMPENHO
EM NOVILHAS GUZERÁ E NELORE SUBMETIDAS A DIFERENTES PLANOS DE
ALIMENTAÇÃO

Resumo.....	74
Abstract.....	76
1 - Introdução.....	77
2 - Material e Métodos.....	77
3 - Resultados e Discussão.....	84
4 - Conclusões.....	99
5 - Referências Bibliográficas.....	99

CAPÍTULO III.....106
PARTIÇÃO ENERGÉTICA, ENERGIA DA DIETA E PRODUÇÃO DE METANO EM
NOVILHAS GUZERÁ E NELORE SUBMETIDAS A DIFERENTES PLANOS DE
ALIMENTAÇÃO

Resumo.....	106
Abstract.....	107
1 - Introdução.....	108
2 - Material e Métodos.....	109
3 - Resultados e Discussão.....	110
4 - Conclusões.....	119
5 - Referências Bibliográficas.....	120
6 - Anexos.....	124
7 - Apêndices.....	125

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Modelos equacionais, não lineares, para a determinação do peso vivo durante o crescimento animal	26
Tabela 2 - Evolução do peso, em kg, aos 450 dias do rebanho de zebuínos das raças Guzerá e Nelore nos anos de 1991 e 2012.....	31
Tabela 3 - Peso ao nascer e pesos médios, em kg, em função dos dias e do plano nutricional de animais das raças Guzerá e Nelore.....	32
Tabela 4 - Substratos utilizados para a metanogênese.....	38

CAPÍTULO II

Tabela 1 - Formulação e composição química das dietas experimentais.....	83
Tabela 2 - Consumo de nutrientes (kg/dia e g/kg de PV ^{0,75}) em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais.....	85
Tabela 3 - Consumo das frações fibrosas (kg/dia e g/kg de PV ^{0,75}) em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais.....	87
Tabela 4 - Consumo de carboidratos (kg/dia e g/kg de PV ^{0,75}) em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais.....	89
Tabela 5 - Digestibilidade dos nutrientes e da energia em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais.....	92
Tabela 6 - Balanço aparente de nitrogênio em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais.....	95
Tabela 7 - Desempenho e eficiência alimentar em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais.....	98

CAPÍTULO III

Tabela 1 - Partição energética em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais.....	111
Tabela 2 - Densidade energética das dietas experimentais para fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais.....	115
Tabela 3- Produção de metano (g/dia e g/kg de peso vivo ou de nutriente) em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais.....	116

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1 – Relação entre o ganho de peso (kg) e a idade (anos após concepção) em várias espécies animais.....	23
Figura 2 – Ondas de crescimento nos animais.....	24
Figura 3 – Partição energética do alimento no animal.....	36
Figura 4 – Relação entre energia retida (ER) e energia metabolizável (EM).....	46

CAPÍTULO III

Figura 1 – Relação entre a perda de energia na forma de metano em percentagem da energia bruta (%EB) e o consumo de energia bruta (Mcal/dia) em novilhas das raças Guzerá e Nelore em crescimento.....	114
Figura 2 – Relação entre a produção de metano (litros/dia) e o consumo de matéria seca (kg/dia) em novilhas das raças Guzerá e Nelore em crescimento.....	118

LISTA DE ABREVIATURAS

ABCZ - Associação brasileira de criados de zebuínos
ACNB - Associação de criadores de Nelore do Brasil
ACGB - Associação de criadores de Guzerá do Brasil
A + B₁ - Fração A e B₁ do fracionamento dos carboidratos
B₂ - Fração B₂ do fracionamento de carboidratos
BE - Balanço energético
C - Fração C do fracionamento de carboidratos
CEB - Consumo de energia bruta
CED - Consumo de energia digestível
CEL - Celulose
CEM - Consumo de energia metabolizável
CH₄ - Gás metano
CO₂ - Dióxido de carbono
CNDT - Consumo de nutrientes digestíveis totais
EB - Energia bruta
ED - Energia digestível
EM - Energia metabolizável
EM_m - Energia metabolizável para manutenção
EL - Energia líquida
EL_m - Energia líquida para manutenção
EL_g - Energia líquida para ganho
ER - Energia retida
EM/ED - Relação entre a energia metabolizável e energia digestível
GMD - Ganho de peso vivo médio diário
HEM - Hemicelulose
IC - Incremento calórico
k_m - Eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção
k_g - Eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho
kg - Quilograma
kcal - Quilocaloria
L - Litros
LIG - Lignina

Mcal - Megacaloria

MM - Matéria mineral

MO - Matéria orgânica

MS - Matéria seca

N - Nitrogênio

NDT - Nutrientes digestíveis totais

NIDA - Nitrogênio insolúvel em detergente ácido

NIDN - Nitrogênio insolúvel em detergente neutro

O₂ - Gás oxigênio

PC - Produção de calor

PCVZ - Peso de corpo vazio

PCVZ^{0,75} - Peso metabólico de corpo vazio

PMGZ - Programa de melhoramento genético em zebuínos

PV - Peso vivo

PV^{0,75} - Peso vivo metabólico

q - Metabolizabilidade da dieta (EM / EB)

RESUMO GERAL

Objetivou-se com este estudo avaliar consumo de alimento, digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio, desempenho, partição energética, densidade energética da dieta e produção de metano em novilhas das raças Guzerá e Nelore submetidas a dois planos nutricionais (restrito e *ad libitum*). O experimento foi conduzido na Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, localizada no município de Belo Horizonte-MG. Foram utilizadas 12 novilhas, alimentadas individualmente, com dietas à base de silagem de milho e concentrado, na proporção volumoso:concentrado de 66:34 e 68:32, com base na matéria seca. As dietas foram formuladas para possibilitarem ganhos de 0,200 e 1,0kg/dia, correspondendo ao período restrito e *ad libitum*, respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sendo que as duas raças representaram os dois tratamentos. No período restrito não houve diferença estatística ($P>0,05$) para consumo de alimento e energia, balanço de nitrogênio, desempenho, partição energética, produção de metano e digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, extrato etéreo, proteína bruta, celulose, hemicelulose, carboidratos não fibrosos, fração B₂ dos carboidratos e energia bruta. Houve diferença estatística ($P<0,05$) para digestibilidade da fibra em detergente neutro, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas, fibra em detergente neutro corrigida para proteína, fibra em detergente ácido e carboidratos fibrosos, tendo os animais da raça Guzerá apresentado maiores valores de digestibilidade (621,15, 680,91, 631,97, 587,88 e 694,14g/kg) em comparação aos animais da raça Nelore (582,41, 648,01, 593,48, 508,50 e 662,82g/kg), respectivamente. No período *ad libitum*, houve diferença ($P<0,05$) apenas para o consumo de alimento, tendo os animais da raça Guzerá apresentado maior consumo em todas as variáveis analisadas. Para a digestibilidade do extrato etéreo e carboidratos fibrosos, os animais da raça Guzerá apresentaram maiores valores (695,95 e 597,71g/kg) em comparação aos animais da raça Nelore (626,82 e 571,22g/kg). Para nitrogênio ingerido, nitrogênio perdido na urina, nitrogênio total excretado e para a relação entre nitrogênio absorvido no trato gastrointestinal e peso vivo metabólico, os animais da raça Guzerá também apresentaram maiores valores (193,17, 62,17, 130,19g/dia, 2,27, 1,53 e 1,47g/kgPV^{0,75}, respectivamente) em comparação aos animais da raça Nelore (172,27, 52,39, 113,67g/dia, 2,05, 1,35 e 1,32g/kgPV^{0,75}, respectivamente). Também houve diferença estatística ($P<0,05$) para o consumo de energia bruta, energia digestível, energia metabolizável (Mcal/dia e Kcal/kgPV^{0,75}) e nas perdas de energia na forma de urina em percentagem da energia bruta (Mcal/dia), tendo os animais da raça Guzerá apresentado maiores valores (36,10, 24,32, 20,71Mcal/dia, 424,17, 285,73, 243,26Kcal/kgPV^{0,75} e 1,49Mcal/dia, respectivamente) em comparação aos animais da raça

Nelore (31,83, 21,23, 18,15Mcal/dia, 377,82, 252,03, 215,42Kcal/kgPV^{0,75} e 1,11Mcal/dia, respectivamente). Da mesma forma, houve diferença ($P<0,05$) ao se relacionar a produção de metano com a ingestão de fibra em detergente ácido, com o consumo digestível de matéria orgânica, com a fibra em detergente neutro corrigida pra cinzas e proteína, com a fibra em detergente ácido, com a hemicelulose e com a celulose, tendo os animais da raça Guzera apresentando menores valores (81,99, 29,75, 85,42, 144,66, 179,65 e 161,39g/kg, respectivamente) em comparação ao animais da raça Nelore (86,50, 31,70, 93,84, 154,95, 195,46 e 174,21g/kg, respectivamente). Conclui-se que, embora encontrada semelhança no desempenho, metabolizabilidade, relação EM/ED da dieta entre as duas raças, o fator genético, no período *ad libitum*, influenciou o consumo de alimento e energia, o balanço de nitrogênio, a produção de metano por unidade de produto assim como a digestibilidade das frações fibrosas do alimento em ambos os períodos.

Palavras-chave: bovinos, calorimetria, fêmeas.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate food and energy intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, performance, energy partition, diet energy density and methane production in Guzerá and Nelore heifers submitted to two nutritional plans (restricted and *ad libitum*). The experiment was conducted at the Veterinary School of the Federal University of Minas Gerais located in the city of Belo Horizonte-MG. Were used twelve heifers feed individually with diets based on corn silage and concentrate, in proportion voluminous : concentrate 66:34 and 68:32 concentrate based on dry matter. The diets was formulated to allow gains of 0.200 and 1.0kg/day, corresponding to the restricted period and *ad libitum*, respectively. The experimental design was completely randomized and the two races represented the two treatments. In the restricted period there was no statistical difference ($P>0.05$) for food and energy consumption, nitrogen balance, performance, energy partition, methane production and dry matter digestibility, organic matter, ethereal extract, crude protein, cellulose, hemicellulose, non-fibrous carbohydrates, carbohydrate fraction B₂ and crude energy. There was a statistical difference ($P<0.05$) for the digestibility of the fiber in neutral detergent, fiber in neutral detergent corrected for ash, fiber in neutral detergent corrected for protein, fiber in acid detergent and fibrous carbohydrates, with Guzerá animals presented larger digestibility values (621.15, 680.91, 631.97, 587.88 and 694.14g/kg, respectively) compared to the Nelore breed (582.41, 648.01, 593.48, 508.50 and 662.82g/kg, respectively). In the *ad libitum* period, there was a difference ($P<0.05$) only for food consumption and Guzerá animals showed higher consumption in all analyzed variables, for the digestibility of ethereal extract and fibrous carbohydrates, with Guzerá animals presented higher values (695.95 and 597.71g/kg) compared to Nelore (626.82 and 571.22g/kg). For nitrogen ingested, nitrogen lost in urine, total nitrogen excreted and for the ratio between nitrogen absorbed in the gastrointestinal tract and metabolic weight, and the Guzerá breed presented higher values (193,17, 62,17, 130,19g/day, 2,27, 1,53 and 1.47g/kg PV^{0.75}, respectively) compared to the Nelore breed (172.27, 52.39, 113.67g/day, 2.05, 1.35 and 1.32g/kg PV^{0.75}, respectively). There was also a statistical difference ($P<0.05$) for the consumption of crude energy, digestible energy, metabolizable energy (Mcal/day and Kcal/kgPV^{0.75}) and energy loss in the form of urine as a percentage of gross/day), and the animals of the Guzerá breed presented higher values (36.10, 24.32, 20,71Mcal/day, 424.17, 285.73, 243,26 Kcal/kgPV^{0.75} and 1,49Mcal/day, respectively) in comparison to the Nelore animals (31.83, 21.23, 18.15Mcal/day, 377.82, 252.03, 215.42Kcal/kgPV^{0.75} and 1.11Mcal/day, respectively). Likewise, there was a difference

($P < 0.05$) relating to the production of methane with the intake of fiber in acid detergent and the consumption of digestible organic matter, neutral detergent fiber corrected for ash and protein, acid detergent fiber, hemicellulose and cellulose, and Guzerá animals showed lower values (81.99, 29.75, 85.42, 144.66, 179.65 and 161, 39g/kg, respectively) compared to Nellore (86.50, 31.70, 93.84, 154.95, 195.46 and 174.21g/kg, respectively). It was concluded that, although there was similarity in the performance, metabolizable, dietary relationship between EM/ED between the two races, the genetic factor in the *ad libitum* period influenced food and energy consumption, nitrogen balance, methane production per unit of product as well as the digestibility of the fibrous fractions of the food in both periods.

Keywords: calorimetry, female, bovine.

INTRODUÇÃO GERAL

O rebanho brasileiro de bovinos é composto por diversas raças puras e seus cruzamentos, cada uma com suas particularidades, encontrando-se bastante difundidas nos sistemas de produção por todo o país. Dentre as raças puras, destacam-se a raça Guzerá e a raça Nelore por apresentarem grande capacidade de adaptação à diversidade climática do país e apresentarem uma elevada produção de carne.

A atividade pecuária bovina, embora tenha permitido, no decorrer da última década, a permanência de muitas famílias no meio rural, tem vivenciado momentos de estagnação e de descapitalização acentuada dos proprietários. Grande dificuldade tem sido encontrada na utilização de técnicas que visam menor custo de produção assim como a maximização do uso da terra.

Embora apresente resultados bastante expressivos na produção de bovinos, passando de 176,4 para 212,3 milhões de cabeças de 2001 a 2014 (IBGE,2014), a atividade pecuária brasileira é em sua grande parte realizada no sistema extensivo, o que faz com que seus índices produtivos muitas vezes sejam baixos. Dessa forma o uso de tecnologias, dentre elas o uso do confinamento, para a intensificação do sistema de produção, pode vir a ser uma alternativa para melhorar consideravelmente os índices de produção.

O número de animais confinados no país de 2006 até 2014 passou de 2,3 milhões para 4,7 milhões de cabeças/ano (Anualpec, 2014). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o número de abates de bovinos sob inspeção federal, estadual ou municipal passou de 19,9 milhões de cabeças em 2002 para 33,9 milhões de cabeças em 2014 (IBGE, 2014).

Embora o crescimento na produção animal seja bastante significativo, deve-se atentar que o Brasil é um país com uma grande extensão territorial cuja produção de bovinos em sua maioria é em regime de pastagem, as quais apresentam, em determinados períodos, um baixo valor nutricional. Tal fato, quando aliado às baixas eficiências no aproveitamento das dietas fazem com que ocorram maiores perdas energéticas, pós fermentação ruminal, na forma de metano.

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) a produção de metano entérico por bovinos chega a contribuir em torno de 20% do total de gases de efeito estufa produzidos no mundo. Dessa forma um melhor aproveitamento das dietas pelos animais, além de melhorar a eficiência alimentar, contribui também para a diminuição na produção do gás metano por unidade de produto gerado.

Outro fator, também limitante, que atua como entrave no uso da tecnologia no sistema de produção animal é o conhecimento sobre a exigência nutricional dos animais, pois na maioria das vezes, ao se formularem dietas, são utilizadas informações encontradas nos diferentes comitês internacionais, os quais são provenientes de animais criados em condições totalmente diferentes das apresentadas no país e de outros tipos raciais.

No Brasil, encontra-se disponível a Tabela Brasileira de Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados (BR-CORTE) (Valadares Filho, 2010), no entanto, ainda há escassez de dados de exigências de várias raças zebuínas. O BR-CORTE tem como base na determinação das exigências nutricionais dos animais a metodologia do abate comparativo, técnica esta bastante difundida nos estudos de exigência pelo país. No entanto, outra metodologia que vem se difundindo para tais estudos é o uso da respirometria calorimétrica, lembrando-se que no uso desta técnica para determinação das exigências nutricionais, não é necessário o sacrifício dos animais, o que é uma grande vantagem.

A respirometria calorimétrica tem como principal objetivo a medição da produção de metano, do consumo de oxigênio, da produção de gás carbônico e predizer a produção de calor gerado pelo animal quando submetido a um determinado plano nutricional. Tais dados, quando agregados aos resultados gerados através de um ensaio de digestibilidade aparente com coleta total de fezes e urina, permitem o entendimento sobre a completa partição energética de alimentos nos animais.

Dessa forma, objetivou-se estudar o consumo, a digestibilidade, a produção de metano, a partição energética e o desempenho em fêmeas bovinas das raças Guzera e Nelore em fase de crescimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUARIO DA PECUÁRIA BRASILEIRA - ANUALPEC. FNP, *Informa Economics South America*, 21 ed. São Paulo, 2014. 360p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2014. *Censo Agropecuário 2013*. Disponível em:<<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/>>. Acesso em: 10/03/2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [EDENHOFER, O.; PICHS-MADRUGA, R.; SOKONA, Y. et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014, 1435p.

VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L. et al. *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados* – BR CORTE. 2.ed. Viçosa, MG, 2010. 193p.

CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1 - Classificação zoológica dos bovinos

Os zebuínos são mamíferos pertencentes a grande família dos bovídeos, composta de diversos gêneros. Linnaeus (1758), em sua celebre obra *Systema Naturae*, reuniu todos os bovídeos em um único gênero *Bos* dando-lhes denominações específicas.

O gênero *Bos*, de acordo com a sua origem e distribuição, pode ser dividido em dois grandes grupos sub-específicos. O primeiro é constituído pelo tipo setentrional ou taurino denominado *Bos taurus taurus*, representado pelos bovinos europeus que se caracterizam por terem chifres geralmente curtos, pele clara e pelos longos, geralmente disseminados pelas regiões de clima temperado. Já o segundo tipo é denominado *Bos taurus indicus* que vive nas regiões tropicais tendo como características mais importantes a pele pigmentada e bastante solta, barbela ampla, pêlos unidos, curtos e finos, chifres curtos ou longos, conhecido pela denominação zebu ou cebu nos países latinos e Brahman nos Estados Unidos (Santiago, 1985).

No Brasil, as raças zebuínas constituem cerca de 80% do rebanho sendo os outros 20% formado por raças europeias (ABCZ, 2016). No grupo das raças de corte, a raça Nelore tem papel fundamental e se constitui, por excelência, em grande e inestimável patrimônio genético para a bovinocultura como boa produtora de carne e com índices de desempenho econômicos notáveis (Restle e Vaz, 1999; Restle et al., 2003). Segundo Sainz et al. (2004), a raça Nelore tornou se a principal raça destinada a produção de carne, em virtude de sua adaptabilidade as condições de criação em ambientes tropicais (clima quente e úmido, presença de endo e ectoparasitas e padrão de oferta alimentar irregular). Já a raça Guzerá tem sido utilizada a mais de um século no Brasil para a produção de carne, leite ou um duplo propósito, no entanto, a seleção desta raça para características de carcaça e desempenho da produção foi realizada ao longo do século passado, embora nem sempre de forma metódica (Diniz et al., 2014).

Apesar do enfoque na produção de carne ter sido a tônica nos primórdios do zebu, a raça Guzerá, em particular, no Brasil, possui relatos de animais com produção leiteira elevada. Segundo Lobo et al. (2000), características como docilidade são as que mais contribuíram para a resposta genética no objetivo de seleção. Dessa forma, os esquemas de seleção incluindo características de leite são mais eficientes que os esquemas de corte. Esforços individuais de preservação e multiplicação de vacas superiores, identificadas na maior parte

das vezes através de controle leiteiro seletivo, foram feitos por vários criadores até os inícios dos anos 90 (Melo e Penna, 2000).

Pereira (2000) afirma que as raças zebuínas têm participação importante na composição e na produção do rebanho nacional. Entretanto, os índices de produtividade deste rebanho são menores que os de outros países produtores, o que comprova a necessidade de utilização de tecnologias apropriadas para o país. Portanto, determinar as exigências nutricionais desses animais permite gerar tecnologia de produção adequada às condições brasileiras, notadamente distintas daquelas de países de clima temperado (Marcondes et al., 2009).

2 - Introdução das raças zebuínas no Brasil

Segundo Santiago (1960) torna-se difícil indicar todas as raças e variedades zebuínas que entraram no Brasil. Este mesmo autor ainda afirma que com os elementos que dispomos no rebanho nacional possivelmente as raças introduzidas tenham sido provenientes da África: região do Nilo (1826), Costa Africana e Madagascar (1891), além dos Africander (1939) que vieram dos Estados Unidos, sendo o habitat natural o sul do continente africano, e as raças provenientes da Índia, ainda existentes: Guzerá (Krankrej), Nelore (Ongole), Gir, Sindi e desaparecidas tais como Misore, Malvi, Tharparkar, Mehwati e Hissar.

A criação do zebu no Brasil teve início na Província do Rio de Janeiro. Conquanto a história registre a entrada de alguns dos primeiros reprodutores asiáticos no norte do país, pelos portos do Recife e Bahia, entretanto apenas indivíduos isolados desembarcaram não chegando a dar origem a plantéis de suas raças. Sendo assim, o primeiro plantel foi estabelecido na fazenda Santa Cruz, nas proximidades do Rio de Janeiro (Santiago, 1972).

2.1 - A raça Guzerá

A história do Kankrej, ou Guzerá, encontra-se na origem da humanidade, tendo sido encontrados selos impressos em cerâmica e em terracota nos sítios arqueológicos de Mohenjo-Daro e Harappa, na Índia e Paquistão, e sua imagem em peças nas diversas nas regiões da antiga Assíria e Mesopotâmia. O museu de Bagdá, no Iraque, apresenta muitas peças e artefatos de ouro com a imagem do touro Guzerá, exatamente como ele é hoje. Tudo indica que o Kankrej era personagem importante nas pelejas, nos transportes e nas caçadas da antiga Mesopotâmia (ACGB,2014).

O habitat do Guzerá é a região pré-desértica de Kutch, em Gujarat, seqüenciado ao norte pelo deserto de Thar e pelo deserto de Sind. Olver (1938), Joshi e Phillips (1954) concordam que o Guzerá já estava no vale do Indo, quando as últimas tribos de arianos invadiram a Índia, por

volta de 1.500 a.C.

"Hoje, a efígie do Guzerá é distintivo do próprio Ministério de Agricultura da Índia e é apontada como sendo melhoradora das demais raças".

A introdução da raça Guzerá no Brasil se deu na década de 1870, na região de Cantagalo, pelo Dr. Elias Antônio de Moraes conhecido como 2º Barão de Duas Barras, que importou da Índia um dos primeiros reprodutores da raça (Santiago, 1972).

A raça Guzerá chegou a ter uma participação muito expressiva nos negócios de bovinos nacionais até meados de 1925, quando cruzamentos com outras raças zebuínas, como Nelore e Gir, para estabelecimento de outra raça (Indubrasil), tinha aumentado, porém na década de 40 houve uma drástica diminuição do plantel de animais puros. Entretanto, devido às suas aptidões para produção de carne, capacidade leiteira de algumas linhagens e o grande interesse de muitos criadores, a partir de 1996 houve uma nova retomada da raça, que hoje apresenta cerca de 348,671 mil registros de nascimento (ABCZ, 2014). Esse aumento considerável da quantidade de animais registrados colocou o Guzerá no quarto lugar entre as raças zebuínas em número de registros na ABCZ.

No Brasil, o Guzerá está espalhado por várias regiões, mas, é notória sua presença na região nordestina, onde foi a única raça que sobreviveu, produtivamente, durante os cinco anos consecutivos de seca (1978-1983), além de ter enfrentado também outras secas históricas (1945, 1952 etc). Também é muito criada no Rio de Janeiro - onde constituiu o primeiro núcleo de Zebu no país - em Minas Gerais, São Paulo e Goiás, e vem se expandindo para todas as regiões, com notáveis resultados (ACGB, 2014).

2.2 - A raça Nelore

A origem do Nelore vem da denominação de suas raças no gado indiano, a Ongole, animal comum na antiga Presidência de Madras, pertencente hoje ao atual Estado de Andra, situada na Costa Oriental, chamada de Coromandel, banhada pelo mar de Bengala (Santiago, 1960)

A história da raça, começa mil anos antes da era cristã, quando os arianos levaram os animais para o continente indiano. Por considerarem o bovino um animal sagrado a maior parte da população indiana é vegetariana e tem o leite como única fonte de proteína animal na dieta, neste sentido a exploração animal teve como objetivo a produção de leite e o transporte (ACNB, 2015).

A trajetória que transformou o Ongole indiano no Nelore brasileiro iniciou na primeira metade do século XIX, quando foram registrados os primeiros desembarques de zebuínos originados da Índia no Brasil. Em 1868, quando um navio ancorou na cidade de Salvador, um

casal de animais da raça teria sido comercializado e permanecera no país (Santiago, 1983).

Manoel Ubelhart Lembgruber teve contato com a raça Ongole durante uma visita ao zoológico de Hamburgo, na Alemanha, e acabou importando de um grupo de animais da raça Nelore, chefiados pelo touro *Hanomet* em outubro de 1878. Posteriormente, outras partidas oriundas diretamente da Índia aportaram ao Rio de Janeiro, expandindo-se posteriormente aos estados de São Paulo e Minas Gerais (Santiago, 1972).

As últimas e significativas importações de animais Nelore aconteceram entre os anos de 1960 e 1962, ocasião esta que vieram grandes genearcas tais como Kavardi, Golias, Rastã, Checukupadu, Godhavari, Padhu, Akasamu e Taj Mahal, que desembarcaram em Fernando de Noronha (ABCZ, 2015).

Segundo dados da ABCZ (2014) somente nos últimos 20 anos já foram registrados em nascimentos cerca de 8.779.804 milhões de animais da raça Nelore (variedades padrão e mocha), perfazendo 85,77% dos registros efetuados nas raças zebuínas no país.

A raça Nelore alcançou grande destaque no rebanho nacional devido a sua grande capacidade adaptativa ao ambiente tropical, tendo como características mais importantes: resistência a parasitas, resistência ao calor, vivacidade, facilidade de parto e touros com instinto de proteção de suas matrizes (ACNB, 2015). Tais características, atestam a importância da raça Nelore para o país, demonstrando que devem ser realizados trabalhos com a raça, que considerem as características de interesse econômico para a pecuária.

3 - Crescimento e desenvolvimento animal

De acordo com Brody (1945), o crescimento animal pode ser definido como o resultado do aumento do número de novas unidades bioquímicas pelo processo de divisão celular e pelo aumento no tamanho das células. Um conceito similar foi proposto por Hammond (1940) que define o crescimento como um processo que leva ao aumento de peso corporal até que o indivíduo alcance o tamanho adulto, processo esse ocasionado pela multiplicação celular (hiperplasia) e aumento no tamanho das células (hipertrofia), sendo representado pelo ganho de peso do animal. No entanto, este mesmo autor afirma que quando o crescimento muda a forma, a conformação corporal e as várias atividades e funções teciduais atingem a sua plenitude tal processo é definido como desenvolvimento.

Bultot et al. (2002) classificaram o crescimento como um fenômeno biológico complexo, que envolve as interações entre fatores hormonais, nutricionais, genéticos e de metabolismo. Enquanto que Sillence (2004) o definiu como o aumento do tamanho, decorrente de mudanças na capacidade funcional de vários órgãos e tecidos do animal, que ocorrem desde a concepção

até a maturidade. Contudo, Owens et al. (1993) consideraram o desenvolvimento como sendo o processo envolvido na forma e no aumento do volume das células para que os componentes corporais possam atingir sua plena funcionalidade.

Após o nascimento, o animal inicia um processo de crescimento seguindo uma curva sigmóide (Figura 1) que relaciona o peso vivo com a idade (Brody,1927). Segundo este mesmo autor essa curva sigmóide pode ser denominada como curva trifásica, com uma fase inicial de auto-aceleração, seguida de uma fase linear e finalmente uma fase de desaceleração que desaparece quando o animal atinge a maturidade. Já Lawrie (2005) considera que há uma fase inicial curta, quando o peso vivo aumenta pouco com o aumento da idade, seguida de uma fase de crescimento exponencial para, então, finalmente, vir uma fase em que a taxa de crescimento é muito baixa.

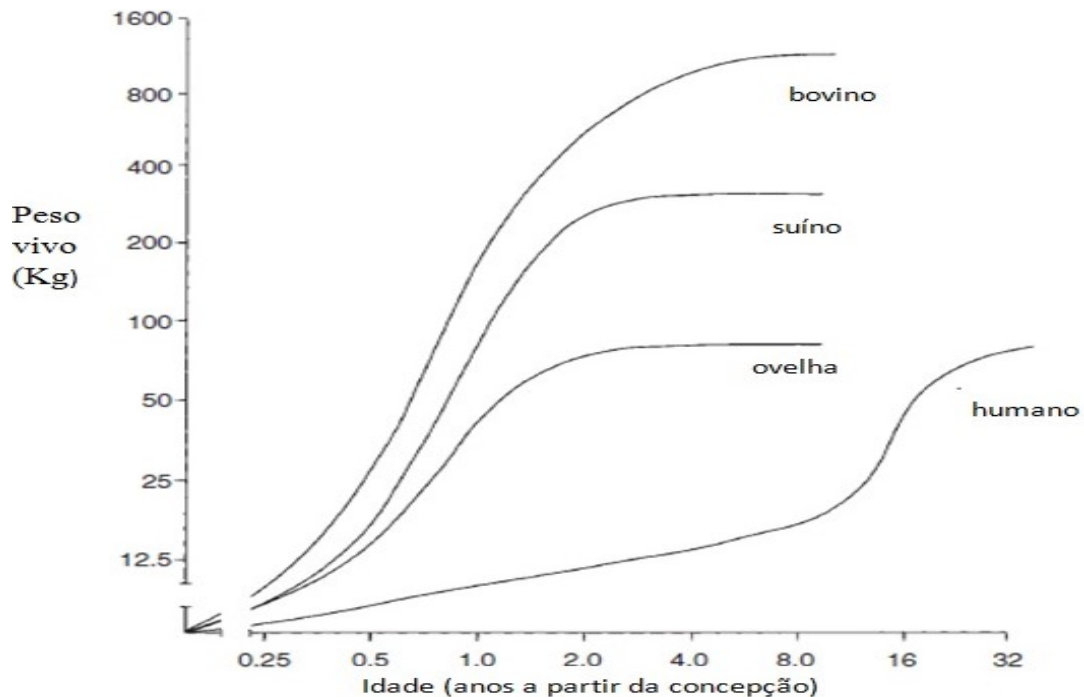


Figura 1. Relação entre o ganho de peso (kg) e a idade (anos após concepção) em várias espécies animais (Adaptado de Lawrence e Fowler, 2002)

Considerando o desenvolvimento tecidual do animal, a velocidade com que cada tecido é depositado é variável (Figura 2). O primeiro tecido depositado é o tecido nervoso, seguido pelo tecido ósseo, tecido muscular e posteriormente o tecido adiposo. É importante frisar ainda, que dentro de cada tecido, o desenvolvimento pode ser precoce, médio ou tardio, dependendo da localização no corpo, por meio de modificações na forma e composição

corporal de acordo com o amadurecimento do animal em resposta as atuais e futuras necessidades fisiológicas (Owens et al., 1993).

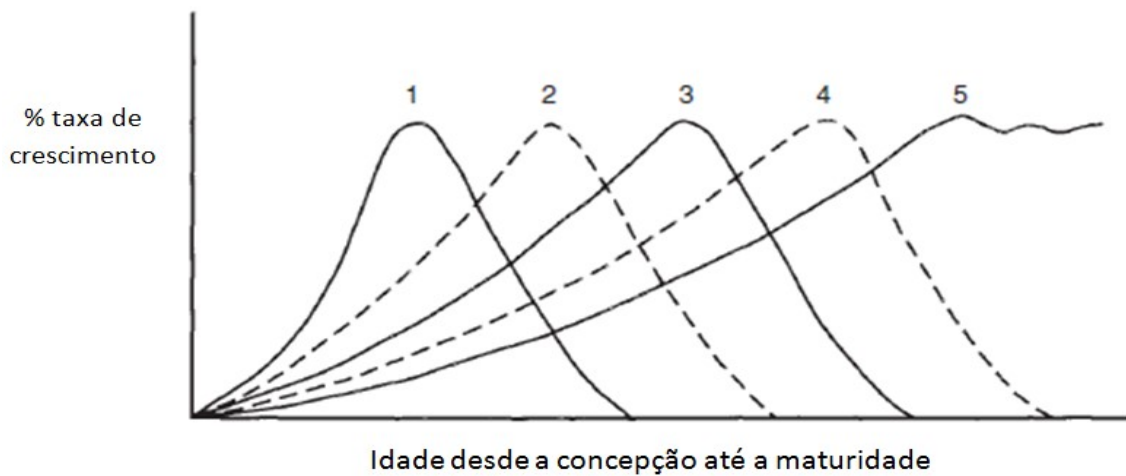


Figura 2. Ondas de crescimento nos animais: 1 = tecido nervoso; 2 = tecido ósseo; 3 = tecido muscular; 4 = tecido adiposo; 5 = ingestão diária de alimento (Adaptado de Pállson, 1955)

Quando os animais estão se desenvolvendo a onda de crescimento principal começa na cabeça e estende-se em direção ao tronco. Ondas secundárias começam nas extremidades dos membros em direção a parte superior sendo que todas essas ondas se encontram na junção do lombo, na altura da última costela, que é a última região a ser desenvolvida (Hammond, 1940).

A seqüência de desenvolvimento dos diferentes músculos reflete sua importância relativa no atendimento das necessidades do animal (Berg e Butterfield, 1975). Segundo Freitas et al. (2006), na fase compreendida entre o nascimento e a maturidade sexual, observa-se elevada velocidade de crescimento corporal com acúmulo de tecido muscular ativados pela liberação de hormônios proteicos de crescimento, apresenta inclinação crescente até o ponto que corresponde a puberdade. Já no período da puberdade os esteróides substituem os hormônios proteicos e intensifica-se a deposição do tecido adiposo, culminando em diminuição da intensidade do crescimento.

O crescimento líquido é a diferença entre a síntese e a degradação do tecido corporal (Owens, 1993). Desse modo, o animal aumenta de peso, cresce, quando a síntese dos tecidos excede a degradação dos mesmos, por meio do catabolismo, sendo que as respectivas taxas de síntese e degradação tecidual estão em função do balanço energético do animal (Di Marco, 1993).

O conhecimento e o controle do crescimento e do desenvolvimento dos ruminantes são tópicos de bastante interesse para os pesquisadores, pois o seu domínio permite que o manejo nutricional dos animais possa ser conduzido eficientemente (Webster et al., 1982), além de

permitir que programas de seleção animal sejam elaborados para as características de crescimento inerentes a cada raça (Fitzhugh, 1976).

Brody (1945), também explica o crescimento animal através de equações divididas de acordo com as fases de auto-aceleração e desaceleração sendo a fase de auto-aceleração expressa pela equação: $W = A \times e^{(kt)}$ em que, W = logaritmo natural do peso do animal no tempo t ; A = logaritmo natural de W quando $t = 0$ e K = a constante, que representa a taxa de crescimento relativa, ou, quando multiplicado por 100, a taxa de crescimento percentual; t = tempo em dias; e e é a base dos logaritmos naturais. Já a fase de desaceleração pode ser expressa pela equação: $W_2 - W = A (1 - e^{-k(t-t^*)})$ em que, W = peso do animal; A = peso assintótico (peso adulto); K = um índice de aceleração do decaimento ou da curva com o tempo; t = tempo em dias e e = base dos logaritmos naturais.

A partir destas, várias outras equações (Tabela 1) foram geradas sendo incluídas em cada uma suas próprias peculiaridades: equação de Von Bertalanffy (Bertalanffy, 1957), que considera fatores anabólicos e catabólicos, a equação de Richards (Richards, 1959 e 1970), que considera o peso inicial dos animais e o valor de peso constante expoente (n), equação de Gompertz (Laird, 1965), que considera na mesma equação a aceleração e a desaceleração da curva sigmóide proposta por Brody, equação Logística (Nelder, 1961) desenvolvida a partir da equação de Richards quando o valor de $n = -1$.

Os parâmetros das funções que descrevem o crescimento dos animais são utilizados em modelos atuais de simulação para estimar a composição corporal do animal em qualquer ponto do crescimento, bastando apenas as informações de crescimento e composição corporal inicial do animal (Keele et al., 1992; Williams et al., 1992), permitindo assim a predição das exigências de energia e proteína do animal.

Por intermédio dessas funções, podem-se selecionar animais que apresentam altas ou baixas taxas de crescimento relativo ao peso adulto (Tedeschi et al., 2000). Animais com maiores taxas de maturidade são mais precoces que animais que apresentam menores taxas de maturidade. Do ponto de vista de melhoramento, esse parâmetro é de fundamental importância (Brown et al., 1972; Fitzhugh, 1976), pois animais de maior crescimento relativo podem ser selecionados.

Tabela 1. Modelos equacionais, não lineares, para determinação do peso vivo durante o crescimento animal

Nome	Equação
Brody ¹	$PV = A (1 - b \times \exp^{-Kt})$
Brody modificada ²	$PV = A - (A - PN) \times \exp^{-kt}$
Von Bertalanffy ³	$PV = A (1 - b \times \exp^{-Kt})^3$
Richards ⁴	$PV = A (1 - b \times \exp^{-kt})^m$
Gompertz ⁵	$PV = A \times \exp^{(-b \times \exp(-kt))}$
Logística ⁶	$PV = A (1 + b \times \exp^{-Kt})^{-1}$

¹Brody(1945); ²Csiro(1990); ³Von Bertalanffy (1976); ⁴Richards(1959); ⁵Gompertz(1959) ou Laird(1965);

⁶Fitzhugh (1976) ou Nelder(1961); PN: peso ao nascer, A: peso adulto, b: coeficiente de integração de ajuste dos valores de peso inicial associado ao peso ao nascer, K: taxa de maturidade, t: tempo, m: coeficiente de inflexão da curva de crescimento

Fonte: Adaptado de Tedeschi (2000)

Os ajustes dos dados peso-idade de cada animal ou grupo de animais permitem obter informações descritivas da curva de crescimento do animal estudado e/ou informações de prognósticos futuros para animais do mesmo grupo racial sob a mesma situação ambiental. Portanto, a função de crescimento que é utilizada para descrever o crescimento do animal tanto para fins de exigência nutricional, como para seleção genética, é de extrema importância (Tedeschi et al., 2000).

Dois parâmetros da curva de crescimento, em particular, devem ser conhecidos: o peso adulto e a taxa de maturação ou taxa de precocidade.

O primeiro parâmetro que deve ser definido é o peso adulto, também denominado de peso maduro ou simplesmente pela letra A. Definir este parâmetro não é simples e existe controvérsia com relação à melhor metodologia para tanto. Segundo Taylor e Young (1968), peso adulto é o peso do animal quando este atinge 25% de gordura no corpo vazio e tem seu crescimento esquelético completo. Este conceito é utilizado pelo sistema australiano de cálculo das exigências nutricionais (CSIRO, 1991). O conceito é interessante especialmente quando se compara diferentes espécies animais, mas diversos trabalhos demonstram que bovinos com 25% de gordura ainda não completaram o crescimento ósseo e muscular (Reid et al, 1955; Fortin et al, 1980). Outra definição utiliza o peso no qual o animal atinge a máxima deposição de matéria desengordurada (soma de proteína, água e minerais), ou seja, quando o ganho de peso passa a ser composto exclusivamente por gordura (Fox e Black, 1984; Owens et al,1995). Ainda outros autores sugerem a utilização do peso das fêmeas adultas, corrigido para uma mesma condição corporal ou para mesma época do ano. Este último conceito utiliza um valor de peso que é geralmente mais fácil de ser determinado e é muito importante para o

estudo da eficiência dos rebanhos em diferentes sistemas de produção. O conceito sugerido por Fox e Black (1984) parece o mais lógico, porém requer a determinação ou estimativa da composição corporal dos animais, uma tarefa importante, mas extremamente trabalhosa e de alto custo (Lanna et al., 1995).

O outro parâmetro que também deve ser conhecido é a taxa de maturação, também conhecido nas equações de crescimento pela letra K. Naturalmente, a taxa de maturação pode ser grandemente alterada por modificações no manejo e, portanto, tem herdabilidade menor do que a observada para peso adulto. Definir um valor de taxa de maturação para um genótipo ou para uma determinada estratégia de manejo é muito difícil, especialmente quando se considera a existência de complexas interações de genótipo e ambiente. É interessante discutir o valor destes parâmetros nas curvas de crescimento de animais de diferentes padrões genéticos.

Em resumo, a seleção de animais a partir da taxa de ganho se traduz em pressão de seleção para aumento no peso adulto. Um fator complicador é a existência de correlação negativa entre peso adulto e taxa de maturação (Taylor e Young, 1968; Taylor, 1989; Tedeschi, 1996) ou seja, animais com elevados pesos adultos tendem a apresentar menores taxas de maturação. O crescimento é uma função primordial, pois apresenta relação direta com a quantidade e a qualidade da carne, produto final da exploração. Uma das formas de se avaliar o crescimento animal é por meio de curvas de crescimento (Silva et al., 2004).

O aumento da massa corporal de um animal ocorre em uma seqüência temporal: pré-natal, pós-natal até a desmama, desmama até a puberdade ou sobreano e, para animal de reprodução, da puberdade até a maturidade, proporcionando fases com velocidades de crescimento diferentes, ou seja, em cada fase, o animal apresenta taxa de crescimento característica (Gottschall, 1999).

Sob o ponto de vista econômico, a análise dessas taxas é de interesse de pesquisadores e produtores, pois seu emprego pode indicar quais as necessidades nutricionais e ambientais dos animais em cada fase de seu crescimento (Silva et al., 2004).

Desta forma, uma função para descrever o crescimento é considerada apropriada quando resume as informações dos pesos dos animais em um pequeno conjunto de parâmetros que podem ser interpretados biologicamente (López et al., 2000) e usados para derivar outras características relevantes do crescimento animal. Sendo interpretadas biologicamente, essas características podem ser utilizadas em programas de melhoramento buscando o aumento da eficiência econômica e biológica do rebanho. Alguns trabalhos sugerem que as variáveis da curva de crescimento são herdáveis em diferentes espécies, e isso torna possível a mudança na

forma da curva de crescimento através da seleção com base nessas características (Lambe et al., 2006).

3.1 - Nutrição e genética sobre crescimento e desenvolvimento animal

Segundo Lawrie (2005), os fatores que afetam o crescimento e o desenvolvimento dos animais podem ser agrupados em quatro diferentes categorias: genética, nutricional, ambiental e por manipulação externa.

A nutrição é sem dúvida o parâmetro de manejo que mais altera a idade do animal ao abate. Em outras palavras a precocidade, ou a taxa com que o animal se aproxima do seu peso adulto e de abate é muito sensível às alterações da mesma.

O maior determinante da baixa taxa de maturação de bovinos nas nossas condições é a estacionalidade de produção forrageira. A suplementação durante o primeiro ou o segundo período de seca, bem como a suplementação durante o aleitamento (“creep-feeding”) tem enorme influência sobre a taxa de maturação dos animais. Além de alterar a taxa de maturação, tratamentos nutricionais podem alterar o peso adulto. Entretanto modificações no peso adulto causadas por nutrição são de pequena magnitude.

Sabe-se que animais que passaram por restrição alimentar podem recuperar o mesmo peso em relação aos animais que não sofreram restrição alimentar, todavia, o mesmo peso será alcançado em idade mais avançada (Tedeschi et al., 2000). Esse efeito é chamado de crescimento ou ganho compensatório, podendo ser influenciado pela idade do animal, severidade e duração da restrição (Ryan, 1990). Segundo mesmo autor, quando ocorre restrição acentuada do nascimento até os 4 a 5 meses seguintes, o tamanho adulto do animal pode ser diminuído. De forma contrária, elevado consumo, principalmente à base de concentrado, também pode diminuir o tamanho adulto, devido principalmente ao efeito da “constância da composição corporal”, de forma que animais superalimentados atingem rapidamente a composição corporal adulta e “cessam” o seu crescimento normal, mesmo sem terem alcançado o seu tamanho adulto padrão (Owens et al., 1995).

O fornecimento de altos níveis de energia por períodos longos também pode reduzir o tamanho corporal adulto, mas este efeito é relativamente pequeno (Fortin et al, 1980; Anrique, 1976).

Experimentos conduzidos no Instituto de Zootecnia de São Paulo demonstraram que tourinhos Nelore alimentados desde a desmama até o abate com consumo de energia *ad libitum* tendem a apresentar maiores teores de gordura ao mesmo peso que animais com consumo restrito. Este efeito não foi observado nos animais que entraram no confinamento

com idade de 20 meses. Em outras palavras, a taxa de maturação do tecido adiposo em relação ao corpo vazio é aumentada quando o animal é severamente restrito ou com fornecimento de dietas com elevadas proporções de energia (Boin et al., 1994).

Além dos efeitos nutricionais, os efeitos genéticos parecem alterar de forma significativa o peso adulto dos animais sem modificar consideravelmente a sua taxa de maturação. Resultados que suportam essa relação foram discutidos por Perotto et al. (1997) com animais das raças Holandês, Gir e Guzerá. Fêmeas de reposição com altas taxas de maturidade (crescimento precoce) apresentam maior custo à mesma idade que animais com pesos adultos similares. Entretanto, quando comparadas ao mesmo peso, as fêmeas com altas taxas de maturidade possuem menores custos e, no geral, são mais eficientes energeticamente do que aquelas com menores taxas de maturidade (crescimento tardio), tanto no âmbito reprodutivo/crescimento quanto no econômico (Brown e Brown, 1972). Da mesma forma, fêmeas com mesma taxa de maturidade, porém com menor peso adulto, são mais eficientes economicamente.

Segundo Garnero et al. (2005), o aumento do peso vivo ao longo da vida do animal é fenômeno complexo e dependente do genótipo e dos efeitos ambientais que atuam ao longo do tempo.

Zebuínos em geral apresentam, em relação aos taurinos, menor velocidade de crescimento. Contudo, são poucos os trabalhos com pesos de todo o ciclo de vida dos zebuínos, desde o nascimento até a maturidade. A maioria dos estudos utilizaram dados de animais cujas pesagens foram interrompidas antes que a maturidade fosse atingida (Cortarelli et al., 1983; Santoro e Barbosa, 2001), portanto, não existe uma descrição global do crescimento e nem foi estabelecido o que pode ser considerado como padrão médio de crescimento para zebuínos. Em estudos sobre curva de crescimento, as pesagens são usadas para descrever a curva, e seus parâmetros são estimados com a finalidade de usá-los como critérios de seleção.

Em bovinos, a maioria das pesquisas são voltadas para as etapas iniciais do crescimento, limitando-se às medidas em idades-padrão como à desmama, ao ano e ao sobreano. Esse tipo de seleção geralmente resulta em aumento do peso dos animais adultos, que eleva os custos de manutenção das vacas no rebanho (Cartwright, 1970; Lanna e Packer, 1997) e conseqüentemente reduz as vantagens econômicas do aumento ao peso dos animais ao abate.

Segundo Fitzhugh (1976), a possibilidade de alterar geneticamente a curva de crescimento depende do grau de flexibilidade genética e da forma da curva, sugerindo a utilização de um índice que inclua as características de tamanho e maturidade. Entretanto, Oliveira et al. (2000) concluíram que seria difícil alterar a curva de crescimento na raça Guzerá por meio da seleção

praticada sobre os parâmetros da curva, uma vez que a taxa de maturação e o peso assintótico (peso adulto) apresentam correlações (genética, ambiental e fenotípica) altas e negativas. Existe variabilidade de recursos genéticos, tanto em zebuínos como em taurinos, que poderia atender às diferentes demandas dos sistemas de produção, das condições ambientais e dos recursos disponíveis, evidenciando que há um tamanho ótimo para cada necessidade (Stewart e Martin, 1983; Rosa et al., 2001; Arango e Van Vleck, 2002). Contudo, é necessário considerar as características de crescimento e maturidade derivadas do estudo de curvas de crescimento como informação adicional em programas de melhoramento genético (Kaps et al., 2000; Arango e Van Vleck, 2002).

Ribeiro et al. (2008), avaliaram o desempenho e as características da carcaça em bovinos castrados de três grupos genéticos, sendo Nelore puro, F1 Guzerá x Nelore e F1 Brahma x Nelore, com peso vivo inicial de 324,6, 320,1 e 343,2kg respectivamente, os quais foram mantidos em pastagem de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) com suplementação mineral a vontade. Os animais apresentaram peso final de 474, 469,7 e 498,8kg e ganho médio diário de 0,388, 0,386 e 0,409kg para Nelore puro, F1 Guzerá x Nelore e F1 Brahma x Nelore respectivamente. Os autores concluíram que o cruzamento F1 Nelore X Brahma resulta em animais mais pesados ao abate, ou seja, apresentam um maior crescimento animal. Embora, quando avaliada as características da carcaça os autores concluíram que o cruzamento de Brahma ou Guzerá com Nelore não melhora as características qualitativas da carcaça e da carne.

Gonçalves et al. (2011), avaliaram, através de modelos de crescimento, a taxa de maturação e o peso a maturidade de fêmeas de diferentes grupos genéticos sendo: Nelore, F1 Guzerá x Nelore, F1 Red Angus x Nelore, F1 Marchigiana x Nelore e F1 Simental x Nelore na região noroeste do estado do Paraná. Os animais permaneceram em regime de pastagem de braquiária (*Brachiaria humidicola* e *Brachiaria decumbens*), sendo que no inverno, receberam suplementação de forragem picada com capim elefante (*Penisetum purpureum*) e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e uréia adicionada a mistura mineral, além de pastejo direto em bancos de proteína de leucena (*Leucaena leucocephala*) e guandu (*Cajanus cajan*). Encontrou-se valores de peso a maturidade variando de 577,702 a 475,58kg para Nelore; 488,33 a 447,65kg para F1 Guzerá x Nelore; 679,68 a 514,23kg para F1 Red Angus x Nelore; 657,429 a 538,729kg para F1 Nelore x Marchigiana e 568,78 a 506,77kg para F1 Simental x Nelore. Os autores observaram que os animais do grupo genético F1 Nelore x Guzerá apresentaram uma maior taxa de maturação e menor peso adulto, sendo mais

precoces, enquanto que os animais do grupo genético F1 Red Angus x Nelore tiveram menor taxa de crescimento e maior peso adulto, ou seja, mais tardios.

3.2 - Evolução do peso adulto dos animais das raças Guzerá e Nelore

Segundo a ABCZ (2016), a evolução do peso do rebanho zebuino tem sido acompanhada desde 1991, levando-se em consideração o número de animais que são cadastrados para realizarem as provas de ganho, manejo nutricional, idade animal, entre outras características (Tabela 2).

Tabela 2. Evolução de peso, em kg, aos 450 dias do rebanho de zebuínos das raças Guzerá e Nelore nos anos de 1991 e 2012

Regime alimentar	Raça	
	Guzerá	Nelore
Ano de 1991		
Pastagem	238,03	243,66
Semi-confinamento	304,50	331,07
Confinamento	308,58	357,73
Ano de 2012		
Pastagem	260,74	273,03
Semi-confinamento	317,59	328,79
Confinamento	539,31	398,21

*Média de pesagens machos e fêmeas

Fonte: Adaptado da ABCZ (2016)

Dentre os programas de melhoramento criados pela ABCZ está o Programa de Melhoramento Genético de Zebuínos (PMGZ), que faz o controle do desenvolvimento ponderal das raças (Tabela 3), com o objetivo de estabelecer padrões de peso para cada idade dos animais. Neste programa as rações são formuladas para atender as exigências nutricionais dos animais para ganho diário de 1kg e são também avaliados o regime alimentar e o tipo de manejo (sanitário, ambiental e nutricional).

Para o regime de pastagem usa-se como volumoso capim braquiária ou capim colômbio (*Panicum maximum*) e suplementação mineral, quando necessário. Para o regime de semi-confinamento os animais recebem além da pastagem a suplementação com cana-de-açúcar ou capim elefante. Já no sistema de confinamento os animais recebem volumoso e um concentrado padrão cuja base de formulação tem como ingredientes farelo de soja ou farelo de algodão, fubá de milho e suplemento mineral.

Para o estabelecimento das avaliações os animais precisam estar com uma pesagem específica nas respectivas idades para poderem então entrarem no sistema. Também é feita avaliação de grupo de manejo, onde pode-se identificar lote de animais que receberam manejo (sanitário, nutricional, ambiental) diferentes.

Tabela 3. Peso ao nascer e pesos médios, em kg, em função dos dias e do plano nutricional de animais das raças Guzerá e Nelore

Raça	Sexo	PN	205 dias			365 dias			550 dias		
			R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Guzerá	M	32	187	220	257	244	326	412	315	444	550
	F	30	174	210	237	224	308	373	288	422	523
Nelore	M	32	192	216	264	251	312	391	327	423	557
	F	31	178	210	251	228	300	387	299	417	544

PN = peso ao nascer; M = macho; F = fêmea; R1 = regime alimentar pastagem; R2 = regime alimentar semi-confinamento; R3= regime alimentar confinamento

Fonte: Adaptado da ABCZ (2016)

4 - Energia: conceito, produção e unidades

A palavra energia tem origem grega (*en ergon*) e significa "em trabalho". O trabalho da célula é a sua atividade em si, através do transporte ativo de moléculas ou íons e da síntese de macromoléculas a partir de moléculas menores. A fonte de energia para este trabalho é a energia química armazenada nos alimentos. A energia de ligação entre os átomos ou moléculas representa uma fonte potencial de energia que é liberada quando a ligação é quebrada (Kleiber, 1972). Segundo mesmo autor qualquer forma de energia pode ser transformada em outra, mas esta transferência de energia não é necessariamente completa (Kleiber, 1972).

A energia não é considerada um nutriente, sendo liberada do alimento quando os constituintes orgânicos (carboidratos, proteínas e lipídeos) são oxidados (Resende et al., 2006). Algumas moléculas não são oxidadas, podendo ser reconstituídas em novas estruturas moleculares e incorporadas aos tecidos dos animais (Marchini et al., 2005).

Segundo Resende et al. (2006), a energia produzida pela oxidação fisiológica é utilizada pelo animal ou para a realização de trabalho (atividade muscular) ou para geração de calor (manutenção da temperatura corporal e para os processos metabólicos). Estes mesmos autores afirmam que vários nutrientes são requeridos para a realização dos diferentes fenômenos biológicos, entretanto a energia é usualmente escolhida para ser a base das exigências nutricionais, sendo os nutrientes expressos em relação a ela. Isso ocorre porque a vida, por si,

é um processo consumidor de energia, e os carboidratos, proteínas e lipídeos dos alimentos atuam como combustíveis para os processos vitais dos seres vivos, e cada um desses nutrientes é considerado pelo seu potencial em produzir energia na combustão.

Com o desenvolvimento da bomba calorimétrica adiabática, por Berthelot (1827-1907), foi possível a determinação precisa da quantidade total de energia de diferentes amostras como alimentos, fezes e urina (Johnson et al., 2003). A partir dos resultados obtidos com a bomba calorimétrica foi observado que cada nutriente de um alimento possui uma capacidade diferente de produção de energia (glicose: 3,73 Mcal/kg; amido: 4,18 Mcal/kg; celulose: 4,18 Mcal/kg; óleo vegetal: 9,30 Mcal/kg; proteína: 5,64 Mcal/kg).

A unidade de mensuração da energia pode ser o Joule, o qual é o produto de uma força de um Newton em um metro, sendo que a força de um Newton é o produto de uma massa de um quilograma com a aceleração de um metro por segundo ao quadrado. Já a unidade mais antiga utilizada para quantificar o calor é a caloria, a qual está relacionada com o joule pela expressão, onde: 1 caloria = 4,184 joules (ARC, 1980). Esta, segundo Kleiber (1972), é igual ao calor necessário para elevar a temperatura de um grama de água de 14,5°C a 15,5°C.

O joule é empregado em muitos países, o qual vem substituindo a caloria (CSIRO, 2007). Segundo Marcondes et al. (2010), muitos sistemas europeus já adotam o joule como unidade padrão, entretanto nos Estados Unidos e América Latina, a unidade caloria é mais utilizada.

O joule passou a ser utilizado como unidade para expressar energia após 1889, quando morreu o cientista James Prescott Joule, sendo uma homenagem a um dos que mais ajudaram a estabelecer o princípio da conservação da energia (Resende et al., 2006).

Muitos dos requisitos de energia de animais são expressos em termos de energia por unidade de tempo; a necessidade de manutenção de um novilho pode, por exemplo, ser expressa como a 50 MJ/dia (ARC, 1980).

4.1 - Partição da energia em ruminantes

Para garantir uma produção animal mais eficiente foi necessário desenvolver sistemas de avaliação nutricional que conseguissem explicar a capacidade de um determinado alimento em prover uma resposta produtiva no animal. O sistema deveria ser capaz de apresentar o fracionamento da energia, buscando descrever a utilização, as perdas e as eficiências energéticas do animal para os diferentes alimentos, dietas, níveis de consumo e produção (Kleiber, 1972).

Uma série de novos sistemas de alimentação para ruminantes têm sido propostos desde 1962, quando o sistema de energia metabolizável foi proposto pelo Agricultural Research Council

(ARC). Eles incluem o sistema de energia líquida californiano (Lofgreen e Garrett 1968), o sistema de energia líquida da Alemanha Oriental (Schiemann et al., 1971), o sistema de energia líquida de Flatt et al. (1968 e 1972) e as modificações propostas pelo Ministério da Agricultura, Pesca e Alimentação (1972, 1975) para o sistema ARC (ARC, 1980).

De acordo com o CSIRO (2007) a partição energética em ruminantes ocorre da seguinte maneira: energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL) (Figura 3).

A energia gerada pela combustão completa dos compostos orgânicos em uma bomba calorimétrica é denominada energia bruta (BR-CORTE, 2010). Apesar da EB poder ser medida de uma forma relativamente simples, a variabilidade na digestibilidade e no metabolismo entre alimentos exclui o seu uso para a formulação de rações ou comparação entre alimentos (Resende et al., 2006). Segundo os mesmos autores nem todos os constituintes do alimento serão utilizados pelo animal sendo que a primeira evidência disso é a produção de fezes. Desta forma eliminando-se da energia bruta a energia perdida na forma de fezes obtêm-se a energia aparentemente digestível (ED). A palavra aparentemente significa que a matéria fecal não é constituída unicamente de material indigestível, mas que contém também substâncias que já fizeram parte do animal, como células de descamação das paredes do trato gastrintestinal e o resíduo de secreções (Resende et al., 2006).

A determinação da ED representa um avanço na avaliação dos alimentos, porque reflete a digestibilidade da dieta e pode ser mensurada com relativa facilidade, no entanto, esta não considera diversas perdas importantes de energia associada à digestão e ao metabolismo dos alimentos. Deste modo, a ED tende a superestimar o valor de alimentos fibrosos, tais como feno ou palhadas em relação aos alimentos com baixo teor de fibras e de maior digestibilidade, como os grãos. Os nutrientes digestíveis totais (NDT) são semelhantes a ED, incluindo adicionalmente uma correção para o extrato etéreo (EE) digestível. O NDT não tem quaisquer vantagens ou desvantagens em relação a ED como a unidade para descrever valores energéticos do alimento ou de expressar as necessidades energéticas do animal, podendo-se fazer a conversão direta pela equação: $1 \text{ kg NDT} = 4,409 \text{ Mcal ED}$ (National...1996).

Entretanto, parte da energia aparentemente absorvida pelo animal é perdida na forma de gases, cuja composição depende da ecologia ruminal e do balanço da fermentação, proveniente da fermentação dos alimentos pelos microrganismos ruminais. Pode-se afirmar que esses compostos são principalmente dióxido de carbono e metano e pequenas quantidades de hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, monóxido de carbono etc. Outra parte da energia aparentemente absorvida é perdida na urina, incluindo a energia dos compostos absorvidos e

não utilizados, os produtos finais dos processos metabólicos e os produtos finais de origem endógena (Resende et al., 2006).

A partir da energia digestível, descontando a energia perdida na forma de urina e na forma de gases (CH_4) se chega ao valor de energia metabolizável. Segundo CSIRO (2007) a energia disponível, a partir dos nutrientes absorvidos, é definida como energia metabolizável, a qual é utilizada pelos tecidos com uma eficiência, K , menor que 1,0, resultando em produção de calor (PC) que, expressa como uma proporção de energia metabolizável, tem-se $(1,0 - K)$. É geralmente aceito que em média a energia metabolizável de manutenção seja igual ao valor de 0,82 multiplicado pelo valor de energia digestível de manutenção. Esta relação implica que as perdas de energia na urina e metano representam 18% da ED. Existe considerável desvio do valor médio de 0,82 entre alimentos e segundo o AFRC (1993) a uma ampla variação de 0,81 a 0,86.

De acordo com Resende et al. (2006), a EM pode ser utilizada pelo animal para a produção de calor, sendo sua perda nesta forma o resultado de uma variedade de funções, incluindo o metabolismo basal, atividades, digestão e absorção, fermentação, formação de produtos metabólicos, regulação térmica, formação e excreção de resíduos. Lembrando-se que o aumento da produção de calor decorrente do consumo de um alimento é chamado de incremento calórico (IC).

Desta forma, o incremento calórico (IC), de maneira geral, é considerado o aumento na produção de calor seguido do consumo de alimento por um animal em temperatura termoneutra (Resende et al., 2006). Segundo os mesmos autores fazem parte deste o calor de fermentação, a energia gasta nos processos digestivos, o calor produzido como o resultado do metabolismo dos nutrientes e a energia gasta na formação e excreção de metabólitos.

A mensuração da produção de calor de um organismo é possível devido às leis que regem a termodinâmica, conforme Lavoisier: “a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada; e a quantidade de energia liberada ou absorvida em um sistema não depende dos caminhos transcorridos durante sua transformação, mas apenas da energia contida nos reagentes e nos produtos finais” (Lavoisier, 1780). Em toda atividade que o animal realiza é transferida energia para o meio ambiente como forma de calor, sendo coerente com a primeira lei da termodinâmica - onde a energia não pode ser criada ou destruída, e sim ser trocada entre organismo e meio ambiente (Fox et al., 2004; Marchini et al., 2005).

Ao longo do processo de digestão e metabolização, parte significativa da energia é perdida nas fezes, na urina, ou na forma de gases decorrentes do processo de fermentação (CH_4) (Tedeschi et al., 2010). Da energia restante, parte é utilizada pelo animal para manutenção da

sua homeostase ou gasta nos processos de digestão e absorção, e parte é recuperada sob a forma de produto animal (Ferrel e Oltjen, 2008).

Desta forma descontando-se da energia metabolizável a produção de calor proveniente dos processos fisiológicos do animal obtêm-se a energia líquida, sendo esta dividida em função das necessidades do animal para a manutenção ou produção. Segundo Marcondes et al. (2010), a energia líquida é definida como a quantidade de energia disponível para os processos de manutenção e para os fins produtivos, sendo subdividida, em função de diferenças na eficiência energética, em energia líquida de manutenção (EL_m) e energia líquida de produção (EL_p).

O ganho líquido de energia do animal ou o seu balanço de energia (BE) é o resultado da subtração da produção de calor no valor de EM, portanto, $BE = EM - PC$. O balanço energético pode ser negativo. Esta situação ocorre quando a ingestão de EM do animal fornece menos energia do que ele necessita para manter a homeotermia e os processos vitais do seu corpo (CSIRO, 2007). Segundo os mesmos autores a energia de manutenção é definida como $BE = 0$, quando o ganho ou perda de energia a partir de tecidos, como um todo, é nulo. Por conseguinte, quando $BE = 0$, o consumo de EM do animal é exatamente igual a sua produção de calor ($EM = PC$).

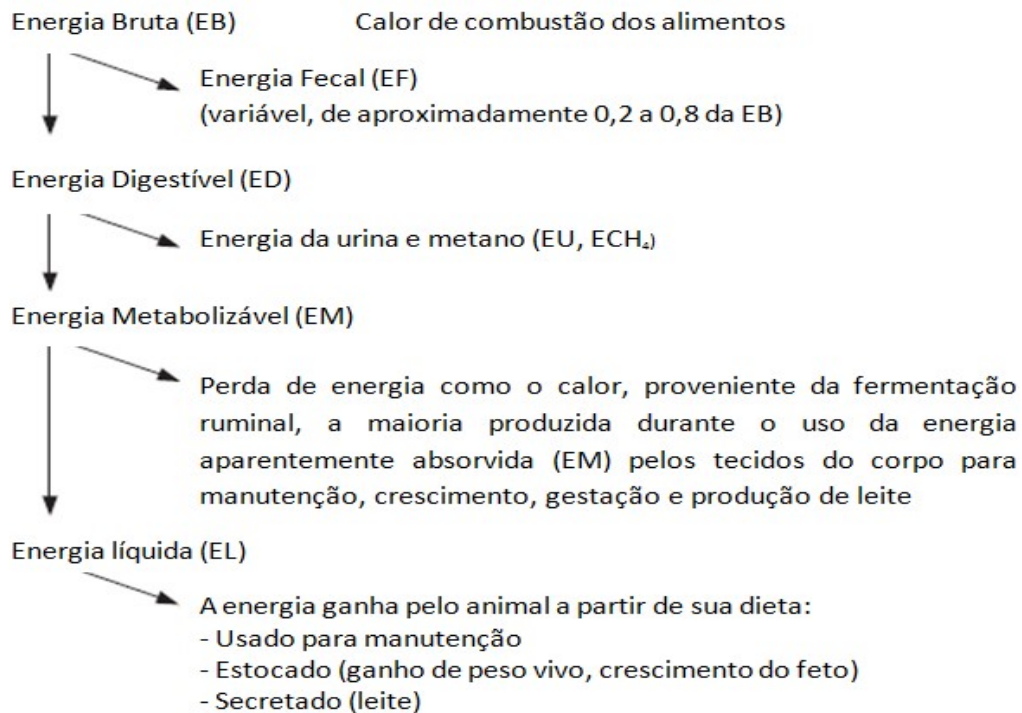


Figura 3. Partição energética do alimento no animal (Adaptado do CSIRO, 2007)

4.2 Metano: molécula, formação e energética

O metano, também conhecido como gás do pântano, é um gás incolor, inodoro, altamente inflamável e poluente, estável, praticamente insolúvel em água e solúvel em solventes orgânicos (álcoois, benzenos, ésteres e gasolina). Sua molécula é representada quimicamente pela fórmula CH_4 sendo esta tetraédrica, apolar tratando-se do composto mais simples e abundante do grupo dos hidrocarbonetos (Carvalho, 1997).

No metabolismo aeróbico de células vivas, os elétrons em excesso e o H_2 podem combinar-se com O_2 para formar a água, mas esta reação não é possível em ambientes anaeróbicos. Sendo assim, os microrganismos anaeróbios tais como bactérias ruminais, protozoários e fungos fermentam os componentes alimentares da matéria orgânica (amido, polissacarídeos da parede celular, proteínas e outros materiais) e produzem ao final os ácidos graxos voláteis, o CO_2 , o H_2 e o CH_4 . Esta fermentação também ocorre no ceco e no cólon de ruminantes, mas a quantidade de matéria orgânica fermentada é geralmente muito menor do que no rúmen (Cottle et al., 2011).

As reações de fermentação utilizam a coenzima NAD^+ para oxidar os hidratos de carbono dietéticos formando NADH/H^+ partir de NAD^+ . O H_2 é gerado quando os prótons associados com o NADH/H^+ são reduzidos pela ação de hidrogenases dos sistemas oxido-redutase ferredoxina microbianas. O H_2 difunde-se para fora dos microrganismos e é utilizado quer por outros microrganismos, ou se acumula no espaço coletor de gás do rúmen. Nas fases finais da fermentação, o H_2 é utilizado como agente redutor e o NAD^+ é regenerado. Em particular, microrganismos metanogênicos oxidam o H_2 (teor de energia 143 MJ/kg) para reduzir o CO_2 em CH_4 (teor energético, 55 MJ/kg), ganhando assim energia para o seu crescimento (McAllister e Newbold, 2008). Segundo os mesmos autores esta remoção de H_2 é extremamente importante porque, com o acúmulo de H_2 , a re-oxidação de NADH a NAD^+ é prejudicada, o que resulta em inibição da degradação de hidratos de carbono, da produção de trifosfato de adenosina (ATP) e do crescimento microbiano, ou seja, sem este processo, o acúmulo de H_2 no rúmen poderia levar à inibição da atividade da enzima desidrogenase, e assim a redução da taxa de degradação ruminal. Seguindo esta mesma linha de raciocínio Moss et al. (2000), afirmaram que a produção de metano pelos ruminantes é uma das formas de remover o hidrogênio originado da fermentação dos alimentos que se não fosse removido afetaria negativamente a fermentação ruminal.

Um número muito restrito de substratos (Tabela 4) é utilizado para o processo de formação de metano (metanogênese), tais como H_2 , CO_2 , formato, acetato, metanol e mono, di ou trimetilamina (Berchielli et al., 2006).

Tabela 4. Substratos utilizados para a metanogênese

Substratos	Equações
H ₂ e CO ₂	$4 \text{ H}_2 + \text{CO}_2 \Rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$
Formato	$4 \text{ HCO}_2\text{H} \Rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$
Metanol	$4 \text{ CH}_3\text{OH} \Rightarrow 3 \text{ CH}_4 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
Metanol e H ₂	$\text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2 \Rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$
Metilamina	$4 \text{ CH}_3\text{NH}_2\text{Cl} + 2 \text{ H}_2\text{O} \Rightarrow 3 \text{ CH}_4 + \text{CO}_2 + 4 \text{ NH}_4\text{Cl}$
Dimetilamina	$2 (\text{CH}_3)_2\text{NHCl} + 2 \text{ H}_2\text{O} \Rightarrow 3 \text{ CH}_4 + \text{CO}_2 + 4 \text{ NH}_4\text{Cl}$
Trimetilamina	$4 (\text{CH}_3)_3\text{NHCl} + 6 \text{ H}_2\text{O} \Rightarrow 9 \text{ CH}_4 + 3 \text{ CO}_2 + 4 \text{ NH}_4\text{Cl}$
Acetato	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H} \Rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$

Fonte: Adaptada de Wolim et al. (1997)

O principal precursor do metano no rúmen parece ser o formato, através da produção de CO₂ e H₂ na presença ATP e coenzima-A, síntese esta estimulada por ferredoxina. Desta forma, a reação final envolve a clivagem redutiva de metil-cobalamina, para formar metano e cobalamina (Berchielli et al., 2006).

As opções para reduzir produção de metano incluem inibição de reações produtoras de H₂, promoção de reações alternativas que aceitam H⁺ (Hegarty, 1999b). Segundo Cottle et al. (2011), algumas reações utilizando o H₂ que podem potencialmente remover o H₂ e fornecimento NAD⁺.

Em animais herbívoros o gás metano é produzido pela fermentação bacteriana da celulose e expelido através da boca. A formação de metano usa a energia que seria de outra forma perdida por animais ruminantes na forma de calor. Conseqüentemente, a produção de metano deve ser levada em consideração também quando avaliada o balanço energético total.

A combustão do metano pode ser representada como: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 88 \text{ KJ}$. Desta forma a energia dissipada na forma de calor é de 39,4 KJ (9,41 kcal) por litro de metano, ou de 19,7 KJ (4,7kcal) por litro de oxigênio (McLean, 1987).

O metano produzido no rúmen está diretamente relacionado com a eficiência da fermentação e a conseqüente perda de energia, de modo que esta pode ser responsável por uma perda de energia bruta do alimento de cerca de 2 a 12%, dependendo da dieta (Hook et al., 2010). Já Johnson et al., (1993b) através de medições realizadas em câmara respirométrica, também mostraram que as perdas de metano podem variar de cerca de 2 a 12% da ingestão de energia bruta.

Geralmente, com o aumento da digestibilidade da dieta, a variabilidade na perda de metano também aumenta. Há dois mecanismos principais que causam esta variação na produção de metano. A primeira é a quantidade de hidratos de carbono alimentar fermentado no rumem-

retículo. Este mecanismo tem muitas interações, sendo que a dieta dos animais afeta o equilíbrio entre as taxas de fermentação dos carboidratos e a passagem da digesta. Um segundo mecanismo regula a disposição do fornecimento de hidrogênio e a posterior produção de metano através da relação de ácidos graxos produzidos, principalmente, quanto a fração de ácido propiônico que é produzido em relação ao ácido acético, a qual tem um grande impacto sobre a produção de metano (Johnson e Johnson, 2014). Segundo Wolin e Miller (1988), se a relação acético:propiônico é 0,5, a perda de energia durante a fermentação do substrato como metano seria de 0%, no entanto, se todos os hidratos de carbono fermentados formam apenas ácido acético a perda de energia na forma de metano seria de 33%.

A produção de metano é influenciada pela qualidade da forragem, especificamente pela sua digestibilidade como observado por Blaxter e Clapperton (1965), os quais afirmaram que o aumento da ingestão de forrageiras preservadas de má qualidade, menos digeríveis tem pouco efeito sobre a produção de metano quando expressos em relação a ingestão de matéria seca, corroborando com o trabalho de Johnson e Johnson em 1995. Entretanto em dietas com maior digestibilidade ocorre o aumento da ingestão de matéria seca, o que deprime a quantidade de CH₄ produzida por unidade de alimento consumido (Hammond et al., 2009; 2013a), assim como deprime o metano produzido por unidade de produto, devido a diluição da energia de manutenção. O aumento da proporção de concentrado na dieta também irá deprimir as emissões de metano por unidade de alimento consumido e unidade de produtos o que tem sido demonstrado por Flatt et al. (1969), Tyrrell e Moe (1972), Ferris et al. (1999) e Yan et al. (2000).

A estequiometria da fermentação no rúmen dita que mais hidrogênio, e, conseqüentemente, metano, será produzido com a fermentação da fibra em comparação com a fermentação do amido, neste último caso equivalentes redutores são utilizados para a síntese de propionato (Wolin, 1960).

A pesquisa desenvolvida no Brasil normalmente tem como alvo a digestibilidade dos alimentos ingeridos, favorecendo a ingestão de alimentos, ganho de peso e diluição de emissões por unidade de produto, resultando em um fator de emissão médio de 57kg de metano/cabeça por ano (Berndt e Tomkins (2013).

De acordo com o IPCC (2006), os valores padrão fornecidos para a América Latina são de 63kg de metano/cabeça por ano para vacas leiteiras e 56kg de metano/cabeça por ano para outras categorias, valores muito próximos aos encontrados nas pesquisas brasileiras. Por outro lado, a interferência direta no rúmen para reduzir a produção de H₂, para fornecer vias

alternativas para o H_2 concomitantemente a redução das populações de bactérias metanogênicas, gerou um fator de emissão médio de 37,7kg de metano/cabeça por ano, um valor 34,8% mais baixo do que a média dos animais em pastagens melhoradas e recebendo suplementação (57,0kg de metano/cabeça por ano). Estes resultados indicam que existe uma vasta gama de estratégias em potencial para mitigação de metano, sob condições de produção, no Brasil (Berndt e Tomkins, 2013).

4.2.1 Medição de metano em ruminantes

Atualmente, a preocupação com o aquecimento global tornou o metano, de forma direta, o foco das pesquisas, as quais objetivam mitigar as emissões dos gases responsáveis pelo efeito estufa (Chaves et al., 2006; Chung et al., 2012). A determinação das emissões de metano por ruminantes foi muito realizada na década de 1950 e 60, com o propósito de entender melhor o metabolismo energético dos animais em manutenção e crescimento (Blaxter, 1964; Blaxter e Clapperton, 1965).

As duas principais técnicas utilizadas para determinar as emissões de metano por ruminantes se baseiam no confinamento dos animais ou na utilização de marcadores.

Câmaras respirométricas são muitas vezes reconhecidas como o padrão de ouro para medição das emissões de metano dos animais individuais (Grainger et al., 2007; Williams et al., 2013). Isto é, creditado a precisão das câmaras respirométricas, no entanto, o seu estabelecimento e os custos de funcionamento e à complexidade do seu funcionamento em geral limita a sua disponibilidade e, conseqüentemente, o rendimento é limitado a um pequeno número de animais. Apesar da precisão reconhecida das câmaras respirométricas, erros substanciais na medição de metano podem ocorrer se os procedimentos de calibração adequados não são rotineiramente seguidos (Gardiner et al., 2015). Grainger (2006), afirma também que para a predição correta da produção diária de metano dos animais em câmara respirométrica, cuidado especial também deve ser dado ao tempo de mensuração uma vez que a taxa de produção desse gás varia ao longo do dia.

Segundo Blaxter e Clapperton (1965), a maioria das estimativas da produção de metano por ruminantes é baseada em modelos obtidos a partir de mensurações de animais confinados em câmaras respirométricas. No entanto, Rodrigues et al. (2007), afirmam que devido a enorme variação existente entre diferentes locais do mundo, a aplicabilidade das equações é limitada, sendo necessárias mais pesquisas nesta área. Estes mesmos autores também afirmam que a metodologia mais comumente utilizada para medir a concentração de gás metano é através de

cromatografia gasosa com detector de ionização de chama ou por analisadores que utilizam sistemas de infravermelho.

Das diferentes técnicas que se baseiam na utilização de marcadores as principais utilizam a infusão de gás CH_4 com carbono ou hidrogênio marcados no rúmen de animais canulados ou o gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF_6) (Hegarty et al., 2007). Entretanto, na dificuldade de se conseguir uma boa mistura do metano marcado no pool de metano do rúmen, devido à baixa solubilidade e alta difusão do metano, que limita a técnica de marcador (Hegarty et al., 2007).

Segundo Johnson et al. (1994), a maioria dos trabalhos utilizam o gás traçador SF_6 . Esta técnica possui custo relativamente baixo, quando comparado com as técnicas de confinamento, além de permitir a determinação da emissão de metano de um grande número de animais, sendo muito utilizada principalmente nos trabalhos em que os animais são mantidos em pastos (Vlaming et al., 2007; Mcnaughton et al., 2005; O'Neill et al., 2012).

Nesta técnica um dispositivo de liberação lenta e conhecida do gás SF_6 é colocado dentro do rúmen e amostras do ar expirado pelos animais são coletadas. A relação do metano e do hexafluoreto de enxofre nas amostras do ar expirado é determinada por cromatografia e então sua emissão é calculada (Ulyatt et al., 1999). Porém, a maior limitação desta técnica é a determinação precisa da ingestão de matéria seca quando os animais são mantidos a pasto.

As emissões de metano em bovinos também podem ser determinadas pelo sistema GreenFeed, patenteado por Zimmerman em 2011. Velazco et al. (2014) compararam as emissões de metano pelo sistema GreenFeed em animais Angus em confinamento alimentados com dietas suplementadas com nitrato ou ureia. Eles relataram que novilhos alimentados com nitrato consomem mais refeições por dia, o que resulta num intervalo de tempo mais curto durante o consumo de uma refeição. Os autores concluíram que há uma necessidade de cautela na extrapolação das taxas de emissão diária de metano, medidas em curto prazo, através do sistema GreenFeed.

Esta necessidade de cautela quando se emprega tal sistema também foi recentemente observada por Hammond et al. (2015), que conduziram dois experimentos em que novilhas Holandesas foram alimentadas com dietas diferentes, e um experimento em que novilhas rotativamente pastavam pastos de azevém, trevo ou flores. Eles descobriram que as emissões de metano, conforme medido pelo sistema GreenFeed não foram concordantes com as emissões mensuradas em câmara respirométrica, cujos valores foram semelhantes aqueles obtidos pela técnica SF_6 .

Hammond et al. (2015) concluíram que a utilização do sistema GreenFeed foi incapaz de detectar a significância do tratamento e as diferenças individuais dos animais nas emissões de metano, quando comparada as técnicas de câmara respirométrica e do SF₆, em partes, devido ao número limitado e tempo das medidas obtidas. Desta forma, antes que o sistema GreenFeed seja usado em pesquisa aplicada, a investigação adicional é necessária para determinar os protocolos de operação apropriados e sua precisão deve ser validada contra medições feitas pelo método da câmara respirométrica (Moate et al., 2015).

Em uma análise das emissões de CH₄ a partir de ovinos alimentados com azevém fresco com composição variável, 196 registros com base em SF₆ e 161 em câmaras respirométricas, mostrou um rendimento na produção de metano semelhante (g/kg de matéria seca ingerida), mas maior com SF₆ ($23,4 \pm 5,73$) do que nas câmaras ($23,1 \pm 2,89$), sendo que apenas 20% da variação das medições em câmara foram associadas com a variação da composição química da ração e 80% da variação na produção de metano foi explicado pelo consumo. Já na técnica do SF₆ apenas 51% da variação foi explicada pelo consumo (Hristov et al., 2014).

4.3 Unidade de tamanho metabólico

O tamanho metabólico (UTM) é uma unidade que permite comparação de taxas metabólicas entre animais de diferentes tamanhos corporais, uma vez que a UTM é relativa à área de superfície corporal. A área de superfície de dois corpos de forma e densidade similares, mas de diferentes tamanhos, são proporcionais a $3/4$ de seus pesos. Conseqüentemente, taxas metabólicas seriam proporcionais ao peso elevado a 0,75 ($PV^{0,75}$). Entretanto, quando os valores de energia para manutenção são comparados entre animais de diferentes pesos, porém da mesma espécie, o expoente pode ser menor que 0,75, sendo muitas vezes utilizado o expoente 0,67, o que representa uma área de superfície de $2/3$ do seu peso (Resende et al., 2006).

No passado, o metabolismo basal foi relacionado com a área de superfície corporal, considerando esta proporcional ao $PV^{0,67}$ (Blaxter 1989;. Berman, 2003). Esta relação entre a área de superfície corporal e o peso corporal é controversa (Berman, 2003), sendo ainda utilizado apenas pelo AFRC (1993) nos sistemas de alimentação para bovinos. Por esta razão, a maioria dos sistemas de alimentação expressam a energia do calor e energia metabolizável de manutenção em função da $PV^{0,75}$ (Cannas et al., 2010).

4.4 Metabolismo basal, manutenção e produção de calor

O custo energético com a manutenção representa a maior (entre 60% e 80%) e mais variável parte dos custos energéticos totais em rebanhos ruminantes (Ferrell e Jenkins, 1985; Cannas et

al., 2008). Por esta razão as exigências de energia e, em particular, as necessidades energéticas de manutenção tem sido um dos principais objetivos da pesquisa em nutrição animal, cujos trabalhos iniciaram-se a mais de 200 anos, com Lavoisier e nos experimentos de La Place (Cannas et al., 2010).

O National...(1981) define como metabolismo basal o mínimo de atividades necessárias para apoiar os processos vitais em um animal saudável em jejum pós-absortivo (48 a 144 horas após a última refeição) em estado de repouso e mantidos em um ambiente de termoneutralidade. Já Lawrence e Fowler (1997) definem o metabolismo basal como a mínima produção de calor obtida com o animal em jejum, mantido em ambiente termoneuro, com um mínimo de atividade. Cannas et al. (2010), o define como metabolismo de jejum, metabolismo mínimo, metabolismo pós-absortivo ou taxa metabólica basal.

Resende et al. (2006) afirmam que o conceito nutricional de manutenção não é o mesmo que metabolismo basal, porque na manutenção o animal está comendo e não está em jejum. Estes mesmos autores, consideram que um animal está em manutenção quando ele é alimentado, porém não apresenta ganho de peso e modificações na sua composição corporal. Tal fato, é similar ao proposto pelo National...(1981), que associa também a manutenção a produção de calor relacionada com a regulação térmica, atividade voluntária, digestão, absorção e assimilação, fermentação, formação e excreção de resíduos gerada pelos processos de quando os animais são alimentados em condições normais. Segundo este mesmo comitê de exigência, o metabolismo basal e a produção de calor em manutenção são os dois componentes principais da energia metabolizável de manutenção.

Marcondes et al. (2010), afirmam que a EL_m é equivalente ao calor produzido pelo animal em jejum, ou seja, sem nenhum suporte alimentar para atendimento de qualquer outra necessidade energética, fazendo com que a medida da produção de calor pelo animal nesse instante, represente a quantidade de energia dispensada para as atividades estritamente basais, como a respiração, a circulação, a homeotermia e o funcionamento dos órgãos e dos sistemas enzimáticos. Já para Webster (1978) e o National...(1981) esta tem sido utilizada como sinônimo do metabolismo basal.

Cannas et al. (2010), afirmaram que os custos energéticos também podem ser definidos como energia líquida (EL), que é: $EL = EM - IC$ (Webster, 1978). Por analogia, a energia líquida de manutenção (EL_m), ou seja, as necessidades de energia para o funcionamento do corpo em metabolismo basal, deve ser definida como $EL_m = \text{calor do metabolismo basal} = EM_m - IC$ em manutenção (IC_m). No entanto, a EL_m não pode ser medida diretamente, experimentalmente, mesmo reduzindo o calor de atividade voluntária a zero, porque os animais em jejum usam

energia do corpo para sustentar a vida. Assim EL_m não é equivalente ao valor do calor do metabolismo basal, mas é sempre menor do que ele, uma vez que $EL_m = K_b \times \text{calor do metabolismo basal}$, onde K_b é a eficiência de conversão de energia contida nas reservas corporais de energia útil para funções basais (Birkett e de Lange, 2001). Este K_b varia pouco, pois a proporção entre a EL_m e o calor do metabolismo basal também varia pouco. Assim o calor do metabolismo basal pode ser considerado um bom preditor de EL_m (Birkett e de Lange, 2001).

A energia metabolizável para manutenção (EM_m) é definida como a produção de calor de um animal mantido em um ambiente termoneutro, quando a ingestão de energia metabolizável está em balanço com a produção de calor (Resende et al., 2006). Mesmo conceito foi proposto por Lawrence e Fowler em 1997 que consideraram a taxa de consumo de energia metabolizável igual a taxa de perda de calor, de forma que, a produção de calor que corresponde a EM_m engloba a PC do animal alimentado, ou seja, considera o incremento calórico como uma forma de produção de calor, ao contrário da EL_m que é obtida com o animal em jejum, ou seja, sem contabilizar a produção de calor procedente do incremento calórico.

Segundo Resende et al. (2006), a energia metabolizável para manutenção é sempre maior que o metabolismo basal, porque os processos de alimentação, digestão e metabolismo do alimento requerem energia e esta aparece na forma de calor. De tal forma que a produção de calor de um animal em manutenção é o somatório dos processos relacionados com a utilização dos alimentos pelo animal e o da produção de calor dos fatores associados as atividades não relacionadas ao alimento. O mesmo conceito foi dado por Ferreira (2014), onde a EM_m é sempre superior a EL_m , pois o processo de ingerir, digerir e metabolizar o alimento requer energia e esta acaba sendo dissipada pelo animal como calor.

4.5 Eficiência energética (metabolizabilidade, k_m , k_g)

O termo eficiência é usualmente expressado como a razão entre a entrada e saída (Resende et al., 2006). Da mesma forma, segundo o ARC (1980), a eficiência de utilização da energia metabolizável é definida como o aumento na retenção de energia que ocorre por aumento de unidade na energia metabolizável fornecida.

A metabolizabilidade (q) é definida como a relação entre a energia metabolizável e a energia bruta da dieta. Quando o animal está consumindo no nível de manutenção, a metabolizabilidade recebe a acronímia qm ; e quando está consumindo acima da manutenção qL , sendo L o nível de ingestão dado em múltiplos da manutenção (Resende et al., 2006).

De acordo com MacRae et al. (1985), a metabolizabilidade da dieta pode variar dependendo da quantidade e da relação dos nutrientes absorvidos, das rotas bioquímicas individuais ou que se interagem na conversão dos nutrientes e do tipo de produção animal. Entretanto, as diferenças encontradas nas eficiências de conversão da ED para EM podem ser pequenas se comparadas com às diferenças no consumo e na digestibilidade, sendo que a conversão de ED para EM ou EL é normalmente considerada constante dentro do nível de produção (manutenção, crescimento, gestação ou lactação) (Forbes, 1927).

Muitos sistemas internacionais de alimentação utilizam a q em cálculos de eficiência de utilização e exigências de alguns nutrientes (Resende et al., 2006).

Na maioria dos sistemas baseados no conceito de energia líquida, o ponto inicial é a energia metabolizável. A eficiência de utilização da EM para manutenção pode ser expressa como k_m , a qual é igual a EL_m/EM_m , enquanto que a eficiência de utilização da energia para a deposição de tecido pode ser expressa como k_g que é igual a $EL_g/(EM - EM_m)$. A eficiência de utilização da EM acima da manutenção para ganho de energia em tecidos (k_g) é função de um conjunto de funções metabólicas no animal e da habilidade em absorver nutrientes necessários para atender suas demandas metabólicas (Resende et al., 2006).

De acordo com Cannas et al. (2010), em estudos de metabolismo em jejum, a produção de calor do metabolismo basal é medida direta ou indiretamente. A eficiência de conversão de EM_m para EL_m , k_m , é estimado como inclinação da regressão da energia retida (ER) = $a + b \times$ (ingestão de energia metabolizável), considerando duas medições de produção de calor, quando $ER = 0$. Com base na diferença entre EL_m e calor do metabolismo basal, tal como descrito antes, k_m é uma eficiência composta, o qual inclui a eficiência da utilização de energia da dieta para suprir as funções basais ($k_d = EL_m/EM_m$), e k_b (eficiência de conversão da energia contida nas reservas corporais em energia útil para as funções basais). Como foi dito antes, provavelmente k_b varia pouco, ao passo que k_d (eficiência de utilização da energia da dieta), e como uma consequência k_m , é marcadamente influenciada pela dieta. Segundo CSIRO (2007), a eficiência líquida de utilização da EM para manutenção está em função da qualidade da dieta.

Para converter as exigências de energia líquida em exigências de energia metabolizável para ganho de peso, torna-se necessário conhecer a eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso (Figura 4). O k_g pode ser estimado como o coeficiente de inclinação da regressão da ER em função do consumo de energia metabolizável para ganho, entretanto observa-se alta variação dos valores de k_g (Marcondes et al., 2010).

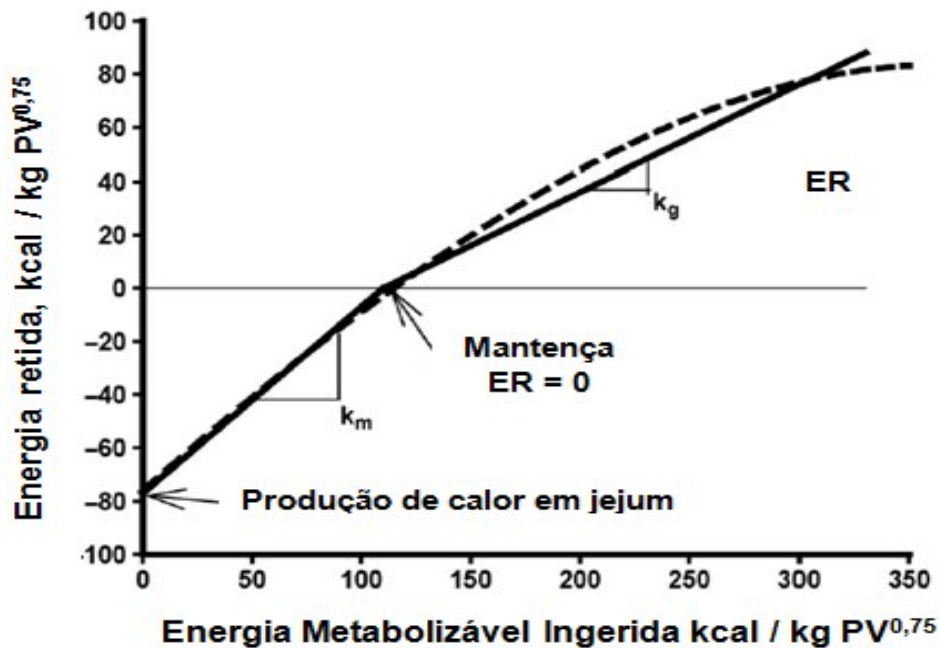


Figura 4. Relação entre energia retida (ER) e energia metabolizável (EM); PV = peso vivo (kg); k_m = eficiência da utilização da energia metabolizável para manutenção; k_g = eficiência da utilização da energia metabolizável para ganho (Adaptado de Ferrell e Oltjen, 2008)

Como os ruminantes em manutenção apresentam eficiências de utilização da energia metabolizável dos alimentos de 70 a 80%, diferente dos animais em produção (30 a 60%), o valor de energia líquida dos alimentos também é diferente nestas situações (McLean e Tobin, 1987). Segundo Kleiber (1975), a menor eficiência de utilização da energia nos animais acima do nível de manutenção se deve ao custo associado ao crescimento ou produção, ou seja, perda de energia nos processos bioquímicos envolvidos na formação dos produtos. Quaisquer fatores que alterem o ambiente ruminal (nível de consumo, frequência de alimentação, nível e tipo de concentrado, aditivos) e comprometam a digestibilidade do alimento (tamanho de partícula, processamento, taxa de passagem) podem também alterar os valores de metabolizabilidade, eficiência de utilização da energia metabolizável e conseqüentemente a energia líquida. Dessa forma, é importante determinar o teor de energia líquida dos alimentos em condições mais próximas possível daquelas em que os resultados serão aplicados (Forbes, 1927).

4.6 Exigência nutricional de energia em ruminantes em crescimento

Segundo CSIRO (2007), para determinar os requisitos de EM de animais é necessário primeiro definir as exigências líquidas de energia que compõem as suas despesas de

manutenção, além das despesas do ganho de peso vivo, dos produtos da concepção, e do leite secretado: requerimento de energia líquida = $EL_{\text{manutenção}} + EL_{\text{ganho}} + EL_{\text{concepto}} + EL_{\text{lactação}}$.

A exigência EL para cada função é em seguida dividida pelo valor de K apropriado para obter a exigência EM correspondente ao requerimento de energia metabolizável = $EL_{\text{manutenção}}/K_{\text{manutenção}} + EL_{\text{ganho}}/K_{\text{ganho}} + EL_{\text{concepto}}/K_{\text{concepto}} + EL_{\text{lactação}}/K_{\text{lactação}}$.

Fox et al. (1988) e Koong et al. (1985) afirmaram que os requisitos de manutenção são variáveis dependendo do peso vivo do animal, do nível de produção, da atividade, dos efeitos ambientais, da raça, do sexo, da condição fisiológica e do nível nutricional. De forma similar para o National...(1996), os requisitos de manutenção são influenciados pelo peso corporal, pelo tratamento nutricional prévio, pelo nível de produção e pela temperatura ambiente.

A exigência de energia para crescimento diz respeito, principalmente, à deposição de proteína e gordura no corpo do animal. Dessa forma, o entendimento do metabolismo energético de crescimento pode ser considerado, de forma simplista, de duas maneiras: a primeira, considera a energia retida no tecido e a eficiência desse processo; a segunda é a separação da energia retida na forma de proteína e de gordura, com uma eficiência de deposição denominada K_{ptn} e K_{gord} para proteína e gordura, respectivamente (Resende et al., 2006).

De acordo com Ferrell e Jenkins (1998), a retenção de energia pode ocorrer na forma de proteína ou de gordura. Assim, diferentes percentuais de cada componente no total de energia retida correspondem a diferentes eficiências de utilização da energia pelo animal. Nesse sentido, Old e Garrett (1985) verificaram maior eficiência de utilização da energia metabolizável (EM) para deposição de gordura (0,58) em comparação com a deposição de proteína (0,11).

Segundo Garrett (1987), quando o consumo de energia se encontra acima da manutenção, a taxa de síntese de proteína torna-se o primeiro limitante e a energia ingerida em excesso é depositada como gordura, ocorrendo a diluição do conteúdo corporal de proteína, cinzas e água, que são depositados em relações aproximadamente constantes na mesma idade.

Quando a energia é estocada na forma de proteína, maior quantidade de calor é gerada do que na forma de gordura (Resende et al., 2006). Nos animais jovens, a retenção de gordura vai significar até 50% da energia retida, entretanto, em animais adultos essa retenção de gordura pode chegar a 85 a 95% (ARC, 1980).

A deposição de proteína em animais em crescimento não somente depende do suprimento de aminoácidos disponíveis, mas também do suprimento de energia. Normalmente, é visto que a deposição de proteína aumente linearmente com o aumento de ingestão de energia até o ponto em que outros fatores começam a limitar a deposição proteica. Desta forma, a energia retida

pelo animal no crescimento tecidual é menor do que o excesso de energia acima da manutenção, porque existe um custo energético de crescimento. Essa diferença é devida à ineficiência acumulativa de todas as reações bioquímicas, envolvidas no crescimento de um tecido, mais o incremento calórico do alimento adicional (Resende et al., 2006).

Breirem e Lar (1972), Kielanowski (1976), mostraram que a eficiência com que as espécies de estômago simples ou ruminantes jovens depositam de gordura é cerca de 0,70, mas que a eficiência de deposição de proteína é muito mais baixa, cerca de 0,45. Em ratos, foram obtidos valores para deposição de proteína de 0,40 (Schiemann, 1970) e 0,43 (Pullar e Webster, 1974) e com porcos um valor de 0,43 (Thorbeck, 1970).

Os requisitos de EL são iguais a produção de calor gerada dos tecidos depositados, que são 39,3kJ/g de gordura e 23,6kJ/g de proteína bruta (ARC, 1980).

Segundo Owens et al. (1995), a eficiência de deposição de energia em forma de gordura é reconhecidamente superior à de proteína, desta forma, a eficiência com que a energia é retida no corpo depende das proporções de retenção de gordura e proteína, ou seja, propõe-se que a estimativa de K_g seja baseada na composição do ganho.

De acordo com o ARC (1980), as estimativas de requisitos para o crescimento em bovinos necessitam de uma classificação múltipla porque em primeiro lugar touros têm um metabolismo de jejum mais elevado do que as novilhas e machos castrados, e em segundo lugar, existem diferenças na composição de ganhos que surgem a partir de diferenças de tamanho a maturidade e sexo. Segundo esse mesmo comitê o macho inteiro tem uma exigência de manutenção superior ao macho castrado e a novilha, pois os ganhos destes tem um conteúdo de energia mais baixo.

4.6.1 Metodologias para a determinação das exigências nutricionais

Métodos para medir as necessidades de energia para manutenção, expressos como EM_m ou EL_m , foram revistos por Van Es (1972, 1980) e Corbett e Ball (2002) e podem ser agrupadas em três categorias: ensaios de alimentação, métodos de abate comparativo e calorimetria. Já Cannas et al. (2010), afirmam que os requerimentos de energia de manutenção, podem ser determinados por métodos diretos, como calorimetria direta ou indireta, ou por métodos indiretos, tais como abate comparativo ou balanço de carbono ou de nitrogênio.

EM_m também pode ser estimada como a ingestão de energia metabolizável necessária para manter o peso vivo estável. Numerosos estudos têm comparado as estimativas das necessidades energéticas de manutenção obtidos com métodos diferentes. Diferenças muito pequenas (<0,5%) foram observados comparando medições da calorimetria indireta vs direta

(Blaxter, 1989). Estimativa da ER por calorimetria indireta ou por abate comparativo também resultou em pequenas diferenças, tanto em monogástricos alimentados (Blaxter, 1989) e em ruminantes alimentados (Steen et al., 1997).

Em geral, ER é um pouco superestimada com calorimetria e, inversamente a produção de calor é subestimada usando o abate comparativo. Maiores diferenças são observadas comparando os requerimentos de energia de manutenção obtidos em estudos de metabolismo jejum calorimétricos vs. valores obtidos em animais alimentados com métodos calorimétricos ou indiretos (Webster, 1978). Isso provavelmente ocorre porque animais em jejum (sempre não produtivos) diminuem a sua atividade visceral e suas taxas metabólicas em comparação com animais alimentados (Webster, 1978).

4.6.1.1 Ensaios de alimentação

Estimativas práticas de necessidades de manutenção podem ser obtidas a partir de testes de alimentação a longo prazo destinados a medir a quantidade de alimentos que irá manter o peso corporal constante. O resultado será uma aproximação, ao invés de uma medida exata da manutenção de energia, e está sujeita a erros decorrentes da dificuldade de pesagem de animais precisamente, possíveis mudanças no conteúdo do aparelho digestivo, e problemas na definição exata da quantidade total de alimentação digerida durante o período do estudo. Este método é claramente inadequado para animais em crescimento, em gestação e lactantes, e fornece estimativas de necessidades de manutenção apenas em termos de quantidades dos alimentos particulares usados (ARC, 1980).

4.6.1.2 Método do abate comparativo

A técnica do abate comparativo foi primeiramente empregada por Lawes e Gilbert, em 1961, em experimentos que demonstraram pela primeira vez que carboidratos são a maior fonte de energia, levando à síntese de gordura. Mas foi Garret e seus colaboradores que, em 1959, popularizaram o uso dessa técnica.

Na técnica de abates comparativos, animais representativos de um grupo são abatidos no início de um experimento e a composição de seu corpo vazio, incluindo a carcaça, sangue, cabeça, couro, pés, cauda, vísceras e órgãos, mas excluindo o conteúdo do trato gastrointestinal e bexiga, é determinada. O peso de corpo vazio (PCVZ) dos animais é determinado pelo somatório destes componentes. A composição inicial dos animais remanescentes é estimada por equações de regressão derivadas a partir dos resultados obtidos de abate que relacionam o peso da carcaça ao conteúdo corporal de energia, proteína e

gordura, com o peso vivo em jejum (PV_j). Ao fim de um período de alimentação, geralmente de três meses ou mais, os animais ou uma amostra representativa destes são abatidos (Colbert e Ball, 2002).

A determinação dos conteúdos corporais de energia é realizada pelo produto dos conteúdos corporais de proteína e gordura nos órgãos, nas vísceras, no sangue, na carcaça e no couro pelos seus respectivos equivalentes calóricos. Os conteúdos líquidos de energia, gordura e proteína retidos no corpo dos animais são estimados por meio do ajuste de equações de regressão do conteúdo corporal de energia e proteína em função do PCVZ (Lofgreen e Garrett, 1968). A composição corporal é determinada e os valores são comparados com as correspondentes estimativas iniciais para obter os valores de ER.

Conforme o National...(2000), a EM pode somente aparecer como PC ou ER, conforme a equação $CEM = PC + ER$. O valor energético do alimento para promover a retenção de energia é mensurado pela determinação da ER em dois ou mais níveis de ingestão de energia. A EL de um alimento ou dieta é classicamente ilustrada pela equação: $EL = \Delta ER / \Delta IE$. A determinação da EL por este método assume que a relação entre ER e ingestão de energia alimentar é linear. Entretanto a relação é curvilínea e demonstra efeito decrescente (Garret e Johnson, 1983). Esta relação é convencionalmente aproximada por duas linhas retas. A interseção dessas duas linhas é o ponto em que $ER = 0$, o qual é definido como a manutenção (M). Reciprocamente, quando $ER = 0$, $EM = PC$. A relação entre ingestão de alimentos e a perda de tecido corporal (ER negativa) compreende uma parte da curva, e a relação entre ganho de tecido corporal (ER positiva) compreende a segunda parte da curva. A produção de calor no consumo zero, produção de calor em jejum (PC_j) é equivalente a exigência de EL para manutenção do animal. O k_m é definido pela equação: $k_m = PC_j / CEM_m$; onde CEM_m representa a ingestão de EM ao nível de manutenção, ou seja, a quantidade de EM consumida quando a $ER = 0$. Similarmente, a divisão do valor de energia retida pela EM necessária para fornecer a retenção de energia tem-se o k_g e este pode ser determinado pela equação: $EL_g = ER / (CEM - CEM_m)$; onde $(CEM - CEM_m)$ representa a quantidade de EM em excesso aos requisitos de manutenção.

Nesta técnica, a ER pelo animal é determinada diretamente num período de tempo, determinação esta feita pela diferença da composição corporal de animais abatidos no início e no final de um período experimental pré-determinado. Nesse caso, a EM é determinada separadamente em ensaio de metabolismo, e a energia das perdas gasosas geralmente é estimada. A produção de calor, nesse caso, é calculada pela diferença da ingestão de energia metabolizável e a ER (Resende et al., 2006).

A partir de experiências que utilizam diferentes níveis de alimentação em ou acima de manutenção, o balanço energético é regredido em ingestão de EM_m para obter a equação $ER = a - b \times EM$, a partir do qual EM_m pode ser estimada como a/b , com coeficiente b como uma estimativa do k_g (ARC, 1980).

4.6.1.3 Calorimetria

Calorimetria é a medição do calor. Calorimetria animal é definida como a ciência de medição da transferência de calor entre um animal e o seu ambiente (Nienaber et al., 2009). Kleiber (1975), compilou a história da ciência moderna do metabolismo energético e afirma que Lavoisier (1743-1794) foi o pai da ciência do metabolismo energético pois foi ele definiu o uso do "oxigênio" no processo de combustão, sendo que Lavoisier, na verdade, utilizou a calorimetria para medir direta ou indiretamente a produção de calor pelo animal.

A calorimetria direta mede as perdas de calor sensível e a evaporação do animal, somando estes dois parâmetros tem-se a perda total de calor do animal (Nienaber et al., 2009). Já na calorimetria indireta as informações são baseadas na mensuração das trocas respiratórias pelos animais, permitindo a avaliação da energia líquida dos alimentos e do metabolismo animal (Borges et al., 2016).

Tedeschi et al. (2010) afirmaram que a diferença de precisão entre as técnicas de calorimetria direta e indireta. Por causa da complexidade dos calorímetros diretos, especialmente para uso com grandes ruminantes, a calorimetria indireta tem sido mais utilizada. Segundo Resende et al. (2006), existem diversas técnicas para medir as trocas gasosas na respiração, e todas elas levam em consideração o consumo de oxigênio e a produção de gás carbônico por unidade de tempo, sendo que as câmaras podem ser de circuito fechado ou aberto.

A técnica da câmara respirométrica de circuito fechado consiste em alojar o animal em uma câmara fechada onde se tem o controle da temperatura e da umidade. Nesse sistema, a determinação da quantidade de gás carbônico eliminado pelo organismo é realizada por meio da pesagem do recipiente com o absorvente de gás carbônico antes e após cada ciclo de mensuração. Dessa forma, conhecendo-se o volume interno da câmara, pode-se determinar a quantidade de cada gás presente no seu interior, antes e após cada ciclo de mensuração, sendo esses valores utilizados para o cálculo da quantidade total de CO_2 produzido e de oxigênio consumido pelo animal (Kleiber, 1975).

A grande limitação desse sistema é o alto custo dos produtos químicos utilizados para absorver o CO_2 e o acúmulo de metano no interior do sistema, quando utilizado para ruminantes, fazendo com que seja inadequado para esses animais (Blaxter *et al.*, 1972). Outro

entraive é a impossibilidade de avaliar a evolução dos valores de produção e o consumo de cada gás ao longo do tempo, visto que não há um sistema de análise simultânea e coleta de dados.

Todas as formas de perda de calor devem ser consideradas, como a produção de metano no trato gastrointestinal e a excreção de compostos nitrogenados, como a ureia, através da urina. Assim, a equação sugerida para o cálculo da produção de calor (PC) pelos ruminantes é $PC = 16,18 O_2 + 5,02 CO_2 - 2,17 CH_4 - 5,99 N$ (Brouwer, 1965); em que, PC é a produção de calor (MJ/dia), o O_2 é a taxa de consumo de oxigênio (L/dia), o CO_2 é a taxa de produção de dióxido de carbono (L/dia), CH_4 é a taxa de produção de gás metano (L/dia) e N é o nitrogênio excretado na urina (g/dia). A equação é baseada na combustão do carboidrato, proteína e gordura, sendo o dióxido de carbono, metano e ureia produzidos como produtos finais.

Nas câmaras de circuito aberto, os animais são alojados em uma câmara que não permite trocas gasosas, exceto pelo próprio sistema de circulação de ar. Através de uma bomba, o ar externo passa pela câmara em fluxo constante, sendo o ar amostrado na entrada e na saída para determinação da composição de oxigênio, gás carbônico e metano (Lachica et al., 2007). Conhecendo-se a quantidade de ar que passa através da câmara e a composição dos gases, pode-se calcular as quantidades de gás carbônico e de metano produzidas e a quantidade de oxigênio consumida. Devido à complexidade desse sistema, e da grande quantidade de equipamentos utilizados há a necessidade da determinação de um fator de correção para todo o sistema (Rodriguez et al., 2007).

A principal vantagem da calorimetria indireta sobre a calorimetria direta é que várias modificações e alterações ambientais podem ser investigadas. Por exemplo, os padrões de controle de temperatura do ar para arrefecimento ou aquecimento do animal, temperatura cíclica vs temperatura constante, aquecimento de piso ou de arrefecimento e de aquecimento infravermelho. Também é observado na calorimetria indireta a versabilidade das medições com o uso de mascarar e câmaras portáteis que proporcionam maior flexibilidade dos estudos em campo (Nienaber et al., 2009).

4.7 Exigências nutricionais em zebuínos das raças Nelore e Guzerá

As diferenças nas exigências de energia para ganho, entre animais de raças diferentes, devem-se a diferenças na composição do ganho de peso (Garret et al, 1959). O conteúdo de gordura no ganho de peso é influenciado por fatores como raça, sexo, peso corporal e nível de ganho (Geay, 1984).

Garret (1980) afirma que a raça tem influência muito mais marcante sobre a composição corporal, a um mesmo peso vivo ou peso de carcaça, que o nível de nutrição. Para o ARC (1980), a raça e o sexo influenciam mais a composição do ganho de peso que o nível de ganho de peso diário. A composição do ganho de peso é, também, influenciada pela aptidão leiteira ou de corte do animal (Peron et al., 1993a, 1993b).

O National...(1996) postula que raças de maior tamanho à maturidade (mais tardias para a deposição de tecido adiposo) apresentam, a uma mesma taxa de ganho, maiores teores de proteína (em relação à gordura) e mais altas exigências de proteína para ganho de peso e, portanto, possuem também menores exigências líquidas de energia e maiores de proteína para ganho de peso.

De forma semelhante, Toelle et al. (1986) verificaram influência do grupo genético sobre as exigências de proteína e energia para ganho de peso e observaram que bovinos de menor peso à maturidade apresentavam maior teor de gordura no ganho que os de maior tamanho à maturidade. Noller e Moe (1995) também afirmam que raças de porte menor, tais como *Bos indicus*, podem requerer menos energia.

Paulino et al. (1999a), estimaram as exigências líquidas de energia para manutenção de bovinos de quatro raças zebuínas (Gir, Guzará, Mocho-Tabapuã e Nelore) com 63 machos não-castrados, com idade média de 24 meses e peso vivo inicial de 366kg. As exigências de energia líquida de manutenção estimadas para animais das quatro raças, em conjunto, foram 60,4kcal/kg PV^{0,75}/dia, 21,85% menores que o valor proposto pelo National...(1996). As raças não diferiram entre si, quanto ao conteúdo corporal de gordura, proteína e energia. As exigências de proteína e energia líquidas para ganho de peso foram semelhantes às adotadas pelo National...(1996). As exigências de energia metabolizável para ganho de peso foram semelhantes às adotadas pelo AFRC (1993).

Em um trabalho comparando fêmeas Holandesas e Guzará, Borges (2000), utilizando a metodologia proposta por Lofgreen e Garrett (1968), obteve exigências de EL_m para as raças Guzará e Holandesa de 61,02 e 76,42kcal/kg PCVZ^{0,75}, respectivamente. As novilhas Guzará tiveram exigência de EL_m cerca de 20% inferior à das Holandesas. Estes resultados apresentaram boa aproximação com a literatura, que menciona menores exigências de manutenção para raças zebuínas em relação às de origem européia. Para o National...(1996), as raças leiteiras requerem 20% mais energia para manutenção do que as raças de corte *Bos taurus*, que por sua vez requerem 10% mais que animais *Bos indicus*.

No Brasil, embora já tenham sido conduzidos vários trabalhos para a determinação das exigências nutricionais de bovinos de corte, poucos referem às exigências dietéticas destes

animais, sendo os nutrientes digestíveis totais a expressão mais comumente utilizada para determinar o valor energético dos alimentos. Vêras et al. (2001) estimaram as eficiências de utilização da energia metabolizável e as exigências de energia metabolizável e de nutrientes digestíveis totais, para manutenção e ganho de peso vivo, em bovinos Nelore, submetidos a cinco tratamentos com diferentes níveis de concentrado na dieta. Os requisitos de EM e NDT para manutenção de um animal pesando 400kg de PV foram de 11,94Mcal/kgGPCVZ e 3,30kg/kgGPCVZ, respectivamente; enquanto para ganho de peso, os requisitos para dietas com 2,4Mcal/kg de MS, foram 9,84Mcal/kg GPCVZ e 2,72kg/GPCVZ. Para dietas com concentração de EM de 2,6Mcal/kg de MS, os requerimentos de EM e NDT foram, respectivamente, 7,28Mcal/kg GPCVZ e 2,01kg/GPCVZ. A eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção observada foi de 56%.

Silva et al. (2002), determinaram a eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso e as exigências de energia metabolizável e de nutrientes digestíveis totais para bovinos Nelore não castrados, alimentados com rações contendo diferentes níveis de concentrado e de proteína. Para isso utilizaram 40 novilhos Nelore inteiros, com peso vivo médio inicial de 240kg, sendo quatro novilhos de referência, quatro alimentados para manutenção e o restante distribuído em oito tratamentos, com quatro diferentes níveis de concentrado nas dietas (20, 40, 60 e 80%) e dois níveis de proteína bruta (PB) (15 e 18%). A concentração de energia líquida de cada ração para manutenção (EL_m) foi obtida dividindo-se a produção de calor em jejum $83,70\text{kcal/kg PCVZ}^{0,75}$, pelo consumo de MS, para manter o equilíbrio de energia, expresso em gramas de MS/kg $PCVZ^{0,75}$. O consumo de energia metabolizável (EM) suficiente para manutenção e a produção de calor em jejum foram obtidos experimentalmente com os mesmos animais deste experimento. A concentração de EL_g foi calculada dividindo-se a energia retida por dia, em $\text{kcal/kg PCVZ}^{0,75}$, pelo consumo de MS acima das necessidades de manutenção, expresso em g MS/kg $PCVZ^{0,75}$. As eficiências de utilização da EM para manutenção e ganho de peso foram estimadas a partir da relação entre os teores de energia líquida, para manutenção ou ganho, respectivamente, em função da EM da dieta, e a k_g também foi estimada como o coeficiente de regressão linear entre a energia retida e o consumo de EM, juntamente com os dados relativos aos animais designados de manutenção. Os requisitos de EM para manutenção e ganho foram obtidos pelas relações entre as exigências líquidas e as respectivas eficiências de utilização da energia metabolizável. As exigências de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculadas dividindo-se as exigências de EM por 0,82, obtendo-se as exigências de energia digestível (ED) e, posteriormente, dividindo-se as exigências de ED por 4,409. Os autores concluíram que a eficiência de utilização da EM para

manutenção (k_m) foi de 63% e para ganho (kg) variou entre 31,8 e 40% para dietas, com teor de EM entre 2,7 e 2,9 Mcal/ kg de MS, semelhantes às recomendações do National...(1996). Segundo os autores, as exigências totais de EM, ED e NDT encontradas neste experimento, para animais Nelore, foram inferiores ao recomendado pelo National...(1996).

Freitas et al. (2006) estimaram a composição do ganho e as exigências de energia e proteína para ganho de peso em bovinos Nelore puros e mestiços. Utilizaram-se 60 bovinos machos (Nelore, F1 Nelore x Angus, F1 Nelore x Pardo-Suíço e F1 Nelore x Simental) não-castrados, com 10 a 11 meses de idade e peso médio inicial de 286, 309, 333 e 310kg, respectivamente. O teste de identidade de modelos não-lineares indicou não haver diferenças entre grupos genéticos para as exigências de energia e proteína para ganho de peso. Verificou-se decréscimo de 10,6% nas exigências de proteína e elevação de 37,8% nas exigências de energia para ganho de peso entre 250 e 550kg, o que está relacionado à elevação do teor de gordura e à redução no teor de proteína com o acréscimo no PCV. As exigências líquidas de proteína e energia para ganho de peso foram estimadas em 143,5g e 4,7Mcal para o peso vivo de 450kg. O maior conteúdo de gordura no ganho de peso, em comparação à proteína, está associado ao aumento das exigências líquidas de energia e à diminuição das exigências líquidas de proteína com a elevação do peso corporal dos animais estudados. Considerando-se que não houve diferenças significativas nas exigências de energia e proteína para ganho de peso, os autores concluíram que é possível formular uma única ração para os animais Nelore puros e cruzados em condições semelhantes às deste trabalho.

5. Referências Bibliográficas

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. *Energy and Protein Requirements of Ruminants*. Wallingford, Commonwealth Agricultural Bureaux International, 1993. 159p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. London: Commonwealth Agricultural Bureaux. 1980. 351p.

ANRIQUE, R. *Body composition and efficiency of cattle as related to body type, size and sex*. Tese de Doutorado. Tese de PhD. Cornell University, 1976, 211p.

ARANGO, J. A.; VAN VLECK, L. D. Size of beef cows: early ideas, new developments. *Genetics and Molecular Research*, v.1, n.1, p.51-63, 2002.

ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DE GUZERÁ DO BRASIL - ACGB. Disponível em:<<http://www.guzera.org.br/>>. Acesso em 01/08/2016.

ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DE NELORE DO BRASIL - ACNB. Disponível em:<<http://www.nelore.org.br/>>. Acesso em 01/08/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADOS DE ZEBU - ABCZ. Disponível em:<<http://www.abcz.org.br/>>. Acesso em: 20/06/2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADOS DE ZEBU - ABCZ. Disponível em:<<http://www.abcz.org.br/>>. Acesso em: 27/10/2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADOS DE ZEBU - ABCZ. Disponível em:<<http://www.abcz.org.br/>>. Acesso em: 01/12/2014.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de Ruminantes*. São Paulo: FUNEP, 2006. 583p.

BERMAN, A. Effects of body surface area estimates on predicted energy requirements and heat stress. *Journal of Dairy Science*, v.86, n.11, p.3605-3610, 2003.

BERNDT., A.; TOMKINS, N, W. Measurement and mitigation of methane emissions from beef cattle in tropical grazing systems: a perspective from Australia and Brazil. *The Animal Consortium*, v.7,s.2, p.363-372, 2013.

BERG, R. T.; BUTTERFIELD, R. M. *In Meat*. (Eds. COLE, D. J. A and LAWRIE, R. A.) Butterworths, London, p.19, 1975.

BERTALANFFY, L. Von. *Quantitative laws in metabolism and growth*. Quarterly Review of Biology, Chicago, v.32, n.3, p.217-231, 1957.

BIRKETT, S.; DE LANGE, K. Limitations of conventional models and a conceptual framework for a nutrient flow representation of energy utilization by animals. *British Journal of Nutrition*, v.86, n.6, p.647–659, 2001.

BLAXTER, K. L. *Energy Metabolism in Animals and Man*. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 336p.

BLAXTER, K. L.; WAINMAN, F. W. The fasting metabolism of cattle. *British Journal of Nutrition*, v.20, n.1, p.103–111, 1966.

- BLAXTER, K. L.; CLAPPERTON, J. L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *British Journal of Nutrition*, v.19, n.1, p.511-522, 1965.
- BLAXTER, K. L.; WAINMAN, F. W. The utilization of the energy of different rations by sheep and cattle for maintenance and for fattening. *Journal of Agricultural Science*, v.63, n.1, p.113-128, 1964.
- BLAXTER, K. L.; WAINMAN, F. W. The effect of increased air movement on the heat production and emission of steers. *Journal of Agricultural Science*, v.62, n.2, p.207-214, 1964b.
- BOIN, C. Alguns dados sobre exigências nutricionais de energia e de proteína de zebuínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, Viçosa, MG. *Anais...* p.457-466, 1995.
- BOIN, C.; LANNA, D. P. D.; ALLEONI, G. F. et al. Tourinhos Nelore em Crescimento e Acabamento 3 - Composição do Ganho de Peso. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, *Anais...* Maringá-PR, v.31, p.485, 1994.
- BORGES, A. L. C. C.; SILVA, R. R.; FERREIRA, A. L. et al. *Respirometria e exigências nutricionais de zebuínos e cruzados de leite, em diferentes níveis de alimentação e estádios fisiológicos*, p.151-162. In: VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, L. F. C.; GIONBELLI, M, P.; et al. 3ed. EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE ZEBUINOS PUROS E CRUZADOS (BR-CORTE), Viçosa, 2016, 327p.
- BORGES, A. L. C. C. Exigências nutricionais de proteína e energia de novilhas das raças Guzerá e Holandesa. Belo Horizonte, MG: UFMG. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2000, 90p.
- BREIREM, K.; HOMB, T. In: *Handbuch der Tierernahrung*, (Eds. W. I. einkeit. K. Breirem & E. Crasemann). Hamburg: Paul Parey, v.2, p.547-584, 1972.
- BRODY, S. *Bioenergetics and Growth*. New York: Hafner, 1945.
- BRODY, S. Time relations of growth. III. Growth constants during the self-accelerating phase of growth. *The Journal of General Physiology*, p.637-658, 1927.

- BROUWER, E. *Report of sub-committee on constants and factors*. In: Proceedings of the 3rd Symposium on Energy Metabolism. Blaxter, K. L., ed. E.A.A.P. Publication n.11, Academic Press, London, New York, p.441-443, 1965.
- BROWN, J. E.; FITZHUGH J. R.; CARTWRIGHT, H. A. A comparison of nonlinear models for describing weight age relationships in cattle. *Journal of Animal Science*, v.42, n.4, p.810-818, 1976.
- BROWN, J. E.; BROWN, C. J.; BUTTS, W. T. A discussion of the genetic aspects of weight, mature weight and rate of maturing in Hereford and Angus cattle. *Journal of Animal Science*, v.34, n.4, p.525-32, 1972.
- BROWN, C. J.; BROWN, J. E. The influence of mature weight and rate of maturing on individual beef cow efficiency. Arkansas: University of Arkansas. 18p. (*Bulletin*, 774), 1972.
- BULTOT, D.; DUFRASNE, I.; CLINQUART, A. et al. *Performances and meat quality of Belgian Blue, Limousin and Aberdeen Angus bulls fattened with two types of diet*. In RENCONTRE DES RECHERCHES SUR RUMINANTS, 2002, Paris. Proceedings... Paris, 2002, 271p.
- CANNAS, A.; ATZORI, A. S.; TEIXEIRA, I. A. M. A. et al. *The energetic cost of maintenance in ruminants: from classical to new concepts and predictions systems*. In: CROVETTO, G.M. (Ed.) *Energy and protein metabolism and nutrition*. 3ed. Italia: Wageningen Academic Publishers, p.531-542, 2010.
- CANNAS, A.; TEDESCHI, L. O.; ATZORI, A. S. et al. *Prediction of energy requirements for growing sheep with the Cornell Net Carbohydrate and Protein System*. In: *Nutrient Digestion and utilization in Farm Animals*. CABI Publishing, Cambridge, MA, p.99-113, 2006.
- CARTWRIGHT, T. C. Selection criteria for beef cattle for the future. *Journal of Animal Science*, v.30, n.5, p.706-711, 1970.
- CARVALHO, G. C. *Química Moderna Volume Único*. 1ed. São Paulo, SP: Editora Scipione, 1997, 704p.

CHAVES, A. V.; THOMPSON, L. C.; IWAASA, A. et al. Effect of pasture type (alfalfa vs. grass) on methane and carbon dioxide production by yearling beef heifers. *Canadian Journal of Animal Science*, v.86, n.3, p.409-418, 2006.

CHIZZOTTI, M. L.; TEDESCHI, L. O.; VALADARES FILHO, S. C. A meta-analysis of energy and protein requirements for maintenance and growth of Nelore cattle. *Journal of Animal Science*, v.86, n.7, p.1588-1597, 2008.

CHUNG, Y. H.; ZHOU, M.; HOLTSHAUSEN, L. et al. A fibrolytic enzyme additive for lactating Holstein cow diets: Ruminal fermentation, rumen microbial populations, and enteric methane emissions. *Journal of Dairy Science*, v.95, n.3, p.1419-1427, 2012.

CORBETT, J. L.; BALL, A. J. *Nutrition for maintenance*. In: Sheep Nutrition. Ed: FREER, M.; DOVE, H. CAB International: Wallingford, 2002. 385p.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO. *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. Victoria: Australia Agricultural Council, CSIRO publications, 2007. 266p.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION (CSIRO) *Feeding Standards for Australian Livestock*. CSIRO Publications. Melbourne, Victoria, Australia. 1991.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO. *Feeding standards for Australian livestock: ruminants*. Melbourne: 266p, 1990.

CORTARELLI, A.; DUARTE, F. A. M.; LÔBO, R. B. Ajuste do modelo Gompertz a dados de crescimento de bezerros da Raça Nelore. *Científica*, v.11, p.1-8, 1983.

COTTLE, D. J.; NOLAN, J. V.; WIEDEMANN, S. G. Ruminant enteric methane mitigation: a review. *Animal Production Science*, v.51, n.6, p.491-514, 2011.

DI MARCO, O. N. Crecimiento y repuesta animal. Mar del Plata: *Asociación Argentina de Producción Animal*, 1993, 129p.

DINIZ, F. B.; VILELLA, S. D. J.; MOURTHE, M. H. F. et al. Performance of beef Guzerat and Guzerat-cross bull during the feedlot, and carcass traits of Guzerat-cross groups. *Animal Production Science*, v.55, n.10, p.1303-1309, 2014.

FERREIRA, A. L. *Exigências nutricionais de energia de bovinos machos F1 Holandês x Gir determinadas pelas metodologias de abates comparativos e respirometria calorimétrica*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014. 99p.

FERRELL, C. L.; JENKINS, T. J. Body composition and energy utilization by steers of diverse genotypes fed a high-concentrate diet during the finishing period: I. Angus, Belgian Blue, Hereford and Piedmonteses sires. *Journal of Animal Science*, v.76, n.2, p.637-646, 1998.

FERREL, C. F.; OLTJEN, J. W. ASAS Centennial Paper: Net energy systems for beef cattle - concepts, application, and future models. *Journal of Animal Science*, v.86, n.10, p.2779-2794, 2008.

FERRIS, C. P.; GORDON, F. J.; PATTERSON, D. C. et al. The effect of genetic merit and concentrate proportion in the diet on nutrient utilization by lactating dairy cows. *Journal of Agricultural Science*, v.132, n.4, p.483–490, 1999.

FITZHUGH, H. A. Analysis of growth curves and strategies for altering their shapes. *Journal of Animal Science*, v.42, n.4, p.1036-1051, 1976.

FLATT, W. P.; MOE, P. W.; MOORE, L. A.; et al. In *Handbuch der Tierernahrung*, (Eds. W. Lenkeit, K. Breirem & E. Crasemann). Berlin: Paul Parey, v.2, p.341, 1972.

FLATT, W. P., MOE, P. W. ; MUNSON, A. W. et al. *Energy utilization by high producing dairy cows. 2. Summary of energy balance experiments with lactating Holstein cows*. In: BLAXTER, K. L.; KIELANOWSKI, J. and THORBEEK, G., editors, *Energy metabolism of farm animals*, v.12, European Association for Animal Production, Warsaw, p.235–251, 1969.

FLATT, W. P.; MOE, P. W.; VAN ES, A. J. H. *Proe. 2nd Wid Con! Animal. Production*. p.399, 1968.

FORBES, E. B.; KRISS, M.; BRAHAM, W. W. et al. *Journal Agricultural Research*, 35, 947, 1927.

FORTIN, A.; SIMPFENDORFER, S.; REID, J. T. et al. Effect of level of energy intake and influence of breed and sex on the chemical composition of cattle. *Journal of Animal Science*, v.51, n.3, p.604-614, 1980.

- FOX, D. G.; TEDESCHI, L. O.; TYLUTKI, T. P. et al. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Animal Feed Science and Technology*, v.112, n.1, p.29-78, 2004.
- FOX, D. G.; SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. *Journal of Animal Science*, v.66, n.6, p.1475-1495, 1988.
- FOX, D. G.; BLACK, J. R. A system for predicting body composition and performance of growing cattle. *Journal of Animal Science*, v.58, n.3, p.725-739, 1984.
- FREITAS, J. A.; QUEIROZ, A. C.; DUTRA, A. R. et al. Body composition and net energy requirements for maintenance of feedlot purebred and crossbred Nelore young bulls. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.3, p.878-885, 2006.
- GARDINER, T. D.; COLEMAN, M. D.; INNOCENTI, F. et al. *Determination of the absolute accuracy of UK chamber facilities used in measuring methane emissions from livestock*. Measurement: Journal of the International Measurement Confederation, v.66, p.272-279, 2015.
- GARNERO, A. V.; MARCONDES, C. R.; BEZERRA, L. A. F. et al. Parâmetros genéticos da taxa de maturação e do peso assintótico de fêmeas da raça Nelore. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v.57, n.5, p.652- 662, 2005.
- GARRET, W. N. *Energy Metabolism of Farm Animals*. (Eds) MOE, P. W.; TYRRELL, H. F.; REYNOLDS, P. J. (Rowman and Littlefield: New Jersey.), p.98-101, 1987.
- GARRETT, W. N.; JOHNSON, D. E. Nutritional energetics of ruminants. *Journal of Animal Science*, v.57, s.2, p.478-497, 1983.
- GARRETT, W. N. Factors influencing energetic efficiency of beef production. *Journal of Animal Science*, v.51, n.6, p.1434-1440, 1980.
- GARRETT, W. N.; MEYER, J. H.; LOFGREEN, G. P. The comparative energy requirements of sheep and cattle for maintenance and gain. *Journal of Animal Science*, v.18, n.2, p.528-547, 1959.
- GEAY, Y. Energy and protein utilization in growing cattle. *Journal of Animal Science*, v.58, n.3, p.766-778, 1984.

GONÇALVES, T. M.; DIAS, M. A. D.; JUNIOR, J. A. et al. Curvas de crescimento de fêmeas da raça nelore e seus cruzamentos. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.3, p.582-590, 2011.

GOTTSCHALL, C. S. *Impacto nutricional na produção de carne e curva de crescimento*. In: LOBATO, J. F. P.; BARCELLOS, J. O. J.; KESSLER, A. M. Produção de bovinos de corte. Porto Alegre: EDIPUCRS, p.169-192, 1999.

GRAINGER, C.; CLARKE, T.; MCGINN, S. M. et al. Methane emissions from dairy cows measured using the sulfur hexafluoride (SF₆) tracer and chamber techniques. *Journal of Dairy Science*, v.90, n.6, p.2755–2766, 2007.

GRAINGER, C.; CLARKE, T.; MCGINN, S. M. Methane Emissions from Dairy Cows Measured Using the Sulfur Hexafluoride (SF₆) Tracer and Chamber Techniques. *Journal of Dairy Science*, v.90, n.6, p.2755-2766, 2006.

HAMMOND, K. J.; HUMPHRIES, D. J.; CROMPTON, L. A. et al.,. Methane emissions from cattle: Estimates from short term measurements using a GreenFeed system compared with measurements obtained using respiration chambers or sulphur hexafluoride tracer. *Animal Feed Science and Technology*, v.203, p.41–52, 2015.

HAMMOND, K. J.; BURKE, J. L.; KOOLAARD, J. P.; et al. The effect of feed intake on enteric methane emissions from sheep fed fresh white clover (*Trifolium repens*) and perennial ryegrass (*Lolium perenne*) forages. *Animal Feed Science Technology*, v.179, n.1, p.121–132, 2013a.

HAMMOND, K. J.; MUETZEL, S.; WAGHORN, G. C. et al. *Exploring variation in methane emissions from sheep and cattle fed pasture determined by either SF₆ marker dilution or direct calorimetry*. Proceedings New Zealand Society of Animal Production, n.69, p.174–178, 2009.

HAMMOND, J. *Farm Animals: Their Breeding, Growth and Inheritance*, 1st ed., Edward Arnold, London, 1940.

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

- HEGARTY, R. S. Mechanisms for competitively reducing ruminal methanogenesis. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.50, n.8, p.1299–1306, 1999b.
- HRISTOV, A. N.; OH, J.; FIRKINS, J. L. et al. SPECIAL TOPICS - Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science*, v.91, n.11, p.5045-5069, 2014.
- HOOKE, S. E.; WRIGHT, A. D. G.; MCBRIDE, B. W. Methanogens: methane producers of the rumen and mitigation strategies. In: Review article. *Archaea*, p.1-11, 2010.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Chapter 10. *Emissions from livestock and manure management*. In: Guidelines for national greenhouse inventories. vol. 4. Agriculture, forestry and other land use. IPCC, Geneva, Switzerland. p.10.1- 10.87, 2006.
- JOHNSON, D. E., FERREL, C. L., JENKINS, T. G. The history of energetic efficiency research: where have we been and where are we going? *Journal of Animal Science*, v.81, n.13, s.1, p.27–38, 2003.
- JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane Emissions from Cattle. *Journal of Animal Science*, v.73, n.8, p.2483-2492, 1995.
- JOHNSON, K. A.; HUYLEYER, M.; WESTBERG, H. et al. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF₆ tracer technique. *Environmental Science and Technology*, v.28, p.359-362, 1994.
- JOHNSON, D. E.; HILL, T. M.; WARD, G.M. et al. *Ruminants and other animals*. In 'Atmospheric methane: sources, sinks and role in global change'. (Ed. MAK Khalil). NATO ASI Series 1: Global Environmental Change, (Springer-Verlag: Berlin), vol. 13, p.199–229, 1993.
- JOSHI, N. R.; PHILLIPS, R. W. *El Ganado de la India y del Pakistan*, FAO, n.19, Roma, 1954.
- KAPS, M.; HERRING, W. O.; LAMBERSON, W. R. Genetic and environmental parameters for traits derived from the Brody growth curve and their relationships with weaning weight in Angus cattle. *Journal of Animal Science*, v.78, p.1436-1442, 2000.

KEELE, J. W., WILLIAMS, C. B., BENNETT, G. L. A computer model to predict the effects of level of nutrition on composition of empty body gain in beef cattle: I. Theory and development. *Journal of Animal Science*, v.70, n.3, p.841-857, 1992.

KIELANOWSKI, J. In *Protein metabolism and nutrition*: 1st int. symposium, Nottingham, 1974, p.207. (Eds. D. J. A. Cole, K. N. Boorman, P. J. Buttery, D. Lewis, R. J. Neale and H. Swan). London: Butterworths. (Publ. Eur. Ass. Anim. Prod. 16), 1976.

KLEIBER, M. *The Fire of Life: an introduction to animal energetics*. Ver. Ed. New York: Robert E. Krieger Publishing CO, 1975, 453p.

KLEIBER, M. *Bioenergetica Animal: El fuego de la vida*. 1 ed. Zaragoza: Editorial Acribia, 1972. 428p.

KOONG, L. J.; FERRELL, C. L.; NIENABER, J. A. Assessment of interrelationships among levels of intake and production, organ size and fasting heat production in growing animals. *The Journal of Nutrition*, v.115, n.10, p.1383-1390, 1985.

LACHICA, M., GOETSCH, A. L., SAHLU, T. *Effect of cold exposure on natural abundance of ^{13}C and heat production in Spanish goats by the CO_2 entry rate technique*. In: Proceedings of the 2nd International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition, EAAP, France, Vichy, September 9–13, p. 227–228, 2007.

LAIRD, A. K. *Dynamics of relative growth*. Growth, Bar Harbor, v.29, p.249-263, 1965.

LAMBE, N. R.; NAVAJAS, E. A.; SIMM, G. et al. A genetic investigation of various growth models to describe growth of lambs of two contrasting breeds. *Journal of Animal Science*, v.84, n.10, p.2642-2654, 2006.

LANNA, D. P.; PACKER, I. U. A produtividade da vaca Nelore. In: O NELORE DO SÉCULO XXI. Uberaba, *Anais...* Uberaba-MG, v.21, n.4, p.997, 1997.

LANNA, D. P. D.; BOIN, C.; LEME, P. R. et al. Estimation of Carcass and Empty Body Composition of Zebu Bulls Using the Composition of Rib Cuts. *Scientia Agricola*, v.52, n.1, p.189-197, 1995.

LAVOISIER, A. L.; LAPLACE, P. S. M. *Mémoire sur la Chaleur*. Memoires de L'Academie des Sciences, Paris, p.283-333, 1780.

- LAWES, J. B., GILBERT, J. H. On the composition of oxen, sheep and pigs and of their increase whilst fattening. *The Journal of the Royal Agricultural Society of England*, v.21, 1861, 58p.
- LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R. *Growth of farm animals*. CAB International 1997, 321p.
- LAWRIE, R. A. *Ciência da Carne*, 6ªed. Porto Alegre: Artmed, 2005, 384p.
- LINNAEUS, C. *Systema naturae per regna tria naturae secundum classes, ordines, genera, species cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*. Tomus I. Edition decima, reformata. Holmiae: L. Salvii, Stockholm, 1758, 824p.
- LÔBO, R. N. B.; MADALENA, F. E.; PENNA, V. M. et al. Avaliação de esquemas de seleção alternativos para bovinos zebus de dupla aptidão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.5, p.1361-1370, 2000.
- LOFGREEN, G. P.; GARRETT, W. N. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *Journal of Animal Science*, v.27, n.3, p.793-806, 1968.
- LÓPEZ, S.; FRANCE, J.; GERRITS, W. J. J. et al. A generalized Michaelis-Menten equation for the analyses of growth. *Journal of Animal Science*, v.78, n.7, p.1816-1828, 2000.
- MACRAE, J. C.; LOBLEY, G. E. Some factors which influence thermal energy loss during the metabolism of ruminants. *Livestock Production Science*, v.9, n.4, p.447-456, 1982.
- MARCHINI, J. S.; FETT, C. A.; FETT, W. C. R. et al. Calorimetria: aplicações práticas e considerações críticas. *Finess. & Performance Journal*, v.4, n.2, p.90-96, 2005.
- MARCONDES, M. I.; PAULINO, P. V. R.; VALADARES FILHO, S. C. et al. O. *Predição da composição corporal e da carcaça de animais Nelore puros e cruzados*. In: VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; PAULINO, P. V. R. Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados (BR CORTE). 2ed. Viçosa, MG: Suprema Gráfica LTDA, p.65-84, 2010.
- MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R. et al. Exigências nutricionais de proteína, energia e macrominerais de bovinos Nelore de três classes sexuais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.8, p.1587-1596, 2009.

MCALLISTER, T. A.; NEWBOLD, C. J. Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. *Animal Production Science*, v. 48, n.2, p.7-13, 2008.

MCLEAN, J. A.; TOBIN, G. *Animal and human calorimetry*. 1 ed. New York: Cambridge University Press, 1987. 338p.

MCNAUGHTON, L. R.; BERRY, D. P.; CLARK, H. et al. Factors affecting methane production in Friesian × Jersey dairy cattle. *Proceedings New Zealand Society of Animal Production*, v.65, p.352, 2005.

MOATE, P. J.; DEIGHTON, M. H.; WILLIAMS, S. R. O. et al. Reducing the carbon footprint of Australian milk production by mitigation of enteric methane emissions. *Animal Production Science*, v.56, n.7, p.1017-1034, 2016.

MOSS, A. R.; JOUANY, J. P.; NEWBOLD, J. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Annales de Zootechnie*, EDP Science, v.49, n.3, p.231-253, 2000.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7ed. Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 2000. 249p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7ed. Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 1996. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL -NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 6 ed. Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 1981.

NELDER, J. A. The fitting of a generalization of the logistic curve. *Biometrics*, Washington, v.17, n.1, p.89-110, 1961.

NIENABER, J. A.; DESHAZER, J. A.; XIN, H. et al. *Measuring Energetics of Biological Processes*. In: DESHAZER, J. A. ed. *Livestock Energetics and Thermal Environmental Management*, p.73-112, 2009.

NOLLER, C. H.; MOE, P. W. *Determination of NRC energy and protein requirement for ruminants*. In: PEREIRA, J. C. (Ed) *SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES*, 1995, Viçosa. Anais... Viçosa, MG: CARD, p.53-76, 1995.

- OLD, C. A.; GARRET, W. N. Efficiency of Feed Energy Utilization for Protein and Fat Gain in Hereford and Charolais Steers. *Journal of Animal Science*, v.60, n.3, p.766-771, 1985.
- OLIVEIRA, H. N.; LÔBO, R. B.; PEREIRA, C. S. Comparação de modelos não-lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça Guzerá. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.9, p.1843-1851, 2000.
- OLVER, A. *A Brief Survey of some of the Importance Breeds of Cattle in India*. I. C. A. R. New Delhi, 1938.
- OWENS, F. N.; DUBESKI, P.; HANSON, C. F. Factors that alter the growth and development of ruminants. *Journal of Animal Science*, v.71, n.11, p.3138-3150, 1993.
- OWENS, F. N.; GOETSCH, A. L. *Ruminal Fermentation*. In: CHURCH, D.C. The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition. p.145-171, 1995.
- O'NEILL, B. F.; DEIGHTON, M. H.; O'LOUGHLIN, B. M. et al. The effects of supplementing grazing dairy cows with partial mixed ration on enteric methane emissions and milk production during mid to late lactation. *Journal of Dairy Science*, v.95, n.11, p.6582-6590, 2012.
- PALLSON, H. *Progress in the Physiology of Farm Animals*. (Ed. HAMMOND, J.), Butterworths, London, v.2, p.430, 1955.
- PAULINO, M. F.; FONTES, C. A. A.; JORGE, A. M. et al. Exigências de energia para manutenção de bovinos zebuínos não-castrados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.3, p.621-626, 1999a.
- PAULINO, M. F.; FONTES, C. A. A.; JORGE, A. M. et al. Composição corporal e exigências de energia e proteína para ganho de peso de bovinos de quatro raças zebuínas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.3, p.627-633, 1999b.
- PEREIRA, J. C. C. Contribuição genética do zebu na pecuária bovina do Brasil. *Informe Agropecuário*, v.21, n.205, p.30-38, 2000.
- PERON, A. J., FONTES, C. A. A., LANA, R. P. et al. Rendimento da carcaça e de seus cortes básicos e área corporal de bovinos de cinco grupos genéticos, submetidos a alimentação restrita e "ad libitum". *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.22, n.2, p.238-47, 1993a.

- PERON, A. J., FONTES, C. A. A., LANA, R. P. et al. Tamanho de órgãos internos e distribuição da gordura corporal, em novilhos de cinco grupos genéticos, submetidos a alimentação restrita e “ad libitum”. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.22, n.5, p.813-19, 1993b.
- PEROTTO, D.; CASTANHO, M. J. P.; ROCHA, J. L. et al. Descrição das curvas de crescimento de fêmeas bovinas Guzerá, Gir, Holandês x Guzerá e Holandês x Gir. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.26, n.2, p.283-288, 1997.
- PULLAR, J. D.; WEBSTER, A. J. F. Heat loss and energy retention during growth in congenitally obese and lean rats. *British Journal Nutrition*, vol.31, n.3, p.377-392, 1974.
- REID, J. T.; WELLINGTON, G. H.; DENN, H. O. Some relationships among the major chemical components of the bovine body and their application to nutritional investigations. *Journal of Dairy Science*, v.38, n.12, p.1344-1359, 1955.
- RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I. A.; FERNANDES, M. H. *Metabolismo de energia*. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de Ruminantes*. São Paulo: FUNEP, p.311-332, 2006.
- RESTLE, J.; VAZ, F. N. Eficiência e qualidade na produção de carne bovina. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, p.40. 2003, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria: SBZ, 2003. (CD-ROM).
- RESTLE, J.; VAZ, F. N.; QUADROS, A. R. B. et al. Carcass and meat characteristics from steers of different of Hereford x Nellore genotypes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.6, p.1245-1251, 1999.
- RIBEIRO, E. L. A.; HERNANDEZ, J. A.; ZANELLA, L. E. et al. Desempenho e características de carcaça de bovinos de diferentes grupos genéticos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.9, p.1669-1673, 2008.
- RICHARDS, F. J. A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v.10, n.2, p.290-301, 1959.
- RODRÍGUEZ, N. M.; CAMPOS, W. E.; LACHICA, M. L. et al. A Calorimetry System for Metabolism Trials. *Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.59, n.2, p.495-500, 2007.

- ROSA, A. N.; LÔBO, R. B.; OLIVEIRA, H. N. et al. Peso adulto de matrizes em rebanhos de seleção da raça Nelore no Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.1, p.1027-1036, 2001.
- RYAN, W. J. Compensatory growth in cattle and sheep. In: *Nutrition Abstracts and Reviews*, Series B, Livestock Feeds and Feeding, v.60, n., p.653-664, 1990.
- SAINZ, R. D.; BARIONI, L. G.; PAULINO, P. V. R. et al. *Growth Patterns of Nelore vs. British Beef Cattle Breeds Assessed Using a Dynamic, Mechanistic Model of Cattle Growth and Composition*. In: KEBREAB, E.; DIJKSTRA, J.; BANNINK, A.; GERRITS, W. J. J.; FRANCE, J. (Eds) *Nutrient Digestion and Utilization in Farm animals: Modeling Approaches*. Cabi Publishing, 2006, 480p.
- SANTIAGO, A. A. *A epopeia do Zebu, a seleção das raças Gir, Guzerá, Nelore, Indubrasil e Sindi*. 1ed. São Paulo, Instituto de Zootecnia. 1960, 559p.
- SANTIAGO, A. A. *O gado nelore*. 1ed. São Paulo, Instituto de Zootecnia. 1972, 554p.
- SANTIAGO, A. A. *O gado nelore*. Secretaria da Agricultura: Coodenadoria de Pesquisa Agropecuária. São Paulo, 1972, 557p.
- SANTIAGO, A. A. *O Zebu na Índia no Brasil e no Mundo*. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985, 744p.
- SANTIAGO, A. A. 1986. *O Zebu na Índia, no Brasil e no mundo*. 1ed. São Paulo, Instituto de Zootecnia. 1986, 744p
- SANTORO, K. R.; BARBOSA, S. B. P. Parâmetros de curvas de crescimento de bovinos Nelore no Estado de Pernambuco. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Piracicaba, *Anais...* Piracicaba: FEALQ, v.38, p.530-531, 2001.
- SCHIEMANN, R.; JENTSCH, W.; WITTENBURG, H. *Arch. Tierernahr.* 21, 223, 1971.
- SILLENCE, M. N. Technologies for the control of fat and lean deposition in livestock. *The Veterinary Journal*, v.167, n.3, p.242-257, 2004.
- SILVA, N. A. M.; AQUINO, L. H.; SILVA, F. F. et al. Curvas de crescimento e influência de fatores não genéticos sobre as taxas de crescimento de bovinos da raça nelore. *Revista Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.28, n.3, p.647-654, 2004.

SILVA, F. F.; VALADARES FILHO, S. C.; ÍTAVO, L. C. V. et al. Eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso e exigências de energia metabolizável e de nutrientes digestíveis totais de bovinos nelore não-castrados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.31, n.1, p.514-521, 2002.

STEEN, R. W. J.; DAWSON, L. E. R.; KIRKPATRICK, D. E. et al. *Estimation of maintenance energy requirements and efficiency of utilization of metabolizable energy for growth in lambs by indirect calorimetry and comparative slaughter*. In: McCracken, K., Unsworth, E.F.; A.R.G. Wylie (eds.), *Energy metabolism of farm animals*. Wallingford: CAB International, p.351-354. 1997.

STEWART, T. S.; MARTIN, T. G. Optimal mature size of Angus cow productivity. *Animal Production*, v.37, n.2, p.179-182, 1983.

TAYLOR, St. C. S. *Lectures on mammalian growth. Institute of Animal Physiology and Genetics Research*, Edinburgh, UK. Proceedings of a course held at University of Guelph, Guelph Canada, 1989.

TAYLOR, St. C.S.; YOUNG, G. B. Equilibrium weight in relation to food intake and genotype in twin cattle. *Animal Science*. v.10, n.4, p.393-412, 1968.

TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A. FOX, D. G. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and other nutrients for domesticated small ruminants: the development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. *Small Ruminant Research*, v.89, n.2, p.174-184, 2010.

TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; CARSTENS, G. E. et al. The partial efficiency of use of metabolisable energy for growth in ruminants. In: CROVETTO, G.M. (Ed.) *Energy and protein metabolism and nutrition*. 3ed. Itália: Wageningen Academic Publishers, p.531-542, 2010.

TEDESCHI, L. O.; BOIN, C.; NARDON, R. F. et al. Efeito da suplementação com concentrado no ganho de peso de bovinos da raça Guzerá e de seus cruzamentos, manejados em pastagens. *Boletim de Industria Animal*, v.56, n.2, p.195-205, 2000.

TEDESCHI, L. O.; BOIN, C.; NARDON, R. F. et al. Estudo da Curva de Crescimento de Animais da Raça Guzerá e seus Cruzamentos Alimentados a Pasto, com e sem

Suplementação. 1. Análise e Seleção das Funções Não-Lineares. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.2, p.630-637, 2000.

TEDESCHI, L. O.; BOIN, C.; NARDON, R. F. et al. Estudo da Curva de Crescimento de Animais da Raça Guzerá e seus Cruzamentos Alimentados a Pasto, com e sem Suplementação. 2. Avaliação de Parâmetros da Curva de Crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, n.5, p.1578-1587, 2000.

TEDESCHI, L. O. *Determinação dos parâmetros da curva de crescimento de animais da raça Guzerá e seus cruzamentos alimentados a pasto, com e sem suplementação*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura de “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1996, 140p.

THORBEK, G. In: *Energy metabolism of farm animals: 5th symp.*, Vitznau. (Eds. A. Schiirch & C. Wenk). Jurich: Juris Druck. Publs. Eur. Ass. Anim. Prod., n.13, p.129, 1970.

TOELLE, V. D.; TESS, M. W.; JOHNSON, T. et al. Lean and fat patterns of serially slaughtered beef bulls fed different energy levels. *Journal of Animal Science*, v.63, n.8, p.1347-1360, 1986.

TYRRELL, H. F.; MOE, P. W. Net energy value for lactation of a high and low concentrate ration containing corn silage. *Journal of Dairy Science*, v.55, n.8, p.1106–1112, 1972.

ULYATT, M. J.; BAKER, S. K.; MCCRABB, G. J. et al. Accuracy of SF₆ tracer technology and alternatives for field measurements. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.50, n.8, p.1329-1334, 1999.

VAN ES, A. J. H. Net requirements for maintenance as dependent on weight, feeding level, sex and genotype, estimated from balance trials. *Annales de Zootechnie*, INRA/EDP Sciences, 1980, p.73-84.

VAN ES, A. J. H. (1972). Maintenance "*Handbuch der Tierernahrung*", vol.2, p.1-54. (Eds. W. Lenkeit, K. Breirem and E. Crasemann). Berlin: Paul Parey.

VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L.; et al. *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados* – BR CORTE. 2.ed. Viçosa, MG. 2010. 193p.

VELAZCO, J. I.; COTTLE, D. J.; HEGARTY, R. S. Methane emissions and feeding behaviour of feedlot cattle supplemented with nitrate or urea. *Animal Production Science*, v.54, n.10, p.1737-1740, 2014.

VÉRAS, A. S. C.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J. F. C. et al. Eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção e ganho de peso e exigências de energia metabolizável e de nutrientes digestíveis totais de bovinos Nelore, não-castrados. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.3, p.904-910, 2001.

VLAMING, J. B.; BROOKES, I. M.; HOSKIN, S. O. et al. The possible influence of intraruminal sulphur hexafluoride release rates on calculated methane emissions from cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, v.87, n.2, p.269-275, 2007.

WOLIN, M. J.; MILLER, T. L. *Microbe interactions in the rumen microbial ecosystem*. In: HOBSON, P.N. (Ed.). *The Rumen Ecosystem*. New York: Elsevier Applied Science, 1988.

WOLIN, M. J.; MILLER, T. L.; STEWART, C. S. et al. Microbe-microbe In: HOBSON, P. J.; STEWART, C. S. (Eds). *The Rumen Microbial Ecosystem*. 2ed. London: Blackie Academia and Professional, p.467-491, 1997.

WEBSTER, A. J. F.; SMITH, J. S.; MOLLISON. *Energy requirements of growing cattle: Effects of sire breed, plane of nutrition, sex and season on predicted basal metabolism*. In: European Association for Animal Production, Agricultural University of Norway, Department of Animal Nutrition, n.29, p.84–87, 1982.

WEBSTER, A. J. F. *Energy metabolism and requirements. Digestive physiology and nutrition of ruminants*. 2 ed. Corvallis: O&B Books, 1978. 229p.

WILLIAMS, C. B.; KEELE, J. W.; BENNETT, G. L. A. Computer model to predict the effects of level of nutrition on composition of empty body gain in beef cattle: II. Evaluation of the model. *Journal of Animal Science*, v.70, n.3, p.858-866, 1992.

WILLIAMS, S. R. O.; CLARK, T.; HANNAH, M. C. et al. Energy partitioning in herbage-fed dairy cows offered supplementary grain during an extended lactation. *Journal of Dairy Science*, v.96, n.1, p.484–494, 2013.

WOLIN, M. J. A theoretical rumen fermentation balance. *Journal of Dairy Science*, v.43, n.10, p.1452-1459, 1960.

YAN, T.; AGNEW, R. E.; GORDON, F. J. et al. Prediction of methane energy output in dairy and beef cattle offered grass silage-based diets. *Livestock Production Science*, v.64, n.2, p.253–263, 2000.

CAPÍTULO II

Consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio e desempenho de novilhas Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos de alimentação

Resumo

Objetivou-se avaliar a influência de dois planos nutricionais (restrito e *ad libitum*) sobre o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio e desempenho em novilhas das raças Guzerá e Nelore. O experimento foi conduzido na Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, localizada no município de Belo Horizonte-MG. Foram utilizadas 12 novilhas alimentadas individualmente com dietas à base de silagem de milho e concentrado, na proporção volumoso:concentrado de 66:34 e 68:32, com base na matéria seca. As dietas foram formuladas para possibilitarem ganhos de 0,200 e 1,0kg/dia, correspondendo ao período restrito e *ad libitum*, respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sendo que as duas raças representaram os dois tratamentos. No período restrito não houve diferença estatística ($P>0,05$) para consumo de alimento, balanço de nitrogênio, desempenho e digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, extrato etéreo, proteína bruta, celulose, hemicelulose, carboidratos não fibrosos, fração B₂ dos carboidratos e energia bruta. Houve diferença estatística ($P<0,05$) para digestibilidade da fibra em detergente neutro, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas, fibra em detergente neutro corrigida para proteína, fibra em detergente ácido e carboidratos fibrosos, tendo os animais da raça Guzerá apresentado maiores valores de digestibilidade (621,15, 680,91, 631,97, 587,88 e 694,14g/kg, respectivamente) em comparação aos animais da raça Nelore (582,41, 648,01, 593,48, 508,50 e 662,82g/kg, respectivamente). No período *ad libitum*, houve diferença ($P<0,05$) apenas para o consumo de alimento, tendo os animais da raça Guzerá apresentado maior consumo em todas as variáveis analisadas. Para a digestibilidade do extrato etéreo e dos carboidratos fibrosos os animais da raça Guzerá apresentaram maiores valores (695,95 e 597,71g/kg, respectivamente) em comparação aos animais da raça Nelore (626,82 e 571,22 g/kg, respectivamente). Para nitrogênio ingerido, nitrogênio perdido na urina, nitrogênio total excretado e para a relação entre nitrogênio absorvido no trato gastrintestinal e peso vivo metabólico, os animais da raça Guzerá também apresentaram maiores valores (193,17, 62,17, 130,19g/dia, 2,27, 1,53 e 1,47g/kgPV^{0,75}, respectivamente) em comparação aos animais da raça Nelore (172,27, 52,39, 113,67g/dia, 2,05, 1,35 e 1,32g/kgPV^{0,75}, respectivamente). Conclui-se que, embora, encontrada semelhança no desempenho das duas raças, o fator

genético influenciou o consumo de alimento e o balanço de nitrogênio, no período *ad libitum*, e a digestibilidade das frações fibrosas do alimento em ambos os períodos.

Palavras-chave: consumo, digestibilidade, nitrogênio.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the influence of two nutritional plans (restricted and *ad libitum*) on intake, digestibility, nitrogen balance and performance in Guzerá and Nelore heifers. The experiment was conducted at the Veterinary School of the Federal University of Minas Gerais located in the city of Belo Horizonte, MG. Were used Twelve heifers feed individually with diets based on corn silage and concentrate, in proportion voluminous : concentrate 66:34 and 68:32 concentrate based on dry matter, formulated to allow gains of 0.200 and 1.0kg/day, corresponding to the restricted period and *ad libitum*, respectively. The experimental design was completely randomized and the two races represented the two treatments. In the restricted period, there was no statistical difference ($P > 0.05$) for food intake, nitrogen balance, dry matter digestibility, organic matter, ethereal extract, crude protein, cellulose, hemicellulose, non-fibrous carbohydrates, fraction B₂ Of carbohydrates and gross energy. There was a statistical difference ($P < 0.05$) for the digestibility of the fiber in neutral detergent, fiber in neutral detergent corrected for ash, fiber in neutral detergent corrected for protein, fiber in acid detergent and fibrous carbohydrates, with Guzerá animals presented larger digestibility values (621.15, 680.91, 631.97, 587.88 and 694.14g/kg, respectively) compared to the Nelore breed (582.41, 648.01, 593.48, 508.50 and 662.82g/kg, respectively). In the *ad libitum* period, there was difference ($P < 0.05$) only for food consumption with Guzerá animals presented higher consumption in all variables analyzed. For the digestibility of ether extract and fibrous carbohydrates with animals Guzerá presented higher values (695.95 and 597,71g/kg, respectively) compared to animals Nelore (626.82 and 571.22g/kg, respectively). For nitrogen intake, nitrogen lost in urine, the total nitrogen excreted and the relationship between nitrogen absorbed from the gastrointestinal tract and metabolic body weight, also taking animals Guzerá presented higher values (193,17, 62,17, 130,19g/dia, 2,27, 1,53 e 1,47g/kgPV^{0,75}), respectively) compared to animals of the Nelore breed (172,27, 52,39, 113,67g/dia, 2,05, 1,35 e 1,32g/kgPV^{0,75}, respectively). It was concluded that, although it found a similarity in performance between the two races, the genetic factor influenced the feed consumption and the nitrogen balance, in the *ad libitum* period, and a digestibility of the fibrous fractions of the food in both periods.

Keywords: intake, digestibility, nitrogen.

1- INTRODUÇÃO

Na atividade pecuária no Brasil, as raças zebuínas têm participação importante na formação e composição do rebanho, contribuindo de forma expressiva no desenvolvimento da economia. Segundo dados da Associação Brasileira de Criadores de Zebuínos, nos últimos 20 anos, a proporção de animais nascidos comunicados à associação foi de 85,77% da raça Nelore e 14,23% das outras raças, sendo representados pelas raças: Guzerá (3,41%), Gir (3,76%), Indubrasil (0,14%), Tabapuã (3,8%), Sindi (0,24%), Brahman (2,67%) e outras (0,21%) (ABCZ, 2016).

A raça Nelore é a mais criada no Brasil em virtude de suas características de adaptação as condições edafo-climáticas dos trópicos (Souza, 2012). Já a raça Guzerá se destaca entre os zebuínos devido a sua alta rusticidade e potencial de dupla aptidão (carne e leite), o que a torna um importante recurso genético a ser utilizado em áreas tropicais (Peixoto et al., 2010).

O conhecimento técnico de alguns parâmetros tais como consumo alimentar, digestibilidade dos nutrientes e balanço de nitrogênio são de extrema importância pois, a partir destes, pode-se ter uma previsão do desempenho animal quando submetidos a uma determinada dieta. Chizzoti et al. (2005) afirmaram que, além do consumo e da composição bromatológica dos alimentos, é importante o conhecimento da utilização dos nutrientes pelo animal, o que é obtido a partir de estudos sobre digestão.

Condições de alimentação restrita e *ad libitum* devem ser consideradas ao se estudar o desempenho em bovinos, visto que a bovinocultura nacional em sua grande maioria é desenvolvida em condições a pasto, cuja sazonalidade climática afeta a produção de alimento. Uma tecnologia alternativa que visa diminuir os impactos da sazonalidade climática é o uso de confinamentos, na qual os animais recebem alimentação no cocho e seu desempenho é reflexo da dieta proposta.

Dessa forma, o objetivo deste experimento foi determinar o efeito de diferentes planos nutricionais (restrito e *ad libitum*) sobre consumo, digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e desempenho de fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore, durante a fase de crescimento.

2- MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Aprovação do comitê de ética

O experimento foi aprovado pelo comitê de ética em experimentação animal (CETEA) com número de protocolo: 220/11 (Anexo A).

2.2. Local e instalações

O experimento foi realizado na Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, localizada em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, entre junho de 2012 e novembro de 2013. A cidade de Belo Horizonte está situada a 900m acima do nível do mar, possui temperatura média de 23°C (variação de 9 e 35°C), umidade relativa do ar média de 65% e precipitação média anual de 1600mm, com maior concentração de chuvas no período entre outubro e março. O clima é classificado como tropical de altitude (Cwa) conforme a classificação de Köppen (Inzunza, 2005). Os animais foram mantidos em galpão de confinamento tipo “tie stall” com piso de concreto, o qual dispunha de tapetes de borracha de 1,0m² (1,0 x 1,0m) de área e perfurados com crivos de 1,0 cm de diâmetro. Cada animal dispunha de uma área livre de 3m² (2,5 x 1,2m), provida de cochos e bebedouros individuais.

2.3. Animais experimentais

Foram utilizadas 12 novilhas, sendo seis fêmeas da raça Nelore provenientes da fazenda Canivete (Map Agropecuária, localizada no município de Felixlândia-MG), peso vivo inicial médio de 177 ± 15kg com idade média de seis meses e seis fêmeas da raça Guzerá provenientes da fazenda Santa Paula (localizada no município de Curvelo -MG), com peso vivo inicial médio de 181 ± 6kg e também idade média de seis meses.

2.4. Período pré experimental

Antes do início do experimento, os animais passaram por um processo de doma racional e medições prévias em câmara respirométrica (registro de valores base para futuras avaliações) recebendo uma dieta formulada para ganho médio diário de 0,500kg de peso vivo de acordo com o National...2000, fornecida em quantidades ajustadas para se igualarem as condições corporais e diminuir os efeitos do ganho compensatório, uma vez que provinham de condições a pasto e de diferentes propriedades. Este período pré experimental teve a duração de 53 dias. Antes do início do período experimental os animais foram vacinados e vermifugados (Levamisol + Ivermectina), tratados com ectoparasiticida (Fipronil) e receberam vitaminas A, D e E por via subcutânea.

2.5. Período experimental

O período experimental total ocorreu durante a fase de crescimento dos animais, sendo dividido em duas etapas: a primeira, denominada período restrito (restrição alimentar em função do ganho de peso vivo proposto) e a segunda, denominada de período *ad libitum* (sem restrição alimentar).

2.5.1 Período restrito

Inicialmente os animais passaram a receber uma dieta para ganho diário de 0,200kg de peso vivo, segundo o National...2000. Foram realizadas, a cada 15 dias, pesagens dos animais e se necessário fazia-se o ajuste da quantidade de alimento oferecido aos animais. Após a estabilização do ganho de peso vivo proposto iniciaram-se as avaliações de consumo, desempenho e digestibilidade aparente, no entanto, devido a problemas técnicos os animais foram mantidos sob dieta restrita, realizando-se monitoramento do ganho de peso vivo diário e prolongando o período de adaptação. O período restrito compreendeu um total de 279 dias (159 dias de adaptação e estabilização ao ganho proposto e 120 dias para coleta dos dados) tendo os animais da raça Guzerá ao início da coleta dos dados deste período peso vivo médio inicial de $219,17 \pm 13,43\text{kg}$ e os animais da raça Nelore peso vivo médio inicial de $218,75 \pm 12,96\text{kg}$.

2.5.2. Período *ad libitum*

Após término do período restrito iniciou-se o período *ad libitum* na qual os animais passaram a receber uma dieta para ganho de peso diário de 1,0kg de PV segundo o National...2000. Os animais receberam esta dieta *ad libitum* e foram pesados semanalmente até que o ganho de peso vivo se estabilizasse. Este período de estabilização foi observado de forma que os animais não estivessem em ganho compensatório durante a coleta de dados do experimento *ad libitum*. Desta forma o período *ad libitum* compreendeu um total de 180 dias (86 dias de adaptação e estabilização ao ganho proposto e 94 dias para coleta dos dados) tendo os animais da raça Guzerá ao início da coleta dos dados deste período peso vivo médio inicial de $355,33 \pm 14,53\text{kg}$ e os animais da raça Nelore peso vivo médio inicial de $353,33 \pm 24,67\text{kg}$.

2.6. Tratamentos

Os tratamentos foram compostos pelas duas raças (Guzerá e Nelore), as quais foram avaliadas nos dois períodos (restrito e *ad libitum*).

2.7. Dietas e manejo alimentar

As dietas experimentais foram compostas de silagem de milho e concentrado à base de fubá de milho, farelo de soja, núcleo mineral, óxido de magnésio, flor de enxofre e ureia, formuladas na proporção volumoso:concentrado de 66:34 para o período restrito e 68:32 para o período *ad libitum*, com base na matéria seca (MS). As dietas foram planejadas de acordo com o National...2000 para possibilitarem ganhos diários de 0,200 e 1,0kg, durante os experimentos no período restrito e período *ad libitum*, respectivamente (Tabela 1). As dietas foram fornecidas aos animais individualmente, duas vezes ao dia, em quantidades iguais, às 08:00 e às 17:00 horas. Os animais possuíam livre acesso à água durante todo o período experimental. No período *ad libitum* os animais receberam alimentação à vontade, permitindo sobras de alimento correspondentes a 10% a 15% da matéria natural do total oferecido, enquanto que no período restrito os animais receberam alimentação para proporcionar ganho de 0,200kg de peso vivo/dia, e geralmente consumiam todo o alimento em um período de 15 a 20 minutos.

2.8. Determinação do consumo

As dietas fornecidas e as sobras de alimentos foram pesadas diariamente, sendo retiradas amostras de 0,200 a 0,400kg, as quais foram embaladas em sacos plásticos de 3mm de espessura e congeladas em freezer à temperatura de -15°C, para posteriormente serem analisadas. No período restrito, a princípio, os animais receberam a dieta proposta para ganho de peso vivo de 0,200kg/dia por 159 dias para adaptação a dieta e estabilização do ganho e, posteriormente, 58 dias de coleta de dados para a determinação do consumo. No período *ad libitum* os animais receberam a dieta proposta para ganho de peso vivo de 1kg/dia por 86 dias para adaptação a dieta e estabilização do ganho e, posteriormente, 29 dias de coleta de dados para a determinação do consumo.

2.9. Ensaio de digestibilidade aparente e coleta de urina

Durante os experimentos foram realizados ensaios de digestibilidade aparente, que tiveram cinco dias de coleta total de fezes no período *ad libitum* e três dias no período restrito, onde as amostras de alimentos oferecidos, sobras e fezes foram coletadas diariamente e congeladas a -15°C para posteriores análises.

Imediatamente após os ensaios de digestibilidade realizaram-se as coletas tipo *spot* de urina, que foram obtidas quatro horas após a alimentação, durante micção espontânea. Uma alíquota de 60 mL de urina foi coletada para determinação das concentrações de creatinina, nitrogênio urinário e energia bruta. O volume urinário foi estimado multiplicando-se o peso vivo pela

excreção diária de creatinina (mg/kg de peso vivo) e dividindo-se este valor pela concentração de creatinina (mg/L) na urina. Para obtenção da excreção diária de creatinina por kg de peso vivo, adotou-se a média de 27,11 mg/kg de peso vivo, obtida por Barbosa et al. (2006) para novilhas Nelore.

2.10. Processamento das amostras e análises laboratoriais

As amostras de alimentos oferecidos, sobras e fezes foram descongeladas à temperatura ambiente e submetidas à pré-secagem a 55°C por 72 horas. Posteriormente foram moídas em moinho estacionário tipo Thomas-Willey, dotados de peneira com crivos de 5mm, para confecção das amostras compostas. Cada período experimental foi dividido em sub-períodos, para os quais foram elaboradas amostras compostas de alimentos oferecidos e sobras (por animal). As amostras de fezes também formaram uma amostra composta por animal. Cada amostra composta foi novamente moída em moinho estacionário dotado de peneira com crivos de 1mm, sendo armazenadas em frascos herméticos de polietileno para a realização das análises laboratoriais.

Nas amostras compostas de alimento oferecido, sobras e fezes foram realizadas as análises para a determinação dos conteúdos de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e energia bruta (EB), por combustão em bomba calorimétrica adiabática modelo PARR 2081, segundo recomendações da AOAC, 1980. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM) e lignina (LIG) foram determinados pelo método seqüencial proposto por Van Soest et al. (1991), em aparelho ANKOM²²⁰ com adição de 500 µL/g MS da enzima Termamyl 2X na determinação da FDN. A proteína bruta (PB) foi determinada pelo método de Kjeldhal; o nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados a partir da análise de PB nos resíduos da FDN e FDA, cujos cálculos foram realizados para quantificar o teor de nitrogênio das respectivas amostras, sendo que a proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e a proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) foram determinadas multiplicando-se o valor do NIDN e NIDA por 6,25, segundo recomendações de Silva e Queiroz (2002).

A porcentagem de carboidratos totais (CHO_T) foi obtida pela equação proposta por Sniffen et al. (1992), segundo a fórmula: $CHO_T (\%MS) = 100 - [PB (\%MS) + EE (\%MS) + CINZAS (\%MS)]$. Os carboidratos fibrosos (CHO_F) foram obtidos a partir da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}), enquanto que os carboidratos não fibrosos (CHO_{NF}) foram calculados, segundo Kabeya (2000) e Hall (2003), pela diferença entre os

CHO_T e a FDN_{cp} de acordo com a fórmula: $\text{CHO}_{\text{NF}}(\% \text{MS}) = \{100 - [\text{PB}(\% \text{MS}) + \text{EE}(\% \text{MS}) + \text{FDN}_{\text{cp}}(\% \text{MS}) + \text{CINZAS}(\% \text{MS})]\}$.

O fracionamento dos carboidratos foi realizado da seguinte forma: a fração B2 (carboidratos estruturais, potencialmente digestíveis) foi obtida por diferença ($\text{B2} = \text{FDN}_{\text{cp}} - \text{Fração C}$); a fração C (carboidrato indigestível no trato gastrointestinal dos ruminantes ou fração indigestível da fibra) foi estimada de acordo com Sniffen et al. (1992), em que $\text{C} (\% \text{CHO}_T) = [\text{FDN}_{\text{cp}}(\% \text{MS}) \times 2,4 \times \text{lignina}(\% \text{FDN}_{\text{cp}}) / \text{CHO}_T (\% \text{MS})]$ (Tabela 1).

Para o valor dos nutrientes digestíveis totais (NDT) empregou-se a fórmula proposta por Sniffen et al. (1992): $\text{CNDT} = (\text{CPB} - \text{PBf}) + 2,25(\text{CEE} - \text{EEf}) + (\text{CCHO}_T - \text{CHO}_{\text{Tf}})$ onde CPB, CEE e CCHO_T significam, respectivamente, o consumo de PB, EE e CHO_T, enquanto PBf, EEf e CHO_{Tf} significam PB, EE e CHO_T nas fezes.

As amostras de urina foram analisadas para determinação dos valores de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (AOAC, 1995) e EB, como descrito acima. As concentrações de creatinina para determinação do volume urinário foram determinadas em Laboratório especializado terceirizado utilizando-se *kits* comerciais (Labtest).

2.11. Desempenho animal

Foi realizada a pesagem dos animais após jejum prévio de alimentos sólidos de 16 horas, para determinação do peso vivo médio inicial e final. As pesagens intermediárias foram feitas a cada 15 dias, sendo dois dias consecutivos e caso houvesse discrepância dos pesos obtidos uma terceira pesagem era feita, às 7:00h, para monitoramento e ajuste da quantidade de alimento fornecido aos animais, antes do arraçoamento da manhã. O ganho médio diário (GMD) foi determinado pela diferença do peso vivo final e inicial dividido pelo número de dias de coleta de dados do experimento, sendo 57 dias de coleta de dados para o período restrito, já que os animais vinham de um período de adaptação de 159 dias e 31 dias de coleta de dados para o período *ad libitum*, já que os animais vinham de um período de adaptação de 86 dias. A eficiência alimentar foi calculada pela razão entre kg ganho de peso vivo/kg de nutriente consumido ou digestível durante o período de coleta de dados.

2.12. Determinação do balanço de nitrogênio

Para a determinação do balanço de nitrogênio, tanto no período restrito como no período *ad libitum*, utilizou-se os dados de nitrogênio obtidos na determinação do consumo de nutrientes e deste, após ensaio de digestibilidade aparente e coleta total de urina, subtraiu-se as perdas de nitrogênio obtidas nas fezes e também as perdas obtidas através da urina.

Tabela 1. Formulação e composição química das dietas experimentais

ITEM	PERÍODO	
	RESTRITO V:C (66:34)	<i>AD LIBITUM</i> V:C (68:32)
INGREDIENTE	g/kg	
Silagem de milho	662,4	681,6
Fubá de milho	127,3	190,7
Farelo de soja	172,9	109,6
Núcleo mineral ¹	14,5	13,7
Ureia	11,9	3,5
Óxido de magnésio	7,4	0,5
Flor de enxofre	3,2	0,2
COMPOSIÇÃO		
	g/kg	
MS	276,8	381,6
	g/kg de MS	
MO	907,1	929,3
MM	92,8	70,6
EE	35,3	30,1
FDN	458,1	414,4
FDN _c	430,7	392,0
FDN _p	444,4	402,2
FDA	252,7	236,0
HEM	205,3	178,4
CEL	206,2	189,7
LIG	28,3	31,9
PB	194,1	142,2
PIDN	14,2	12,3
PIDA	2,7	1,7
CHO _F (FDN _{cp})	417,0	379,7
CHO _{NF} (A+B ₁)	375,4	483,3
B ₂	330,1	285,7
C	86,9	94,0
	Mcal/kg de MS	
EB	4,2	4,3
EM ²	2,6	2,4

¹Composição: Ca: 207g/kg; P: 90g/kg; Na: 50g/kg; Mg: 18g/kg; Co: 100mg/kg; Cu: 750mg/kg; Mn: 1200mg/kg; Se: 30mg/kg; Zn: 3000 mg/kg; e I: 100mg/kg

²Determinada em ensaio de metabolismo

2.13. Procedimento estatístico

O delineamento experimental utilizado em cada período (restrito e *ad libitum*) foi inteiramente casualizado, constituindo por duas raças (Guzerá e Nelore) e seis repetições, com cada animal representando uma parcela experimental, conforme o modelo estatístico:

$Y_{ij} = M + R_i + e_{ij}$, em que:

Y_{ij} = valor referente a observação da raça i

M = média geral;

R_i = efeito de raça i ($i = 1, 2$);

e_{ij} = erro aleatório associado a todas as observações.

Os parâmetros analisados foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa SAS (versão 9.1.3), admitindo-se 5,0% como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I e quando verificada diferença estatística entre os tratamentos foi utilizado o teste de T de Student para comparações das médias.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

As formulações e as composições químicas das dietas utilizadas estão apresentadas na Tabela 1. Observou-se, na dieta do período restrito, uma menor proporção de silagem de milho e uma maior proporção de concentrado, sendo que este continha maiores proporções de farelo de soja, ureia, núcleo mineral e menor proporção de fubá de milho fazendo com que a composição química da dieta do período restrito apresentasse uma maior concentração de proteína e minerais. Na dieta do período *ad libitum* observou-se maior proporção de silagem de milho e uma menor proporção de concentrado, sendo que este continha maiores proporções de fubá de milho e menores proporções de farelo de soja, ureia e núcleo mineral fazendo com que a composição química da dieta do período *ad libitum* apresentasse menor teor proteico e mineral.

Segundo Brody (1945), a deposição de tecido varia em cada fase da vida do animal. Animais mais jovens depositam maior quantidade de tecido muscular (proteína) e tecido ósseo (minerais), ou seja, uma maior exigência destes nutrientes e visto que os animais neste período eram mais novos, tal fato, possivelmente explica o maior teor proteico e mineral da dieta durante o período restrito. No entanto, animais em idade mais avançada, geralmente após a puberdade, além de já terem concluído o seu desenvolvimento ósseo retêm maiores quantidades de tecido adiposo (energia) que tecido muscular (proteína) e visto que os animais neste período já se encontravam em uma idade mais avançada, possivelmente, tal fato também explique os teores proteicos e minerais mais baixos observados na dieta do período *ad libitum*.

Na Tabela 2 está apresentado o consumo de nutrientes, expresso em kg/dia e em g/kg PV^{0,75}. Não houve diferença estatística (P>0,05), entre as raças no período restrito. No período *ad libitum* houve diferença (P<0,05) entre as raças para todas as variáveis analisadas, sendo que a raça Guzerá apresentou maior consumo.

Tabela 2. Consumo de nutrientes (kg/dia e g/kg PV^{0,75}) em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais

Item	Restrito		EPM*	P	<i>Ad libitum</i>		EPM*	P
	Guzerá	Nelore			Guzerá	Nelore		
Kg/dia								
MS	2,14	2,09	0,023	0,271	8,38	7,46	0,204	0,016
MO	1,94	1,89	0,021	0,284	7,79	6,94	0,190	0,017
EE	0,075	0,072	0,001	0,259	0,26	0,23	0,006	0,008
PB	0,42	0,40	0,005	0,200	1,21	1,08	0,030	0,023
PIDN	0,03	0,03	0,000	0,340	0,10	0,09	0,002	0,010
PIDA	0,01	0,01	0,000	0,341	0,015	0,010	0,001	0,049
NDT	1,74	1,65	0,024	0,069	6,31	5,54	0,166	0,012
g/kg PV ^{0,75}								
MS	36,86	36,01	0,695	0,923	98,42	88,58	2,326	0,026
MO	33,45	32,67	0,387	0,341	91,48	82,45	2,153	0,027
EE	1,30	1,27	0,015	0,344	3,03	2,69	0,069	0,008
PB	7,16	6,98	0,082	0,310	14,18	12,78	0,344	0,034
PIDN	0,52	0,51	0,006	0,431	1,19	1,07	0,029	0,027
PIDA	0,10	0,09	0,001	0,599	0,18	0,16	0,004	0,007
NDT	29,87	28,46	0,422	0,093	74,15	65,83	1,880	0,018

*Erro Padrão da média, n= 12; MS, matéria seca; MO, matéria orgânica; EE, extrato etéreo; PB, proteína bruta; PIDN, proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA, proteína insolúvel em detergente ácido; NDT, nutrientes digestíveis totais

Médias analisadas pelo teste T de Student a 5% de probabilidade

No período *ad libitum* os consumos de MS, MO, EE, PB, PIDN, PIDA E NDT em kg/dia foram 10,9; 10,9; 11,5; 10,7; 10; 33,3; e 12,20% e, em g/kg PV^{0,75}, foram 10; 9,9; 11,2; 9,8; 10; 11,1 e 11,22% superiores na raça Guzerá em relação à raça Nelore, enquanto que no período restrito não houve diferença em nenhum dos parâmetros avaliados.

Borges (2000) avaliou o consumo de MS em novilhas Guzerá com PV médio inicial de 189kg, alimentadas com feno de Tifton 85 (*Cynodon spp*) e concentrado em proporção volumoso:concentrado de 55:45, também oferecida aos animais em dois níveis de alimentação: restrito (energia e proteína 15% acima das exigências de manutenção) e *ad libitum* (para proporcionar ganho médio diário de 1,0kg/dia). Os animais consumiram, em média, 1,53 e 1,89% do PV e 58,9 e 75,2g/kg de PV^{0,75} para os tratamentos restrito e *ad libitum*,

respectivamente. Já Ribeiro (2008) estudando novilhos de diferentes grupos genéticos (Nelore puro (PO), Nelore livro aberto (LA), Tabapuã puro (PO) e Guzerá puro (PO), com peso vivo inicial de 394, 248, 346 e 340kg, respectivamente, alimentados com uma dieta para ganho de 1,340kg/dia, à base de silagem de milho e concentrado em uma relação de 30:70 encontrou valores de consumo de 8,74, 7,51 e 8,87kg/dia, 92,37, 85,40 e 203,47g/kg de PV^{0,75} para MS, 1,21, 1,03 e 1,16kg/dia e 13,06, 12,15 e 13,97g/kg de PV^{0,75} para PB e 0,29, 0,25 e 0,27kg/dia, 3,14, 2,94 e 3,29g/kg de PV^{0,75} para EE nas raças Nelore PO, Nelore LA e Guzerá, respectivamente.

Paulino et al. (2008) avaliaram o efeito da classe sexual (machos inteiros, machos castrados e fêmeas) e o nível de oferta de concentrado (0,6 e 1,2% do PV) sobre o desempenho, consumo e digestibilidade dos nutrientes em bovinos da raça Nelore. A dieta base era composta de silagem de milho como alimento volumoso sendo os concentrados formulados com milho moído, farelo de algodão, ureia, sulfato de amônio, calcário calcítico, cloreto de sódio e mistura mineral comercial. Segundo os autores a interação classe sexual e nível de oferta de concentrado não foi significativa ($P>0,05$) para nenhuma das variáveis estudadas, de forma que, o consumo de MS, MO, PB, EE e NDT foi de 7,85; 6,81; 0,85; 0,23 e 4,71kg/dia para fêmeas e quanto ao nível de concentrado o consumo observado foi de 8,15; 7,05; 0,90; 0,23; 4,65kg/dia para a oferta em nível de 0,6% do PV e 8; 6,88; 0,85; 0,24 e 4,93kg/dia para o nível de oferta de 1,2% do PV. Já Marcondes et al. (2008) também avaliaram o consumo em bovinos da raça Nelore (machos inteiros, castrados e fêmeas) alimentados individualmente ou em grupo, utilizando dois níveis de oferta de concentrado (1 e 1,25% do PV). A dieta fornecida era à base de silagem de milho e concentrado em uma relação volumoso:concentrado de 68:32 e 62:38 para os níveis de 1 e 1,25% de concentrado, respectivamente. Segundo os autores não houve efeito de interação ($P>0,05$) em nenhum dos fatores analisados. O consumo médio de MS foi 7,61kg/dia, 2,51% do PV e 105,13g/kg de PV^{0,75} para fêmeas, 8,03 e 8,05kg/dia, 2,39 e 2,42% do PV, 102,11 e 103,60g/kg de PV^{0,75} para o nível de concentrado na dieta de 1 e de 1,25% do PV e 8,00 e 8,08kg/dia, 2,34 e 2,47% do PV e 100,53 e 105,17g/kg de PV^{0,75} para animais alimentados individualmente ou em grupo, respectivamente.

De forma semelhante ao consumo de nutrientes, as avaliações do consumo das frações fibrosas não diferiram ($P>0,05$) entre as raças durante o período restrito (Tabela 3). Quanto ao período *ad libitum* houve diferença ($P<0,05$) entre as raças para todas as variáveis analisadas, expressadas em kg/dia e em g/PV^{0,75}, sendo que os animais da raça Guzerá apresentaram maior consumo que os animais da raça Nelore.

Tabela 3. Consumo das frações fibrosas (kg/dia e g/kg PV^{0,75}) em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais

Item	Restrito		EPM*	P	<i>Ad libitum</i>		EPM*	P
	Guzerá	Nelore			Guzerá	Nelore		
	kg/dia							
FDN	0,98	0,96	0,010	0,301	3,44	3,06	0,082	0,013
FDA	0,54	0,53	0,005	0,282	1,96	1,74	0,047	0,010
HEM	0,44	0,43	0,004	0,240	1,48	1,32	0,035	0,015
CEL	0,44	0,43	0,004	0,289	1,58	1,40	0,037	0,011
	g/kg PV ^{0,75}							
FDN	16,87	16,50	0,196	0,365	40,43	36,39	0,954	0,025
FDA	9,31	9,10	0,108	0,365	23,07	20,71	0,549	0,022
HEM	7,57	7,40	0,088	0,365	17,35	15,68	0,405	0,030
CEL	7,60	7,43	0,088	0,365	18,54	16,66	0,438	0,022

*Erro Padrão da média, n = 12; FDN, fibra insolúvel em detergente neutro; FDA, fibra insolúvel em detergente ácido; HEM, hemicelulose; CEL, celulose

Médias analisadas pelo teste T de Student a 5% de probabilidade

Os consumos de FDN, FDA, HEM e CEL em kg/dia foram 11,0; 11,2; 10,8 e 11,4% e em g/kg PV^{0,75} foram 10; 10,2; 9,6 e 10,1% superiores na raça Guzerá em relação à raça Nelore no período *ad libitum*.

Itávo et al. (2014) avaliaram o consumo de bovinos cruzados superprecoces, machos e fêmeas, como peso vivo médio de 234,38kg, alimentados com duas dietas (uma cuja base de volumoso era silagem de milho e outra cuja base era silagem de sorgo) e dois concentrados (um cuja fonte de amido era milho moído e outra cuja fonte era sorgo moído), em uma relação volumoso concentrado de 60:40. Os autores não observaram efeito de interação entre dieta e classe sexual, sendo que, quando avaliado quanto à classe sexual as fêmeas tiveram os consumos de 3,15, 1,64 e 1,51kg/dia para FDN, FDA e HEM, respectivamente. De forma semelhante, Paulino et al. (2008) observaram consumo médio de FDN, em fêmeas da raça nelore, de 3,13kg/dia e de 3,64 e 2,73kg/dia em relação ao nível de oferta de concentrado 0,6 e 1,2% do PV, respectivamente.

Souza (2008) estudou bovinos machos não castrados, das raças Sindi e Guzerá, entre 13 e 26 meses de idade, tendo os animais da raça Sindi peso vivo inicial de 172 e 250kg, respectivamente, enquanto que os animais da raça Guzerá apresentaram peso vivo inicial de 228 e 326kg, respectivamente, nas diferentes idades. A dieta era única, oferecida como mistura completa, composta por palma forrageira picada, bagaço de cana *in natura* picado e uma pequena quantidade de concentrado à base de farelo de milho, farelo de soja e uréia, de forma a ser suficiente para um ganho em peso entre 500 e 700g/dia. Não foi verificada

interação entre raças (Guzerá e Sindi) e idades dos animais (12 a 24 meses). O consumo de FDN, FDA e HEM dos animais da raça Guzerá foi de 5,02, 3,17 e 1,85kg/dia, respectivamente. Já Cândido (2009) avaliando o efeito da restrição alimentar (0, 20 e 40%) sobre o consumo de nutrientes e o desempenho em novilhas da raça Guzerá (268,17kg de PV inicial) e da raça Sindi (211,7kg de peso vivo inicial) alimentadas com uma dieta à base de capim elefante e concentrado (raiz de mandioca, farelo de milho, farelo de soja, ureia e mistura mineral) fornecidos na forma de ração completa, com a relação volumoso:concentrado de 69:31 para Guzerá e 61:39 para Sindi, formuladas para permitir um ganho de peso vivo de 0,700kg/dia. O autor não observou interação ($P>0,05$) entre raça e nível de restrição. Os valores de consumo para a raça Guzerá foram de 2,73kg/dia para FDN e 1,15kg/dia para FDA e para níveis de restrição alimentar, seguindo de 0 a 40%, o consumo diminuiu de 3,25 a 1,98, 1,25 a 0,88kg/dia para FDN e FDA, respectivamente.

Ribeiro (2008) encontrou valores de 2,62, 2,27 e 2,38kg/dia e 28,3; 26,7 e 28,7g/kg de $PV^{0,75}$ para o consumo de FDN nas raças Nelore puro (PO), Nelore livro aberto (LA) e Guzerá puro (PO), respectivamente.

Do mesmo modo a avaliação do consumo de carboidratos (Tabela 4), em kg/dia e em $g/PV^{0,75}$, não apresentou diferença estatística ($P>0,05$) entre as raças quanto às variáveis analisadas no período restrito, enquanto que para o período *ad libitum* houve diferença ($P<0,05$) entre as raças para todas as variáveis analisadas, sendo que a raça Guzerá apresentou maior consumo.

O consumo dos CHO_T , CHO_F (FDNcp), CHO_{NF} (A+B₁), fração B₂ e fração C em kg/dia foram 10,8; 10,7; 10,9; 10,6 e 10,1% e em $g/kg PV^{0,75}$ foram 9,92; 9,8; 10; 9,9 e 10,5% superiores na raça Guzerá em relação à raça Nelore no período *ad libitum*.

Resultados inferiores (3,02 kg/dia) no consumo de $CHO_{NF}(A+B_1)$ foram observados por Itávo et al. (2014), ao avaliarem fêmeas bovinas em crescimento. Já Paulino et al. (2008) encontraram resultados de consumo de CHO_{NF} (A+B₁) de 2,80kg/dia em fêmeas da raça Nelore e de 2,48 e 3,26kg/dia em relação ao nível de oferta de concentrado (0,6 e 1,2% do PV). Já Vêras et al. (2007) encontraram valores de 1,85kg/dia para o consumo de CHO_{NF} (A+B₁) em fêmeas da raça Nelore alimentadas com silagem de milho e concentrado, numa relação volumoso:concentrado de 75:25.

Tabela 4. Consumo de carboidratos (kg/dia e g/kg PV^{0,75}) em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais

Item	Restrito		EPM*	P	<i>Ad libitum</i>		EPM*	P
	Guzerá	Nelore			Guzerá	Nelore		
	kg/dia							
CHO _T	1,69	1,65	0,018	0,258	7,21	6,43	0,176	0,017
CHO _F (FDN _{cp})	0,89	0,87	0,009	0,247	3,16	2,82	0,075	0,015
CHO _{NF} (A+B ₁)	0,80	0,78	0,008	0,194	4,05	3,61	0,101	0,020
B ₂	0,70	0,69	0,007	0,288	2,36	2,11	0,057	0,015
C	0,19	0,18	0,002	0,360	0,79	0,71	0,018	0,019
	g/kg PV ^{0,75}							
CHO _T	29,22	28,55	0,338	0,349	84,68	76,28	1,999	0,026
CHO _F (FDN _{cp})	15,37	15,02	0,178	0,364	37,08	33,44	0,864	0,026
CHO _{NF} (A+B ₁)	13,85	13,53	0,160	0,335	47,60	42,84	1,144	0,029
B ₂	12,16	11,89	0,141	0,361	27,78	25,03	0,647	0,024
C	3,20	3,13	0,037	0,363	9,39	8,40	0,225	0,039

*Erro Padrão da média, n = 12; CHO_T, carboidratos totais; CHO_F, carboidratos fibrosos ou FDN_{cp}, fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CHO_{NF} (A+B₁), carboidratos não fibrosos ou fração A+B₁ dos carboidratos; B₂, fração B₂ dos carboidratos e C; fração C dos carboidratos

Médias analisadas pelo teste T de Student a 5% de probabilidade

Segundo o National...(1996) as diferenças entre espécies de bovídeos variam de acordo com as exigências de manutenção, o peso vivo, a categoria animal e o desempenho esperado. Melo et al. (2007) afirmaram que diferentes capacidades de ingestão são observadas nos distintos grupos genéticos, sendo que os diferentes aportes de nutrientes podem influenciar o desenvolvimento dos órgãos e trato gastrointestinal (TGI). Similarmente Ferrel et al. (1976) ressaltaram que o maior peso dos constituintes do trato gastrointestinal está associado ao maior consumo de nutrientes e, conseqüentemente, ao maior aporte de nutrientes, visto que esses participam ativamente dos processos de digestão e absorção. Desta forma Pacheco et al. (2005) afirmaram que a avaliação das partes não integrantes da carcaça podem ser utilizadas como informação auxiliar para compreender características relacionadas ao desempenho dos animais e à carcaça.

Jorge et al. (1999), avaliaram o peso das vísceras (compartimentos do TGI) em zebuínos de quatro raças (Gir, Guzerá, Nelore e Tabapuã) submetidos a uma alimentação restrita (ganho de 15% acima da manutenção) e outra *ad libitum*, ganho de 1,1kg/dia, ambas com uma proporção de volumoso:concentrado de 50:50. Neste estudo não houve interação entre raça e dieta, sendo que ao avaliar as raças, somente o peso do abomaso se diferiu (P<0,05), tendo a raça Guzerá maior peso em relação a raça Nelore. Já os animais que receberam uma alimentação restrita apresentaram menor peso dos estômagos (rúmen, retículo, omaso e

abomaso) e do TGI quando relacionados com os animais do grupo *ad libitum* abatidos aos 405kg de peso vivo.

Menezes et al. (2007) avaliaram também o desenvolvimento dos órgãos internos em novilhos Charolês e Nelore confinados, em terminação, com peso vivo médio de 304kg, alimentados com uma dieta *ad libitum*, com uma relação volumoso:concentrado de 52:48, fornecida para permitir ganho de peso vivo diário de 1,2kg. Os autores observaram diferença estatística ($P < 0,05$) nos valores, em pesos absolutos (kg), do rúmen (5,6 vs 9,1), abomaso (1,7 vs 3,9), intestino delgado e intestino grosso (5,4 vs 7,4) e do TGI (16,6 vs 25,5) respectivamente para os animais da raça Nelore e Charolês. Já Catlelan et al. (2011) avaliaram o tamanho dos órgãos em novilhos, inteiros e castrados, com predomínio genético Charolês ou Nelore, peso vivo médio de 267kg alimentados com uma dieta de relação volumoso:concentrado de 50:50. Não foi observado efeito de interação entre condição sexual x predomínio genético para os valores absolutos (kg) do omaso (4,24 vs 3,46), intestinos (8,18 vs 6,84) e para o TGI (16,88 vs 14,90) para animais com predomínio Charolês e Nelore, respectivamente. Os autores concluíram que o predomínio Charolês influencia o maior desenvolvimento do TGI em relação ao genótipo Nelore.

Kuss et al. (2007) avaliaram o tamanho dos órgãos em vacas de descarte de segunda (G2) e terceira (G3) geração resultantes de cruzamento alternado Charolês x Nelore alimentadas com uma dieta de relação volumoso:concentrado de 48:52, abatidas em três faixas de peso vivo (460, 510 e 560kg). Não houve efeito de interação entre peso do abate x geração de cruzamento ou peso de abate x grupo genético sendo que os autores observaram efeito heterótico, em kg, entre as gerações para tamanho de rumém-retículo (12,30 vs 14,29) e abomaso (22,28 vs 24,43) para a G2 e G3, respectivamente, mostrando que a genética também influencia o desenvolvimento das vísceras e em consequência o desempenho dos animais.

O tamanho relativo das várias partes do corpo altera-se na medida em que o animal se desenvolve e segundo Oliveira et al. (1992) fatores como raça e a maturidade podem dar origem às diferenças anatômicas no trato gastrointestinal. Desta forma, no período *ad libitum*, possivelmente os animais da raça Guzerá apresentavam maior desenvolvimento dos órgãos do trato digestivo em relação aos animais da raça Nelore, o que permitiu um maior consumo de alimento destes animais.

O National...(1987) reporta a existência da relação entre a concentração energética da dieta e o consumo de MS, baseado no conceito que em dietas com baixa energia (alta fibra), o consumo de MS é controlado por fatores como enchimento ruminal e impedimento de

passagem da digesta, enquanto para dietas com alta energia (baixa fibra), o consumo de MS é controlado pela demanda energética do animal e por fatores metabólicos. Ellis (1978) e Forbes (1995) relataram que dietas a base de volumoso, caracterizadas pela elevada proporção de fibra influenciam o consumo pelas características peculiares do trato digestivo dos ruminantes, como períodos longos de permanência do alimento e grande capacidade física de armazenamento do pré-estômago, sendo o mecanismo que regula o consumo, a distensão ruminal, influenciado pelas taxas de digestão e de passagem do alimento. Van Soest (1982) afirma que a limitação do consumo por distensão física do rúmen-retículo é um mecanismo de particular importância no caso de gramíneas tropicais, em consequências dos seus altos conteúdos de FDN. Desta forma, Mertens (1994) sugeriu uma maneira quantitativa de se identificar quando o consumo é limitado pelo enchimento ruminal (controle físico) é quando a ingestão de FDN é maior que 12g/kg de peso vivo, ou seja, consumo maior que 1,2% do PV. Neste experimento, no período *ad libitum*, os animais tiveram consumo de FDN de 0,84% e 0,76% do peso vivo para as raças Guzerá e Nelore, respectivamente, mostrando que o consumo de FDN não afetou o consumo segundo Mertens (1994). De acordo com este mesmo autor, embora, o efeito de enchimento ruminal sobre a regulação do consumo não seja evidenciado neste experimento, e sim o efeito de densidade energética da dieta, as correlações entre consumo e digestibilidade dos nutrientes (Apêndice A e B) mostraram que nos animais da raça Nelore o efeito de densidade energética está atuando de uma forma mais eficiente na regulação do consumo de alimento em comparação aos animais da raça Guzerá.

Avaliando a digestibilidade dos nutrientes (Tabela 5) no período restrito houve diferença estatística ($P < 0,05$) entre as raças para as variáveis MS, FDN, FDNc, FDNp, CHO_F (FDNcp) e FDA, sendo que a raça Guzerá apresentou os maiores valores de digestibilidade em comparação à raça Nelore. No entanto, para as demais variáveis, não houve diferença ($P > 0,05$). No período *ad libitum* houve diferença ($P < 0,05$) apenas para as variáveis EE e CHO_F (FDNcp), tendo a raça Guzerá apresentado os maiores valores de digestibilidade. As digestibilidades da MS, FDN, FDNc, FDNp, FDA e CHO_F (FDNcp), durante o período restrito, foram 4,3; 6,2; 4,8; 6,1; 13,5 e 4,5% superiores nos animais da raça Guzerá quando comparadas com os animais da raça Nelore, enquanto que no período *ad libitum*, os valores de EE e dos CHO_F (FDNcp) encontrados para a raça Guzerá foram superiores aos encontrados na raça Nelore em 9,9 e 4,4%, respectivamente.

Tabela 5. Digestibilidade dos nutrientes e da energia em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais

Item	Restrito		EPM*	P	<i>Ad libitum</i>		EPM*	P
	Guzerá	Nelore			Guzerá	Nelore		
	g/kg de nutriente							
MS	721,14	690,34	6,293	0,006	674,01	673,23	4,662	0,938
MO	764,55	746,07	5,153	0,069	695,67	688,59	3,879	0,386
EE	753,26	711,37	14,300	0,151	695,95	626,82	14,381	0,007
PB	809,30	794,89	4,545	0,116	647,98	643,96	6,716	0,780
PIDN	334,08	305,52	19,064	0,480	296,17	326,36	29,616	0,633
FDN	621,15	582,41	7,917	0,006	576,75	570,31	6,908	0,663
FDNc	680,91	648,01	5,124	0,000	587,05	562,73	6,469	0,054
FDNp	631,97	593,48	7,814	0,005	586,31	578,41	6,893	0,591
FDA	587,88	508,50	13,448	0,000	567,98	558,45	7,098	0,528
HEM	676,94	667,09	5,553	0,401	607,34	585,59	6,759	0,109
CEL	732,19	716,39	7,163	0,291	633,29	617,29	6,694	0,250
CHO _T	748,62	730,89	5,415	0,103	710,89	705,41	3,688	0,484
CHO _F (FDN _{cp})	694,14	662,82	4,955	0,000	597,71	571,22	6,292	0,027
CHO _{NF} (A+B ₁)	826,17	794,39	8,591	0,059	809,79	824,32	5,214	0,174
B ₂	865,94	891,03	9,253	0,187	751,46	727,66	7,729	0,128
EB	754,23	737,37	4,656	0,066	679,41	674,86	4,357	0,625

*Erro Padrão da média, n = 12; MS, matéria seca; MO, matéria orgânica; EE, extrato etéreo; PB, proteína bruta; PIDN, proteína insolúvel em detergente neutro; FDN, fibra insolúvel em detergente neutro; FDNc, fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas; FDNp, fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para proteína; FDNcp, fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDA, fibra insolúvel em detergente ácido; HEM, hemicelulose; CEL, celulose; CHO_T, carboidratos totais; CHO_F, carboidratos fibrosos; CHO_{NF}(A+B₁), carboidratos não fibrosos ou fração A+B₁ dos carboidratos; B₂, fração B₂ dos carboidratos; EB, energia bruta

Médias analisadas pelo teste T de Student a 5% de probabilidade

Borges (2000) avaliando a digestibilidade em novilhas da raça Guzerá alimentadas com uma dieta à base de feno e concentrado na proporção volumoso:concentrado de 55:45 oferecida em dois níveis de alimentação (*ad libitum* e restrito), encontrou valores de digestibilidade de 607,0 e 617,4; 626,2 e 618,6; 598,4 e 615,9; 633,9 e 653,7; 444,0 e 469,5g/kg nutriente para MS, PB, EB, CHO_T e FDN, respectivamente, para os níveis de alimentação *ad libitum* e restrito. Já Lançanova et al. (2001) avaliaram a digestibilidade da dieta em bovinos de cinco grupos genéticos (Gir, Guzerá, Nelore, Caracu e Santa Gertrudis), com PV médio de 349kg, alimentados com uma dieta composta de feno de capim-braquiária e concentrado na proporção de volumoso:concentrado de 44:56. Os autores encontraram valores de 596,3 e 441,7; 500,5 e 520,0; 590,0 e 551,4; 365,5 e 398,5; 745,2 e 681,3; 480,6 e 499,3 em g/kg de EE, PB, FDN, FDA, HEM e CEL, respectivamente, nos animais da raça Guzerá e Nelore, obtidos pela coleta total de fezes. Vêras et al. (2007) encontraram em fêmeas da raça Nelore,

alimentadas com silagem de milho e concentrado na relação volumoso:concentrado de 75:25, valores de digestibilidade de 574,8; 616,0; 512,2; 766,4; 399,4 e 884,7g/kg para MS, MO, PB, EE, FDN e $\text{CHO}_{\text{NF}}(\text{A}+\text{B}_1)$, respectivamente. Já Paulino et al. (2008) encontraram valores de digestibilidade da MS, MO, PB, EE, FDN e $\text{CHO}_{\text{NF}}(\text{A}+\text{B}_1)$ de 593,5; 630,2; 587,6; 819,6; 431,5 e 864,2g/kg em fêmeas da raça nelore, 562,2; 597,8; 579,1; 856,1; 425,9 e 863,4g/kg para o nível de oferta de concentrado 0,6% do PV e 625,8; 656,6; 594,3; 856,2; 418,4 e 872,0g/kg para o nível de oferta de concentrado de 1,2% do PV).

Segundo Silva e Leão (1979) a digestibilidade do alimento é a capacidade do animal de aproveitar seus nutrientes em maior ou menor escala, expressa pelo coeficiente de digestibilidade dos nutrientes em apreço, e é uma característica influenciada tanto pelo animal como pelo alimento. Similaridade foi observada por Van Soest (1994) ao afirmar que a digestibilidade pode ser definida como um processo de conversão de macromoléculas dos nutrientes em compostos mais simples, que podem ser absorvidos no trato gastrintestinal, de forma que Santana Júnior et al. (2012) afirmaram que as medidas de digestibilidade servem para qualificar o alimento quanto ao seu valor nutritivo e indicam o percentual de cada nutriente do alimento que o animal potencialmente pode aproveitar.

Galyean e Owens (1991) afirmaram que com a redução da ingestão, a taxa de passagem de sólidos e líquidos também estaria reduzida e levaria a um maior tempo de retenção e maior digestibilidade das frações fibrosas e segundo McDonald et al. (1993) a digestibilidade é afetada pela composição dos alimentos e da ração, preparo dos alimentos, fatores dependentes dos animais e nível nutricional. Desta forma, a diferença ($P < 0,05$) encontrada na digestibilidade de alguns nutrientes entre as duas raças nos diferentes períodos, pode ser explicada em parte pelos resultados encontrados por Molina (2016, dados não publicados), que avaliou o comportamento ingestivo destes mesmos animais em ambos os períodos. Segundo o autor, no período restrito, os animais da raça Guzerá alimentaram mais rápido, ruminaram mais tempo, tiveram uma maior eficiência de alimentação em g/minuto da MS, MO, CHO_F (FDNcp), HEM, CEL, mastigaram mais por bolo ruminado e dispenderam mais tempo (segundos) mastigando cada bolo ruminado em relação aos animais da raça Nelore. Já no período *ad libitum* a raça Guzerá também apresentou menor tempo de alimentação, maior tempo de ruminação, melhor eficiência de alimentação em g/minuto da MS, MO, CHO_F (FDNcp), HEM e CEL, maior número de mastigações merísticas por minuto e maior número de bolos ruminados ao dia em relação aos animais da raça Nelore.

Santana Júnior et al. (2012) avaliando o comportamento ingestivo em novilhas mestiças (5/8 Guzerá x 3/8 Holandês), média de peso vivo de 187kg, 18 meses de idade, alimentadas a

pasto recebendo suplementação concentrada no cocho, encontraram valores positivos de correlação para a digestibilidade da FDN com o tempo de alimentação total ($r = 0,73$, $p = 0,0199$) e com o tempo de mastigação total ($r = 0,75$, $p = 0,0161$). Os autores concluíram que o coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro provoca variações no tempo de pastejo dos animais. Santana Junior et al. (2013) avaliando estes mesmos animais observaram também correlação positiva para peso vivo com o tempo de ruminação ($r = 0,69$, $p = 0,0293$), número de mastigações merísticas por dia ($r = 0,67$, $p = 0,0346$) e número de bolos ruminados por dia ($r = 0,74$, $p = 0,0181$). No entanto, os autores concluíram que as correlações encontradas com os aspectos de ruminação não interferiram nos resultados produtivos dos animais.

Candido et al. (2012) avaliando o efeito da restrição alimentar (0, 20 e 40%) sobre o comportamento ingestivo em novilhas da raça Guzera e da raça Sindi alimentadas com uma dieta à base de capim elefante e concentrado fornecidos em uma relação volumoso:concentrado de 69:31 para Guzera e 61:39 para Sindi, formuladas para permitir um ganho de peso vivo de 0,700kg/dia, não observou interação ($P > 0,05$) entre raça e nível de restrição, sendo que, houve diferença ($P < 0,05$) entre as raças quando se avaliou a eficiência de ruminação da MS (1198,78 vs 1057,91g/hora) e da FDN (625,49 vs 531,67g/hora) para as raças Guzera e Sindi, respectivamente.

Provavelmente, os animais da raça Guzera por apresentarem maior tempo de ruminação, mastigação dos nutrientes e tempo na mastigação do bolo ruminal contribuíram mais para uma maior redução no tamanho das partículas da digesta, maior contato da digesta com a flora ruminal, tornando-a mais susceptível ao ataque microbiano, e conseqüentemente em maior digestibilidade de alguns nutrientes da dieta, conforme verifica-se na tabela 5.

Avaliando o balanço de nitrogênio (Tabela 6) não foi observada diferença estatística ($P > 0,05$) para todas as variáveis analisadas durante o período restrito. No entanto, no período *ad libitum* os animais da raça Guzera apresentaram valores superiores aos animais da raça Nelore ($P < 0,05$) para as variáveis Ning, Nurina e Ntext em g/dia e Ning, Ntext e NR₂ em g/kg de PV^{0,75}.

A ingestão de nitrogênio, em g/dia e em g/kg de PV^{0,75}, no período *ad libitum* foi superior 10,8 e 9,7% na raça Guzera quando comparada à raça Nelore. No entanto, neste período as perdas urinárias e as perdas totais excretadas pelo animal, em g/dia, foram inferiores 15,7 e 12,7% na raça Nelore quando comparada à raça Guzera. Entretanto, a absorção de nitrogênio no trato TGI dos animais da raça Guzera foi superior 10,2% em relação aos animais da raça

Nelore neste período, o que resultou em semelhança nos valores de Nret entre as raças em ambos os períodos.

Tabela 6. Balanço aparente de nitrogênio em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais

Item	Restrito		EPM*	P	<i>Ad libitum</i>		EPM*	P
	Guzerá	Nelore			Guzerá	Nelore		
	g/dia							
² Ning	66,55	64,74	0,726	0,228	193,17	172,27	4,865	0,022
³ Nfezes	12,67	13,28	0,279	0,293	68,03	61,29	2,058	0,103
⁴ Nurina	33,62	32,73	0,945	0,657	62,17	52,39	2,530	0,046
⁵ Ntexc	46,29	46,01	0,948	0,889	130,19	113,67	3,796	0,020
⁶ Nret	20,26	18,73	1,243	0,565	62,98	58,59	2,207	0,344
	g/kg PV ^{0,75}							
¹ Ning	1,15	1,11	0,013	0,253	2,27	2,05	0,054	0,035
¹ Nfezes	0,22	0,23	0,005	0,261	0,80	0,73	0,025	0,164
¹ Nurina	0,58	0,56	0,015	0,646	0,73	0,62	0,029	0,064
¹ Ntexc	0,79	0,79	0,015	0,961	1,53	1,35	0,046	0,046
¹ Nret	0,35	0,32	0,022	0,596	0,74	0,69	0,022	0,349
⁸ NR2	0,93	0,88	0,012	0,119	1,47	1,32	0,036	0,028
	g/kg de MS							
⁷ NR1	25,14	24,66	0,147	0,106	14,94	14,97	0,165	0,847
¹¹ DAN	809,30	794,89	4,545	0,116	647,98	644,01	6,715	0,782
	g							
⁹ NR3	0,30	0,29	0,016	0,744	0,32	0,34	0,009	0,546
¹⁰ NR4	0,37	0,36	0,020	0,761	0,50	0,53	0,014	0,452

*Erro Padrão da média n = 12; ²Ning, nitrogênio ingerido pelo animal; ³Nfezes, nitrogênio perdido nas fezes; ⁴Nurina, nitrogênio perdido na urina, ⁵Ntexc, total de nitrogênio excretado pelo animal; ⁶Nret, nitrogênio retido pelo do animal; ⁷NR1: g de nitrogênio absorvido no trato gastrointestinal/kg de MS; ⁸NR2: g de nitrogênio absorvido no trato gastro intestinal/kg PV^{0,75}; ⁹NR3: g de nitrogênio retido/g de nitrogênio ingerido; ¹⁰NR4: g de nitrogênio retido/g de nitrogênio absorvido no trato gastro intestinal; ¹¹DAN = digestibilidade aparente do nitrogênio (g/kg de MS)

Médias analisadas pelo teste T de Student a 5% de probabilidade

A excreção de nitrogênio nas fezes e na urina depende principalmente do teor de nitrogênio da dieta e de sua digestibilidade, mas também pode variar com as espécies animais (Devendra, 1990). Segundo Kebreab et al. (2010) a ingestão de nitrogênio tem sido identificada como o principal causador da excreção de nitrogênio, enquanto que Mills et al. (2009) relataram que o aumento no nitrogênio urinário é positivamente e linearmente relacionados com a ingestão de nitrogênio. Van Soest (1994) afirma que aumentos na ingestão de nitrogênio estão associados à maior produção de ureia no fígado e à maior excreção de ureia via urina, enquanto a baixa ingestão de nitrogênio conduz a uma redução na excreção de ureia na urina para manutenção

do *pool* de ureia plasmático, que está sob controle fisiológico homeostático. Já Reynolds e Firkins (2005) identificaram que a excreção de nitrogênio está relacionada não apenas à ingestão de nitrogênio, mas a outros parâmetros, como o conteúdo energético da dieta.

Ferreira (2014), avaliando o balanço de nitrogênio em bovinos F1 Holandês x Gir, machos, não castrados, com peso vivo inicial médio de 302kg, alimentados com dietas compostas de silagem de milho e concentrado (fubá de milho, farelo de soja, núcleo mineral, óxido de magnésio, flor de enxofre, calcário e ureia), fornecidos na proporção volumoso:concentrado de 58:42, com base na MS, inicialmente formuladas de acordo com o National...(2000) para possibilitarem ganhos de 100, 500 e 900g/dia, correspondendo aos tratamentos baixo, médio e alto (consumo *ad libitum*) ganho de peso, respectivamente, encontraram valores de 98,50 e 172,68, 25,50 e 62,29, 38,89 e 40,04, 64,40 e 102,33, 34,11 e 70,36g/dia, 1,33 e 20,6, 0,34 e 0,74, 0,52 e 0,48, 0,87 e 1,22 e 0,46 e 0,84g/kg de PV, 0,75 para Ning, Nfezes, Nurina, Ntexc e Nret, valores de valores de DAN de 740,72 e 640g/kg de MS, de NR3 de 0,35 e 0,41g e de NR4 de 0,47 e 0,64g para os tratamentos de ganho baixo e alto, respectivamente. Já Santos et al. (2010) avaliaram o balanço de nitrogênio em novilhas Holandês-zebu com 180kg de PV, recebendo dietas à base de silagem de milho como volumoso e como base do concentrado, constituído de farelo de soja ou farelo de algodão fornecidos em quantidades de 1,0 a 2,0kg, ou seja, quatro dietas experimentais. As relações volumoso:concentrado foram 82,5:17,5 e 65:35 para o fornecimento de 1,0 ou 2,0kg de concentrado, independente da fonte proteica utilizada. Os autores observaram valores de Ning, Nfezes, Nurina e Nret variando de 115 a 127, 24,2 a 37,9, 57,2 a 67,2 e 29,2 a 34,2g/dia, respectivamente.

Véras et al. (2007) avaliaram o balanço de nitrogênio em bovinos nelores de diferentes classes sexuais (fêmeas, machos castrados e machos inteiros), alimentados com uma dieta de relação volumoso:concentrado de 75:25 e quatro níveis de proteína bruta (7, 10, 13 e 15%). Os autores não observaram efeito de interação entre classe sexual e o nível de PB na dieta. Os mesmos encontraram valores de 85,4; 38,1; 22,7 e 24,7 g/dia e 134,1; 46,9; 32,3 e 54,8 g/dia para Ning, Nfezes, Nurina e Nret para fêmeas e para o nível de 15% de PB da dieta, respectivamente. Enquanto que Heiderich (2013) estudando o balanço de nitrogênio em bovinos machos da raça Nelore, não castrados, avaliados em três pesos vivos médios iniciais (320, 400 e 450kg), alimentados com dietas à base de silagem de milho e concentrado, com relação volumoso:concentrado de 60:40, as quais foram balanceadas para obter os teores de 10, 14 e 18% de PB encontrou na dieta com 18% de PB, valores de 0,612 e 0,596g/kg de PV para o Ning, 0,190 e 0,165g/kg de PV para o Nfezes, 0,178 e 0,277g/kg de PV para o Nurina e 0,258 e 0,162g/kg de PV para o Nret.

O termo status de nitrogênio define a disponibilidade quantitativa e qualitativa de compostos nitrogenados para todas as funções fisiológicas no metabolismo animal, incluindo-se as funções associadas com o metabolismo de outros compostos (Detmann et al., 2014). Com base no conceito de status de nitrogênio, pode ser estabelecido que os compostos nitrogenados disponíveis para o metabolismo animal seriam utilizados para diferentes funções metabólicas seguindo-se uma ordem de prioridade, a saber: sobrevivência, manutenção e produção (crescimento, reprodução etc). Portanto, deposições de nitrogênio na forma de tecidos corporais ou produtos somente ocorreriam depois de supridas as demandas por compostos nitrogenados com maior prioridade (Detmann et al., 2014). Uma das funções metabólicas de maior prioridade é a reciclagem de nitrogênio para o trato gastrointestinal. Esta assertiva mostra-se plausível considerando-se que um suprimento contínuo de nitrogênio para o crescimento microbiano no rúmen deve ser visto como estratégia de sobrevivência (Egan, 1965b; Van Soest, 1994). Portanto, haverá menor deposição de nitrogênio na forma de tecidos, sob baixas concentrações dietéticas de compostos nitrogenados, devido ao fato de uma maior percentagem do nitrogênio ingerido ser direcionada para reciclagem e, como consequência, menor percentagem do nitrogênio estará disponível para produção (Figueiras et al., 2015). Diante do fato de que as dietas oferecidas eram as mesmas, no período *ad libitum*, a menor excreção de nitrogênio urinário observada nos animais da raça Nelore, possivelmente, esteja relacionada ao menor consumo de nitrogênio e a maior adaptabilidade destes animais as condições tropicais, ou seja, melhor reciclagem de nitrogênio como estratégia de sobrevivência.

Avaliando o desempenho e a eficiência alimentar (Tabela 7) observa-se que não houve diferença estatística ($P>0,05$) entre as raças Guzerá e Nelore para nenhuma das variáveis analisadas em ambos os períodos.

Tabela 7. Desempenho e eficiência alimentar de fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore em diferentes planos nutricionais

Item ¹	Restrito		EPM*	P	<i>Ad libitum</i>		EPM*	P
	Guzerá	Nelore			Guzerá	Nelore		
² Pvi (kg)	219,17	218,75	3,633	0,957	355,33	353,33	5,580	0,867
³ Pvf (kg)	231,58	230,50	3,592	0,888	394,42	385,83	5,442	0,457
⁴ GMD (kg)	0,218	0,206	0,008	0,520	1,261	1,048	0,065	0,107
⁵ EAMS	0,10	0,09	0,004	0,555	0,15	0,14	0,005	0,480

*Erro padrão da média, n = 12; ²PVi, peso vivo inicial; ³PVf, peso vivo final; ⁴GMD, ganho médio diário; ⁵EAMS, eficiência alimentar: kg de ganho de peso/kg de MS ingerida

Médias analisadas pelo teste T de Student a 5% de probabilidade

Resultados semelhantes aos dois experimentos foram encontrados por Old e Garrett (1987), utilizando bovinos machos inteiros e novilhas, entre 220 e 470kg de peso vivo, em restrição de 70 a 85% do consumo *ad libitum*, não obtiveram efeito do nível de alimentação na eficiência alimentar.

Itávo et al. (2014) avaliando o consumo e o desempenho de bovinos cruzados superprecoces, machos e fêmeas, com peso vivo médio de 234,38kg encontraram em fêmeas confinadas até 360kg de peso vivo cujo ganho médio diário foi de 1,15kg uma eficiência alimentar de 0,1495, já quando os animais eram confinados dos 360 a 480kg de peso vivo, as fêmeas cujo ganho médio diário foi de 0,930kg tiveram uma eficiência alimentar de 0,0866. Já Souza (2008) encontrou em animais da raça Guzerá, com ganho médio diário de 0,650kg de peso vivo, valor de eficiência alimentar de 0,09.

Silva (2016) avaliou o desempenho em bovinos de diferentes grupos genéticos, machos e fêmeas, com peso vivo médio de 330kg, durante a fase de crescimento, recebendo duas dietas isoproteicas (controle e energética), cuja base era silagem de milho e concentrado na proporção 68:32 e 65:35 não encontrando interação significativa ($P>0,05$) entre classe sexual e dieta e observando valores de 9,631 e 8,89kg/dia para consumo de matéria seca, 1,634 e 1,237kg para ganho de peso vivo e de 0,17 e 0,14 para eficiência alimentar em machos e fêmeas, respectivamente.

Segundo Santos (2014) sabe-se que a variação individual na eficiência de utilização dos nutrientes entre animais do mesmo tipo (raça, sexo, idade) que consomem o mesmo alimento. No período restrito os menores valores encontrados na eficiência alimentar provavelmente estão relacionados ao maior gasto no metabolismo animal voltado para a manutenção e menor gasto com a produção. Entretanto, no período *ad libitum* o gasto com a produção aumenta de forma que o efeito de diluição produção e manutenção é mais eficiente quando os animais são submetidos a altos ganhos de peso vivo.

Segundo o National...(1996) à medida que avança o grau de maturidade, observa-se diminuição do consumo por unidade de peso metabólico, relacionada à redução de apetite e, principalmente, à competição de espaço abdominal e ao limite do potencial de deposição de gordura.

Desta forma, mesmo que os animais da raça Guzerá se sobressaiam em relação aos animais Nelore em algumas características avaliadas é possível que diferenças na exigência de manutenção e no grau de maturidade entre os animais tenha igualado as eficiências alimentares,

visto que, os animais da raça Guzerá são mais tardios em comparação aos animais da raça Nelore fazendo com que na mesma idade a utilização de nutrientes e a deposição de tecido (muscular e adiposo) seja diferente entre as raças.

4 - CONCLUSÕES

No período *ad libitum* o fator genético teve influência sobre o consumo de alimento.

Efeitos de idade e grupo genético foram observados quanto à digestibilidade do alimento, principalmente quanto às frações fibrosas.

A eficiência alimentar, independente do plano nutricional, foi similar entre as raças Guzerá e Nelore, em condições de confinamento.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS CRIADOS DE ZEBU - ABCZ. Disponível em: <<http://www.abcz.org.br/>>. Acesso em: 20/06/2016.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 16ed. Arlington: AOAC International, v.1, p.1-30, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. *Official methods of analysis*. 13th Washington - D.C.: AOAC. 1980, 1015p.

BARBOSA, A. M.; VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Efeito do período de coleta de urina, dos níveis de concentrado e de fontes proteicas sobre a excreção de creatinina, de ureia e de derivados de purina e a produção microbiana em bovinos Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.3, p.870-877, 2006.

BORGES, A. L. C. C. *Exigências nutricionais de proteína e energia de novilhas das raças Guzerá e Holandesa*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000, 90p.

CÂNDIDO, E. P.; NETO, S. G.; BEZERRA, L. R. et al. Ingestive behavior of Guzerat and Sindhi heifers under the effects of feed restriction. *Acta Scientiarum Animal Science*, Maringá, v.34, n.3, p.297-303. 2012.

CÂNDIDO, E. B. *Efeito da restrição alimentar em novilhas Sindi e Guzerá*. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2009, 85p.

CATTELAM, J.; FREITAS, L. S.; BRONDANI, I. L. et al. Características dos componentes externos e das gorduras descartadas de novilhos superprecoces não-castrados ou castrados de dois genótipos, terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.8, p.1774-1780, 2011b.

CATTELAM, J.; SILEVIRA, M. F.; SACHET, R. H. et al. Órgãos internos e trato digestório de novilhos superprecoces não castrados ou castrados de dois grupos genéticos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.63, n.5, p.1167-1174, 2011.

CHIZZOTTI, F. H. M.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Consumo, digestibilidade total e desempenho de novilhos nelore recebendo dietas contendo diferentes proporções de silagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e de sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.2427-2436, 2005.

DETMANN, E.; VALENTE, E. E. L.; BATISTA, E. D. et al. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Livestock Science*, v.162, p.141-153, 2014.

EGAN, A. R. 1965a. Nutritional status and intake regulation in sheep. III. The relationship between improvement of nitrogen status and increase in voluntary intake of low-protein roughages by sheep. *Australian Journal Agricultural Research*, v.16, n.3, p.463-472, 1965a.

EGAN, A. R. The fate and effects of duodenally infused casein and urea nitrogen in sheep fed on a low-protein roughage. *Australian Journal Agricultural Research*, v.16, n.2, p.169-177, 1965b.

ELLIS, W. C. Determination of grazed forage intake and digestibility. *Journal of Dairy Science*, v.61, n.12, p.1828-1840, 1987.

FERREIRA, A. L. *Exigências nutricionais de energia de bovinos machos F1 Holandês x Gir determinadas pelas metodologias de abates comparativos e respirometria calorimétrica*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014, 117p.

FERREL, C. L.; GARRETT, W. N.; HINMAN, N. Estimation of body composition in pregnant and non pregnant heifers. *Journal of Animal Science*, v.42, n.5, p.1158-1166, 1976.

FIGUEIRAS, J. F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Desempenho nutricional de bovinos em pastejo durante o período de transição seca-águas recebendo suplementação proteica. *Archivos de Zootecnia*, v.64, n.247, p.269-276, 2015.

FORBES, J. M. *Voluntary food intake and diet selection by farm animals*. Madison: CAB International, 1995. 532p.

GALYEAN, M. L.; OWENS, F. N. Effects of diet composition and level of feed intake on site and extent of digestion in ruminants. In: TSUDA, T.; SASAKI, Y.; KAWASHIMA, R. (Ed.) *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*. 7th Proceedings International Symposium on Ruminant Physiological. Academic Press, San Diego, CA. 1991.

HALL, M. B. *Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis*. A laboratory manual. Gainesville: University of Florida, 2003. 42p.

HEIDERICH, D. *Turnover proteico e exigências de proteína para manutenção de bovinos para crescimento e terminação*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013, 39p.

INZUNZA, J. C. Clasificación de los climas de Köppen. *Ciência agora*, v.15, n.8, p.131-156, 2005.

ÍTAVO, L. C. V.; DIAS, A. M.; SCHIO, A. R. et al. Fontes de amido no concentrado de bovinos superprecoces de diferentes classes sexuais. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.66, n.4, p.1129-1138, 2014.

JORGE, A. M.; FONTES, C. A. D.; PAULINO, M. F. et al. Desempenho Produtivo de Animais de Quatro Raças Zebuínas, Abatidos em Três Estádios de Maturidade. 1. Ganho de Peso e de Carcaça e Eficiência de Ganho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.27, n.4, p.766-769, 1998.

JORGE, A. M.; FONTES, C. A.; PAULINO, M. F. et al. Tamanho Relativo dos Órgãos Internos de Zebuínos sob Alimentação Restrita e *Ad libitum*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.2, p.374-380, 1999

KABEYA, K. S. Composição químico-bromatológica de gramíneas tropicais e desempenho de novilhos suplementados a pasto. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000, 74p.

KEBREAB, E.; STRATHE, A. B.; DIJKSTRA, J. et al. *Energy and protein interactions and their effect on nitrogen excretion in dairy cows*. Proceedings of the 3rd EAAP International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition, Parma, Italy, n.127, p.417-425, 2010.

KUSS, F.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L. et al. Órgãos vitais e trato gastrintestinal de vacas de descarte mestiças Charolês x Nelore abatidas com distintos pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.2, p.421-429, 2007a.

LANÇANOVA, J. A. C.; OLIVEIRA, M.; PACOLA, L. J. et al. Digestibilidade Aparente da Proteína Bruta e dos Componentes da Parede Celular de uma Ração Completa, com Bovinos de Diferentes Grupos Genéticos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.6, p.1913-1918, 2001.

MARCONDES, M. I.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R. et al. Consumo e desempenho de animais alimentados individualmente ou em grupo e características de carcaça de animais Nelore de três classes sexuais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.12, p.2243-2250, 2008.

McDONALD, P., EDWARDS, R., GREENHALGH, J. F. D. 1993. *Nutrition animal* . 4. ed. Zaragoza:Acríbia. 571p.

MELO, W. S.; VERAS, A. S. C.; FERREIRA, M, A. et al. Cortes nobres, componentes de peso vivo e órgãos viscerais de bovinos mestiços de origem leiteira em condições de pastejo, restrito ou ad libitum. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.2, n.1, p.90-97, 2007.

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

MENEZES, L. F. G.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L. et al. Órgãos internos e trato gastrintestinal de novilhos de gerações avançadas do cruzamento rotativo entre as raças Charolês e Nelore terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.1, p.120-129, 2007

MILLS, J. A. N.; CROMPTON, L. A.; BANNINK, A. et al. Predicting methane emissions and nitrogen excretion from cattle. In: CROMPTON, L. A. and WHEELER, T. R. (eds.). Proceedings of the forty-first meeting of the agricultural research modellers group, *Journal Agricultural Science*, v.147, p.741, 2009.

MILLS, J. A. N.; CROMPTON, L. A.; BANNINK, A. et al. Predicting methane emissions and nitrogen excretion from cattle. *The Journal of Agricultural Science*, v.147, p.741, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7ed. Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 2000. 249p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7ed. Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 1996. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Predicting feed intake of food-producing animals*. Washington: National Academy Press, 1987, 85p.

OLD, C. A.; GARRETT, W. N. Effects of energy intake on energetic efficiency and body composition of beef steers differing in size at maturity. *Journal of Animal Science*, v.65, n.5, p.1371-1380, 1987.

OLIVEIRA, R. F. M.; FONTES, C. A. A.; CARNEIRO, L. H. D. M. et al. Biometria do trato gastrintestinal de bovinos de três grupos genéticos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.21, n.2, p.205-210, 1992.

PACHECO, P. S.; RESTLE, J. e SILVA, J. H. S. Composição física da carcaça e qualidade da carne de novilhos jovens e super jovens de diferentes grupos genéticos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.5, p.1691-1703, 2005.

PAULINO, P. V. R. VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E. et al. Desempenho produtivo de bovinos Nelore de diferentes classes sexuais alimentados com dietas contendo dois níveis de oferta de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.6, p.1079-1087, 2008.

PEIXOTO, A. M. *Raças de bovinos de corte que interessam ao Brasil*. In: PIRES, A. V. *Bovinocultura de Corte*. Piracicaba: FEALQ, p.55-72, 2010.

REYNOLDS, C. K.; FIRKINS, J. L. *Whole-animal nitrogen balance in cattle*. In: PFEFFER, E. and HRISTOV, A. N. (eds.), *Nitrogen and phosphorus nutrition of cattle*. CAB, International, Cambridge, MA, USA:167-186, 2005.

RIBEIRO, J. S. *Consumo e desempenho de grupos genéticos zebuínos confinados*. Lavras, MG: UFLA. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008, 92p.

SANTANA JUNIOR, H. A.; SILVA, R. R.; CARVALHO, G. G. P. et al. Comportamento ingestivo de novilhas suplementadas a pasto sob nutrição compensatória. *Archivos de Zootecnia*, v.62, n.237, p.61-71, 2013.

SANTANA JUNIOR, H. A.; SILVA, R. R.; CARVALHO, G. G. P. et al. Correlação entre desempenho e comportamento ingestivo de novilhas suplementadas a pasto. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.34, n.1, p.367-376, 2013.

SANTANA JUNIOR, H. A.; SILVA, R. R.; CARVALHO, G. G. P. et al. Correlação entre digestibilidade e comportamento ingestivo de novilhas suplementadas a pasto. *Archivos de Zootecnia*, v.61, n.236, p.549-558, 2012.

SANTOS, G. P. *Eficiência alimentar, parâmetros sanguíneos e comportamento ingestivo de machos e fêmeas da raça nelore*. Dissertação (Mestrado). Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, São Paulo, 2014, 66p.

SANTOS, S. A.; CAMPOS, J. M. S.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Balanço de nitrogênio em fêmeas leiteiras em confinamento alimentadas com concentrado à base de farelo de soja ou farelo de algodão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.5, p.1135-1140, 2010.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002, 235p.

SILVA, J. F. C.; LEÃO, M. I. *Fundamentos de nutrição de ruminantes*. Piracicaba: Livro ceres, 1979. 380p.

SILVA, M. L. P. *Desempenho e qualidade da carne de bovinos cruzados alimentados com diferentes dietas em confinamento*. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016, 87p.

SNIFFEN, C. J.; O'COMRT, J. J. D.; VAN SOEST, P. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*. v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

SOUZA, E. J. O.; VALADARES FILHO, S. C.; GUIM, A. et al. Energy nutritional requirements for females of Nellore, Nellore × Angus and Nellore × Simmental fed on two forage:concentrate ratios. *Journal of Animal Science*, v.41, n.3, p.753-761, 2012.

SOUZA, J. E. L. *Confinamento de animais da Raça Guzerá e Sindi em duas fases de crescimento*, 2008, 72p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, Areia, 2008, 72p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS - SAS®. Versão 9.1.3, User's Guide. Statistics. *Statistical Analysis Systems Institute. Inc.*, Cary, NC. 2001.

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

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B; LEWIS, B. A. et al. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. Corvalis: O & B Books, 1982, 374p.

VÉRAS, R. M. L.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D. et al. Balanço de compostos nitrogenados e estimativa das exigências de proteína de manutenção de bovinos Nelore de três condições sexuais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.4, p.1212-1217, 2007.

VÉRAS, R. M. L.; VALADARES FILHO, S. C.; AZEVÊDO, J. A. G. et al. Níveis de proteína na dieta de bovinos Nelore de três condições sexuais: consumo, digestibilidades total e parcial, produção microbiana e parâmetros ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.4, p.1199-1211, 2007.

CAPÍTULO III

Partição energética, energia da dieta e produção de metano em novilhas das raças Guzerá e Nelore, submetidas a diferentes planos de alimentação

Resumo

Objetivou-se com este estudo avaliar o consumo de energia, partição energética, densidade energética da dieta e produção de metano em novilhas das raças Guzerá e Nelore submetidas a dois planos nutricionais (restrito e *ad libitum*). O experimento foi conduzido na Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, localizada no município de Belo Horizonte-MG. Foram utilizadas 12 novilhas alimentadas individualmente com dietas à base de silagem de milho e concentrado, na proporção volumoso:concentrado de 66:34 e 68:32, com base na matéria seca. As dietas foram formuladas para possibilitarem ganhos de 0,200 e 1,0kg/dia, correspondendo ao período restrito e *ad libitum*, respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, sendo que as duas raças representaram os dois tratamentos. No período restrito não houve diferença estatística ($P>0,05$) para consumo de energia, partição energética e produção de metano, em todas as variáveis avaliadas. No período *ad libitum*, houve diferença estatística ($P<0,05$) para consumo de energia bruta, energia digestível, energia metabolizável (Mcal/dia e Kcal/kgPV^{0,75}) e nas perda de energia na forma de urina em percentagem da energia bruta (Mcal/dia), tendo os animais da raça Guzerá apresentado maiores valores (36,10, 24,32, 20,71Mcal/dia, 424,17, 285,73, 243,26Kcal/kgPV^{0,75} e 1,49Mcal/dia, respectivamente) em comparação aos animais da raça Nelore (31,83, 21,23, 18,15Mcal/dia, 377,82, 252,03, 215,42Kcal/kgPV^{0,75} e 1,11Mcal/dia, respectivamente). Houve diferença ($P<0,05$) ao se relacionar a produção de metano com a ingestão de fibra em detergente ácido e com o consumo de matéria orgânica digestível, fibra em detergente neutro corrigida pra cinzas e proteína digestível, fibra em detergente ácido digestível, hemicelulose digestível e celulose digestível, tendo os animais da raça Guzerá apresentado menores valores (81,99, 29,75, 85,42, 144,66, 179,65 e 161,39g/kg, respectivamente), em comparação ao animais da raça Nelore (86,50, 31,70, 93,84, 154,95, 195,46 e 174,21g/kg, respectivamente). Conclui-se que no período *ad libitum* o fator genético influenciou o consumo de energia, a produção de metano por unidade de produto, embora a metabolizabilidade e a relação EM/ED da dieta não tenham sido influenciadas pelo grupamento genético, em ambos os períodos.

Palavras-chave: novilhas, metabolizabilidade, metano.

Abstract

The objective of this study was to evaluate the energy consumption, energy partition, energy density of the diet and the production of methane in Guzará and Nelore heifers submitted to two nutritional plans (restricted and *ad libitum*). The experiment was conducted at the Veterinary School of the Federal University of Minas Gerais located in the city of Belo Horizonte-MG. Twelve heifers were fed individually with diets based on corn silage and concentrate, in proportion voluminous : concentrate of 66:34 and 68:32 based on dry matter. The diets was formulated to allow gains of 0.200 and 1.0kg/day, corresponding to restricted period and *ad libitum*, respectively. The experimental design was completely randomized and the two breeds represented the two treatments. In the restricted period there was no statistical difference ($P > 0.05$) for energy consumption, energy partitioning and methane production in all evaluated variables. In the *ad libitum* period, there was a statistical difference ($P < 0.05$) for the consumption of crude energy, digestible energy, metabolizable energy (Mcal/day and Kcal/kgPV^{0.75}) and the energy loss in the form of urine as a percentage of gross energy (Mcal/day), and the Guzará breed showed higher values (36.10, 24.32, 20.71Mcal/day, 424.17, 285, 73, 243.26Kcal/kgPV^{0.75} and 1.49Mcal/day, respectively) compared to the Nelore breed (31.83, 21.23, 18.15Mcal/day, 377.82, 252.03, 215.42Kcal/kgPV^{0.75} and 1.11Mcal/day, respectively). There was a difference ($P < 0.05$) in the relation between methane production and fiber intake in acid detergent and digestible organic matter intake, neutral detergent fiber corrected for ashes and protein, acid detergent fiber, hemicellulose and (81.99, 29.75, 85.42, 144.66, 179.65, and 161.39g/kg, respectively) compared to the Nelore breed (86.50, 31.70, 93.84, 154.95, 195.46 and 174.21g/kg, respectively). It was concluded that in the *ad libitum* period the genetic factor influenced the energy consumption, the methane production per unit of product, although the metabolizable and the dietary EM/ED ratio was not influenced by the genetic grouping in both periods.

Keywords: heifers, metabolizable, methane.

1 - INTRODUÇÃO

Em ruminantes, ao se estudar o metabolismo energético deve-se avaliar a dinâmica da digestão dos alimentos, visto que o processo de fermentação ruminal pode mudar totalmente o aproveitamento da dieta. Nesses animais a produção de metano é considerada um processo de ineficiência, proveniente em sua grande maioria da digestão dos carboidratos dos alimentos, estando relacionada com a composição da dieta, o consumo alimentar, o nível de produção e a digestibilidade dos nutrientes no rúmen. As pesquisas em nutrição de ruminantes têm tentado relacionar o processo de perda de energia durante o metabolismo animal com a eficiência de utilização dos nutrientes e, em função destes, determinar as exigências nutricionais dos animais sob as mais diferentes situações.

A partir dos estudos pioneiros desenvolveram-se vários novos conceitos e técnicas relacionadas à dinâmica energética: Lavoisier e Laplace (balanço energético através de mensurações de respiração), lei da termodinâmica e lei de Hess (relacionando transformação das diferentes formas da energia), Atwater, Armsby e Blaxter (calorimetria direta através da mensuração direta da produção de calor pelo animal), Berthelot (determinação precisa da quantidade de energia de diferentes amostras com a criação da bomba calorimétrica), Brouwer (relacionando trocas gasosas, nitrogênio urinário e produção de calor através de mensurações de calorimetria indireta), e os comitês internacionais de exigência nutricional, que fazem compilações sobre o conhecimento adquirido nos anos anteriores e publicam periodicamente tabelas.

Sistemas de alimentação de ruminantes têm sido propostos desde 1962, quando também surgiu o sistema de energia metabolizável que, além de ser um atributo do alimento, mensurável, fornece um conjunto de regras que ligam tabelas de composição de alimentos às tabelas que listam os requisitos de energia dos animais (ARC, 1980). Diversos países já estabeleceram normas nutricionais de seus rebanhos de corte levando em consideração as peculiaridades de suas realidades: França (INRA, 1979 e 2007), Reino Unido (ARC, 1965 e 1980, AFRC, 1993), Estados Unidos (National...1917, 1976, 1984, 1996, 2000 e 2016) e Austrália (CSIRO, 1990 e 2007) e Brasil (BR-CORTE, 2006, 2010 e 2016). Os estudos de exigências de raças zebuínas criadas em condições tropicais têm aumentado no país, apesar de ainda haver necessidade de incrementá-los, especialmente quanto às fêmeas.

O objetivo deste trabalho foi determinar o efeito dos diferentes planos nutricionais (restrito e *ad libitum*) sobre o consumo, partição e composição energética da dieta, assim como sobre a

produção de metano em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore, em confinamento, durante a fase de crescimento.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Aprovação do comitê de ética, Local e instalações, Animais experimentais, Período pré experimental, Período experimental, Período restrito, Período *ad libitum*, Tratamentos, Dietas e manejo alimentar, Determinação do consumo, Ensaio de digestibilidade aparente e coleta de urina, Processamento das amostras e análises laboratoriais, Desempenho animal e Procedimento estatístico foram descritos no capítulo 2 conforme itens 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.5.1, 2.5.2, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11 e 2.13, respectivamente.

2.2. Avaliação da produção de metano

Após o ensaio de digestibilidade iniciaram-se os procedimentos de medição da produção de metano (L/dia) dos animais por calorimetria indireta. Os procedimentos e especificação do sistema foram descritos por Rodriguez et al. (2007). Condições de termoneutralidade foram mantidas durante as mensurações, correspondendo a temperaturas médias de $22 \pm 3^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar de $65 \pm 5\%$. As determinações da produção de metano foram realizadas nos animais alimentados de acordo com os experimentos estabelecidos (período restrito e período *ad libitum*) durante um período de 22 a 23 horas, realizando-se extrapolação para um período de 24 horas. A calibração diária do equipamento durava entre 1 e 2h. Os animais foram pesados antes da entrada na câmara respirométrica.

Para a obtenção dos valores em gramas por dia (g/dia) multiplicou-se o valor em litros de CH_4 por 0,716, valor este referente à quantidade em quilo de um litro de CH_4 nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP). Os valores correspondentes à produção de CH_4 (g/dia) foram relacionados com a quantidade de nutrientes consumidos e digeridos (MS, MO, FDNcp, FDA, HEM, CEL).

2.3. Cálculos da partição e densidade energética das dietas

A partição energética foi determinada da seguinte forma: a energia bruta ingerida (EB) pelo animal foi determinada por meio de combustão completa da amostra da dieta oferecida em bomba calorimétrica adiabática. Seguindo-se o mesmo procedimento, foi realizada a combustão das amostras de fezes, o que permitiu o cálculo da energia digestível disponível para o animal por diferença entre os valores de energia bruta consumida e a quantidade de

energia perdida nas fezes ($ED = EB - E_{\text{fecal}}$). Para o cálculo da energia metabolizável, foram consideradas as perdas de energia associadas à urina e ao gás metano. A perda de energia urinária foi possível pela combustão das amostras utilizando-se o calorímetro adiabático, sendo este valor aplicado à produção de urina diária. A quantificação da energia perdida na forma de metano foi obtida pela passagem dos animais alimentados na câmara respirométrica pelo período de aproximadamente 20h. Cada litro de metano, segundo Brouwer (1965), possui equivalente calórico de 9,45 kcal ($EM = ED - E_{\text{urina}} - E_{\text{metano}}$). As concentrações de energia digestível (ED) e metabolizável da dieta (EM) (Mcal/kg MS) foram obtidas pela razão entre o consumo de energia e o consumo de matéria seca (MS) durante o ensaio de metabolismo. A metabolizabilidade (q) da dieta foi calculada pela relação entre a energia metabolizável e a energia bruta ingerida, conforme o AFRC (1993). Foram também relacionadas o consumo de energia bruta (CEB) e a produção de metano (%EB).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

As formulações e composições químicas das dietas, os valores de consumo de MS, MO, FDA, HEM, CEL, FDNcp, o resultado do desempenho e suas respectivas discussões encontram-se nas Tabelas 1, 2, 3, 4 e 7 do segundo capítulo desta tese.

Avaliando a partição energética (Tabela 1), no período restrito, não houve diferença estatística ($P > 0,05$) entre as raças para nenhuma das variáveis analisadas. No entanto, no período *ad libitum* houve diferença estatística ($P < 0,05$) apenas para o CEB, CED e CEM (Mcal/dia e Kcal/kg PV^{0,75}) e para a EB perdida na urina (Mcal/dia), sendo assim os animais da raça Guzerá apresentaram maior consumo energético e maior perda de energia através da urina quando comparados com os animais da raça Nelore.

Os consumos de EB, ED e EM, em Mcal/dia, foram 11,8; 12,7; 12,4% e, em Kcal/kg PV^{0,75}, foram 10,9; 11,8 e 11,4% superiores na raça Guzerá em relação à raça Nelore no período *ad libitum*. O mesmo aconteceu para a perda de energia na forma de urina (Mcal/dia) que na raça Guzerá foi superior 25,5% em relação a raça Nelore, neste mesmo período.

Ferreira (2014) trabalhando com bovinos F1 holandês x Gir, machos, não castrados, com peso vivo inicial médio de 302kg, alimentados com dietas compostas de silagem de milho e concentrado (fubá de milho, farelo de soja, núcleo mineral, óxido de magnésio, flor de enxofre, calcário e ureia), fornecidos na proporção volumoso:concentrado de 58:42, com base na MS, inicialmente formuladas de acordo com o National...2000 para possibilitarem ganhos de 0,100, 0,500 e 0,900g/dia, correspondendo aos tratamentos baixo, médio e alto ganho de

peso, respectivamente, encontrou para CEB valores de 17,24 e 33,62Mcal/dia e para CED valores de 12,86 e 23,20Mcal/dia para os animais em ganho baixo e alto, respectivamente. Resultados estes muito próximos aos encontrados no período *ad libitum*, no entanto, ao se comparar com os resultados do período restrito os valores deste experimento são bastante inferiores. Este mesmo autor observou que com o aumento do consumo de MS houve aumento da perda de EB fecal. Segundo o autor isso ocorre devido à maior produção fecal (2,38 vs 1,07kg de MS/dia) dos animais do grupo alto ganho. O mesmo foi observado neste experimento no período *ad libitum* ($P < 0,05$).

Tabela 1. Partição energética em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais

Item	Restrito		EPM*	P	<i>Ad libitum</i>		EPM*	P
	Guzerá	Nelore			Guzerá	Nelore		
CEB (Mcal/dia)	9,17	8,93	0,099	0,247	36,10	31,83	0,904	0,009
CEB (Kcal/kg PV ^{0,75})	157,77	154,12	1,825	0,341	424,17	377,82	10,150	0,013
EB Fecal (Mcal/dia)	2,06	2,16	0,043	0,255	11,79	10,59	0,314	0,510
EB Fecal (%CEB)	22,49	24,22	0,477	0,066	32,65	33,27	0,424	0,495
CED (Mcal/dia)	7,11	6,77	0,095	0,073	24,32	21,23	0,646	0,008
CED (Kcal/kg PV ^{0,75})	122,30	116,78	1,663	0,097	285,73	252,03	7,324	0,012
EB Urina (Mcal/dia)	0,59	0,55	0,014	0,207	1,49	1,11	0,071	0,001
EB Urina (%CEB)	6,40	6,16	0,151	0,450	4,16	3,49	0,178	0,055
EB Metano (Mcal/dia)	0,84	0,75	0,027	0,092	2,12	1,97	0,051	0,140
EB Metano (%CEB)	9,19	8,40	0,272	0,157	5,89	6,19	0,085	0,078
CEM (Mcal/dia)	5,68	5,47	0,081	0,209	20,71	18,15	0,569	0,015
CEM (Kcal/kg PV ^{0,75})	97,65	94,33	1,296	0,211	243,26	215,42	6,450	0,022
q (EM/EB)	0,62	0,61	0,005	0,415	0,57	0,57	0,004	0,713
EM/ED	0,80	0,81	0,004	0,362	0,85	0,85	0,002	0,563

*Erro Padrão da média, n = 12; CEB, consumo de energia bruta; EB Fecal, energia bruta perdida nas fezes; CED, consumo de energia digestível; EB urina, energia bruta perdida na urina; EB Metano, energia bruta perdida na forma de metano; CEM, consumo de energia metabolizável; q, metabolizabilidade da dieta

Médias analisadas pelo teste T de Student a 5% de probabilidade

Pancoti (2015) trabalhando com fêmeas das raças Gir, F1 (Holandês x Gir) e Holandês, com peso vivo inicial médio de 402kg, alimentadas com dietas compostas de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado (fubá de milho, farelo de soja, farelo de trigo e núcleo mineral vitamínico) fornecidos na proporção volumoso:concentrado de 70:30, com base na MS, inicialmente formuladas de acordo com o National...(2000 e 2001) obtendo ganhos diários de 0,636 (Gir), 0,841 (F1 Holandês x Gir) e 0,950kg/dia (Holandês), encontrou para o CEB valores de 30,28, 38,19 e 41,36Mcal/dia e para o CED valores de 20,37, 24,74 e 26,84Mcal/dia para as respectivas raças. Os resultados deste experimento, no período *ad*

libitum, são bastante similares aos resultados de Pancoti (2015), quando se comparam os animais da raça Guzerá com F1 (Holandês x Gir) e animais da raça Nelore com Gir.

No período *ad libitum*, o maior consumo de EB nos animais da raça Guzerá em comparação aos animais da raça Nelore está relacionado ao maior consumo de alimento observado nos mesmos conforme descrito no capítulo 2. Da mesma forma o maior consumo de ED está relacionado a maior digestibilidade de algumas frações do alimento (Tabela 5, capítulo 2), visto que as perdas de energia pelas fezes foram iguais entre as raças. De acordo com Van Soest (1994) as perdas de energia pela urina são relativamente constantes e podem variar de 3 a 5% da EB ingerida, enquanto as perdas de energia na produção de metano encontram-se entre 5 e 12% da EB consumida. Estes valores são semelhantes ao encontrados no atual trabalho para as perdas de energia na forma de urina durante o período *ad libitum*, embora, as maiores perdas de energia na forma de urina, observado nos animais da raça Guzerá em comparação aos animais da raça Nelore, possivelmente, esteja relacionado com maiores excreções de nitrogênio observadas quando se avaliou o balanço de nitrogênio destes animais (Tabela 6, capítulo 2). No período restrito, entretanto, os valores encontrados para a EB da urina (6,28% CEB) foram superiores aos reportados por Van Soest (1994). As perdas energéticas na forma de metano em ambos os períodos, restrito e *ad libitum*, foram semelhantes aos reportados por Van Soest (1994). Segundo Johnson e Johnson (1995), para animais de corte em consumo *ad libitum*, os valores de EB na forma de metano (%CEB) comumente observados são de 3,5 a 6,5% do CEB, semelhante aos valores encontrados no período *ad libitum* do atual trabalho.

Embora, no período *ad libitum*, os animais da raça Guzerá apresentem uma maior digestibilidade dos carboidratos fibrosos (Tabela 5, capítulo 2), o que possivelmente resulta em uma maior produção de metano, o efeito de diluição com o maior consumo de EB fez com que os mesmos, apresentasse menores perdas de energia na forma de metano em relação aos animais da raça Nelore.

Ferreira (2014) encontrou para os CEM valores de 11,25 e 20,03Mcal/dia e 149,60 e 243,70Kcal/kg de $PV^{0,75}$ para machos inteiros F1 (Holandês x Gir) em ganho baixo e alto, respectivamente. Já Pancoti (2015) encontrou valores de 17,21, 20,42 e 22,25Mcal/dia e 190,05, 218,61 e 239,72Kcal/kg $PV^{0,75}$ para fêmeas das raças Gir, F1 (Holandês x Gir) e Holandês, respectivamente.

O BR-CORTE (2010) recomenda para o CEM valores de 19,02 e 21,54 Mcal/dia em animais Nelore puros, fêmeas, com peso vivo médio de 350kg e ganhos de peso vivo de 1,00 e 1,25kg, respectivamente. Neste trabalho, no período *ad libitum*, os resultados encontrados para CEM e

GMD (18,15Mcal/dia e 1,048kg de PV/dia) são semelhantes aos recomendados pelo BR-CORTE para ganho de 1,00kg de PV/dia em animais da raça Nelore. Observa-se também semelhança entre os valores recomendados e os encontrados no atual trabalho para o CEM e o GMD em animais da raça Guzerá (20,71Mcal/dia e 1,261kg de PV/dia).

Os valores de metabolizabilidade da dieta (q) encontrado no período restrito foi 0,61 enquanto que no período *ad libitum* foi 0,57, sendo semelhantes entre as raças Guzerá e Nelore. Ferreira (2014) encontrou para metabolizabilidade valores de 0,65 e 0,60 em machos inteiros F1 (Holandês x Gir) submetidos a baixo e alto ganho, enquanto que Pancoti (2015) encontrou valores de 0,57, 0,54 e 0,54 para fêmeas das raças Gir, F1 (Holandês x Gir) e Holandês, respectivamente.

Segundo Geay (1984), o decréscimo da metabolizabilidade (q) da dieta em decorrência do aumento do nível de ingestão está mais relacionado ao aumento na taxa de passagem da digesta, a qual reduz a digestibilidade da dieta e aumenta as perdas fecais, do que às reduções ocorridas nas perdas energéticas por metano e urina. Provavelmente, a diferença do CMS observado entre os animais entre os períodos, restrito e *ad libitum*, tenha contribuído para que ocorresse uma menor taxa de passagem da digesta e como conseqüência uma maior metabolizabilidade da dieta no período restrito.

A relação encontrada para a EM/ED foi de 0,80 e 0,85, respectivamente, para os períodos restrito e *ad libitum*, sendo semelhante entre as raças Guzerá e Nelore. O ARC (1980) relata que a relação EM/ED é de aproximadamente 0,82, o CSIRO (1990) sugere valores de 0,81, enquanto que o National...2000 sugere valores de 0,80. O AFRC (1993) sugere valores (0,81 a 0,86) que englobam os resultados encontrados no atual trabalho para ambos os períodos. Segundo National...(2000) a relação EM/ED pode variar consideravelmente em função do nível de consumo, idade do animal e tipo de alimento, ou seja, os valores encontrados tanto no período restrito como no período *ad libitum* possivelmente variaram em função destes fatores, embora não tenha sido observado diferença entre as raças ao se avaliar esta relação. Relações de EM/ED de 0,87 foram encontradas por Ferreira (2014) em machos inteiros F1 (Holandês x Gir) em diferentes condições de alimentação. De forma semelhante Pancoti (2015) encontrou em fêmeas relações EM/ED de 0,84 para a raça Gir, 0,83 para o cruzamento F1 (Holandês x Gir) e 0,83 para a raça Holandês.

Na figura 1 estão expressas as relações entre a perda de energia na forma de metano (%EB) e o consumo de EB (Mcal/dia) em novilhas das raças Guzerá e Nelore em crescimento, respectivamente. Avaliando os parâmetros obtidos das regressões observa-se que os coeficientes de determinação ajustados (R^2) foram elevados e que quando analisado como

efeito fixo no modelo de regressão, o consumo de EB (Mcal/dia) explicou 84,10% e 82,57% da variação na produção de metano para a raça Guzerá e Nelore, respectivamente. Desta forma, observou-se que a perda de energia na forma de metano é afetada negativamente pelo consumo de energia bruta, ou seja, com o aumento da ingestão de energia bruta ocorre redução da perda de energia na forma de metano em porcentagem da EB consumida.

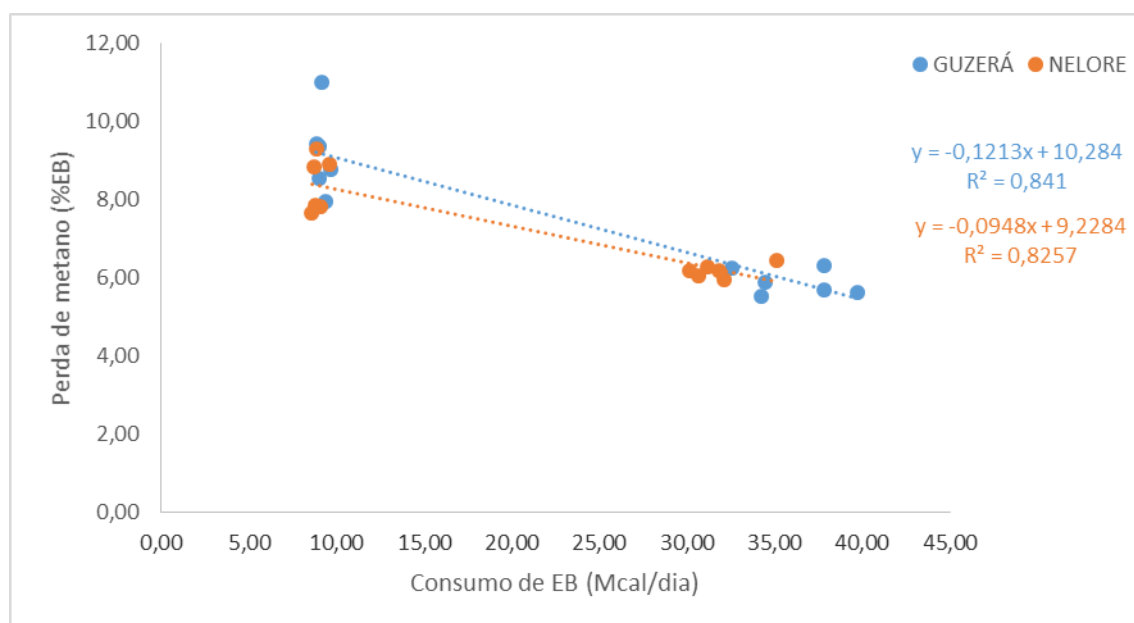


Figura 1. Relação entre a perda de energia na forma de metano em porcentagem da energia bruta (%EB) e o consumo de energia bruta em Mcal/dia em novilhas das raças Guzerá e Nelore em crescimento

Ferreira (2014) avaliou a produção de metano (%CEB) e o consumo de EM relativo a exigência de manutenção (EM_m). O autor demonstrou que o nível de ingestão relativo à manutenção foi inversamente relacionado à produção de metano, ou seja, o aumento da ingestão em uma unidade acima da manutenção resultou em decréscimo de 0,73 unidades percentuais na produção de metano (%CEB). O valor encontrado por este autor foi inferior à proposta de Johnson e Johnson (1995) (redução de 1,6 unidades percentuais para cada unidade de consumo acima da manutenção) e semelhante à proposta por Beauchemin e McGinn (2006) (redução de 0,77 unidades percentuais para cada unidade de consumo acima da manutenção). Avaliando-se a densidade energética das dietas (Tabela 2) verifica-se que não houve diferença estatística ($P > 0,05$) entre as raças Guzerá e Nelore para nenhuma das variáveis analisadas em ambos os períodos.

Tabela 2. Densidade energética da dieta experimental para fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore submetidas a diferentes planos nutricionais

Item	Restrito		EPM*	P	<i>Ad libitum</i>		EPM*	P
	Guzerá	Nelore			Guzerá	Nelore		
	Mcal/kg de MS							
EB	4,28	4,28	0,000	0,341	4,31	4,31	0,000	0,341
ED	3,32	3,24	0,020	0,069	2,90	2,88	0,018	0,499
EM	2,65	2,62	0,022	0,542	2,47	2,46	0,018	0,801
EM(0,82) ¹	2,72	2,66	0,017	0,071	2,38	2,36	0,014	0,523

*Erro Padrão da média n = 12; EB, energia bruta; ED, energia digestível; EM, energia metabolizável; ¹EM(0,82), valor recomendado pelo ARC (1980)

Médias analisadas pelo teste T de Student a 5% de probabilidade

As concentrações de EB, ED e EM da dieta, no período restrito, foram 4,28; 3,28 e 2,63Mcal/kg de MS, enquanto que no período *ad libitum* os valores encontrados foram de 4,28; 2,89 e 2,46Mcal/kg de MS para as raças Guzerá e Nelore, respectivamente. Ferreira (2014) encontrou valores de densidade energética das dietas (EB, ED e EM) de 4,17 e 4,24; 3,11 e 2,93; 2,72 e 2,56Mcal/kg de MS para machos inteiros F1 (Holandês x Gir) em dois níveis de alimentação, respectivamente. Pancoti (2015) encontrou valores de EB de 4,14; 4,13 e 4,12; de ED de 2,78; 2,67 e 2,68; e de EM 2,35; 2,27 e 2,22Mcal/kg de MS em fêmeas das respectivas raças, Gir, F1 (Holandês x Gir) e Holandês.

Comparando-se os valores de EM observados (Mcal/kg de MS) com os valores de EM preditos pelo ARC (1980), (2,72 e 2,66 Mcal/kg de MS e 2,38 e 2,36 Mcal/kg de MS, para as raças Guzerá e Nelore nos períodos restrito e *ad libitum*, respectivamente) verifica-se a super-estimativa dos valores no período restrito e sub-estimativa no período *ad libitum*. No período restrito, altos valores de digestibilidade do alimento observado nos animais, uma maior reciclagem de nitrogênio e possivelmente uma menor taxa de passagem da dieta tenham contribuído com os resultados encontrados para ED e EM da dieta, embora, a digestibilidade das frações fibrosas tenha contribuído de forma significativa para a produção de metano que foram altas neste período. Já no período *ad libitum*, a digestibilidade e a reciclagem de nitrogênio também contribuíram para os resultados encontrados para ED e EM da dieta as quais também foram influenciadas pela maior taxa de passagem. No experimento aqui descrito a energia metabolizável das dietas foi determinada a partir de dados de produção de metano obtidos em câmaras respirométricas, e não a partir de equações, de forma que a confiabilidade destes dados ressalta a importância na determinação da relação EM/ED.

Avaliando a produção de metano (Tabela 3), no período restrito, observa-se que não houve diferença estatística ($P>0,05$) entre as raças para nenhuma das formas de se expressar essa produção. No entanto, no período *ad libitum* houve diferença estatística ($P<0,05$) ao se relacionar a produção de metano com os teores de MO_{dig}, FDN_{cpdig}, FDA_{ing}, FDA_{dig}, HEM_{dig} e CEL_{dig}, sendo que a raça Guzerá apresentou menor produção em relação à raça Nelore.

Tabela 3. Produção de metano (g/dia e g/kg de peso vivo e de nutriente) em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore em diferentes planos nutricionais

Item	Restrito		EPM*	P	<i>Ad libitum</i>		EPM*	P
	Guzerá	Nelore			Guzerá	Nelore		
g/dia	63,80	56,92	2,057	0,094	160,94	150,97	3,792	0,202
Produção de metano (gCH ₄ /kg)								
GPV	301,99	276,59	14,047	0,391	131,46	145,50	6,054	0,265
MS _{ing}	29,80	27,24	0,883	0,156	19,23	20,22	0,279	0,072
MS _{dig}	41,33	39,53	1,224	0,489	28,54	30,04	0,429	0,779
MO _{ing}	32,85	30,03	0,973	0,155	20,69	21,72	0,300	0,083
MO _{dig}	42,98	40,29	1,263	0,307	29,75	31,70	0,473	0,030
FDN _{cping}	71,51	65,32	2,124	0,153	51,01	53,57	0,687	0,058
FDN _{cpdig}	103,02	98,57	2,886	0,467	85,42	93,84	1,764	0,008
FDA _{ing}	113,37	105,47	2,267	0,079	81,99	86,50	1,122	0,036
FDA _{dig}	205,75	197,48	5,312	0,462	144,66	154,95	2,571	0,037
HEM _{ing}	145,24	132,67	4,313	0,153	109,02	114,24	1,473	0,073
HEM _{dig}	214,42	199,43	6,113	0,227	179,65	195,46	3,908	0,035
CEL _{ing}	144,61	132,07	4,297	0,152	102,04	107,54	1,445	0,051
CEL _{dig}	197,72	184,79	6,345	0,331	161,39	174,21	2,938	0,020

*Erro Padrão da média n = 12; GPV, ganho de peso vivo; MS_{ing}, matéria seca ingerida; MS_{dig}, matéria seca digerida; MO_{ing}, matéria orgânica ingerida; MO_{dig}, matéria orgânica digerida; FDN_{cping}, fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína ingerida; FDN_{cpdig}, fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína digerida; FDA_{ing}, fibra insolúvel em detergente ácido ingerida; FDA_{dig}, fibra insolúvel em detergente ácido digerida; HEM_{ing}, hemicelulose ingerida; HEM_{dig}, hemicelulose digerida; CEL_{ing}, celulose ingerida; CEL_{dig}, celulose digerida

Médias analisadas pelo teste T de Student a 5% de probabilidade

A produção de metano em relação aos teores de MO_{dig}, FDN_{cpdig}, FDA_{ing}, FDA_{dig}, HEM_{dig} e CEL_{dig} foram 6,1; 9; 5,2; 6,6; 8,1 e 7,4% inferiores na raça Guzerá em relação a raça Nelore, no período *ad libitum*.

Ferreira (2014) utilizando a câmara respirométrica, encontrou valores na produção de metano variando de 71,8 a 126,6g/dia e 17,5 a 15,4g/kg de MS_{ing}, 24,7 a 22,9g/kg de MS_{dig}, 19,7 a 16,3g/kg de MO_{ing}, 26,9 a 23,0g/kg de MO_{dig}, 47,7 a 41,7g/kg de FDN_{cping}, 75,0 a

82,2g/kg de FDNcpdig e 93,2 a 213, 7g/kg de GPV. Comparando-se os resultados no menor nível de consumo encontrados por Ferreira (2014) com os resultados do atual trabalho no período restrito observa-se que a produção de metano foi menor em g/dia no atual trabalho, no entanto, os valores são maiores quando se relaciona a produção de metano com os nutrientes. Comparando os valores observados no atual trabalho, no período *ad libitum*, com os encontrados por Ferreira, (2014) no tratamento *ad libitum* observa-se valores menores reportados por Ferreira para todas as variáveis.

Pancoti (2015) também determinou a produção de metano em câmara respirométrica, encontrando valores de 110,9 a 216,3g/dia, 14,9 a 23,0g/kg de MSing, 22,8 a 36,5g/kg de MSdig, 16 a 24,7g/kg de MOing, 23,9 a 38,4g/kg de MOdig, 35,9 a 41,9g/kg de FDNcping, 55,1 a 71,6g/kg de FDNcpdig, 195,9 a 231,4g/kg de GPV. Segundo o autor não foi observada diferença ($P>0,05$) na digestibilidade de nenhum nutriente entre as raças, entretanto o consumo de nutrientes foi maior ($P<0,01$) para a raça Holandês e F1. O autor afirmou que o consumo de MS foi a variável que apresentou maior efeito sobre a produção de metano.

Beauchemin e McGinn (2006) conduziram um estudo para verificar o efeito do nível de alimentação e da suplementação com grãos sobre a redução nas emissões de metano. Foram utilizadas novilhas Angus alimentadas com dietas à base de silagem de cevada na proporção de 30 ou 70% da MS suplementadas com concentrado à base de milho em proporções inversas de 70 ou 30% da MS, em nível de alimentação *ad libitum* ou restrito (65% do consumo *ad libitum*). Os autores relataram menores ($P<0,001$) produções diárias de metano para os animais em restrição (114g/dia) em relação aos animais em consumo livre (165g/dia). Quando expressa em função do consumo de MS, não se verificaram diferenças entre os níveis de alimentação (21,1 vs 20,5g CH₄/kg MS ingerida).

A emissão diária de metano verificada no período *ad libitum* (160,94g/dia para Guzerá e 150,97g/dia para Nelore) foi superior ao fator 129g/dia utilizado pelo IPCC Tier 1 para calcular as emissões de metano por animais de origem não leiteira na América do Norte (Houghton et al., 1996). Segundo a Agência de Proteção Ambiental Norte Americana, aumentar a produtividade da pecuária para se conseguirem menores emissões de metano por unidade de produto é a maneira mais promissora e rentável para redução das emissões (EPA, 2005).

Lassey et al. (2002) afirmaram que as variações na produção de metano entre raças *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus* podem ser decorrentes de diferentes características como volume ruminal, capacidade de seleção de alimentos, tempo de retenção do alimento no rúmen, capacidade de digestão da fibra, além de associação dos diferentes fatores. Desta forma, é

possível que estas diferenças também ocorram dentro as raças *Bos taurus taurus*, assim como, entre as raças *Bos taurus indicus*. Assim sendo, no período *ad libitum*, possivelmente, o volume ruminal e a capacidade de digestão da fibra tenham contribuído bastante para que a menor produção de metano quando relacionada com o consumo de alimento digestível nos animais da raça Guzerá em comparação aos animais da raça Nelore.

Na figura 2 verifica-se a relação entre a produção de metano (L/dia) e o consumo de MS (kg/dia) em novilhas da raça Guzerá e Nelore, respectivamente. Avaliando os parâmetros obtidos das regressões observa-se que os coeficientes de determinação ajustados (R^2) foram elevados e que quando analisado como efeito fixo no modelo regressão, o consumo de matéria seca (kg/dia) explicou 97,98% e 99,03% da variação na produção de metano para as raças Guzerá e Nelore, respectivamente. Desta forma, observou-se que o nível de consumo afetou positivamente a produção de metano, ou seja, com o aumento da ingestão de matéria seca ocorreu aumento da produção de metano. Reynolds et al. (2010), em uma revisão e trabalhando com meta-análise, relataram que o principal determinante na produção total de metano é o consumo de matéria seca, ou mais precisamente, a matéria orgânica fermentável consumida.

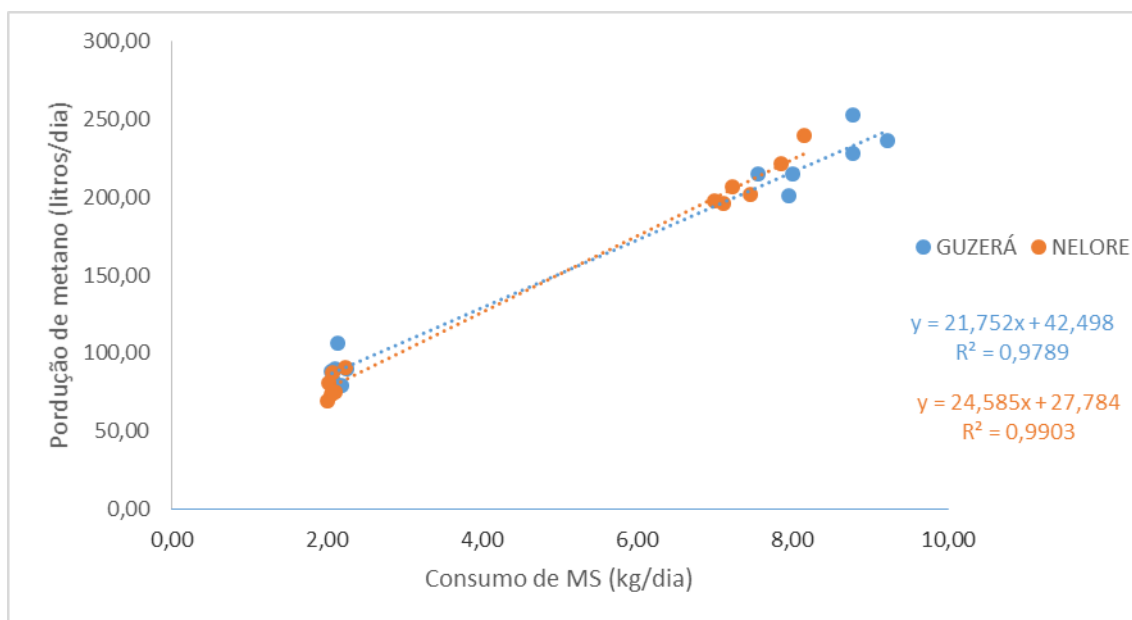


Figura 2. Relação entre a produção de metano em litros/dia e o consumo de matéria seca em kg/dia em novilhas das raças Guzerá e Nelore em crescimento

Silva (2011), avaliando a produção de metano em novilhas (± 240 kg PV) Gir, Holandês e F1 (Holandês x Gir), alimentadas com feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*), submetidas a

ganhos de peso moderados ($\pm 200\text{g/dia}$), encontrou valores de 31,7, 35,6 e 33,7 litros/kg de MSing para as raças Gir, F1 (Holandês x Gir) e Holandês, respectivamente. Segundo o autor não houve diferença ($P > 0,05$) na produção de metano entre os grupos genéticos, sendo que este parâmetro estaria mais relacionado com os constituintes da dieta e sua digestibilidade. Tyrrel et al. (1990) relataram que em adição ao total de MS consumida, o principal fator que interfere na emissão de metano é o tipo de carboidrato. Segundo Wolin e Miller (1988) tem-se dois mecanismos principais responsáveis pela grande variação nas perdas energéticas na forma de metano pelos ruminantes: o primeiro é a quantidade de carboidrato da dieta fermentada no retículo-rúmen, que possui várias interações entre dieta-animal que afetam as taxas de fermentação e passagem dos carboidratos e o segundo é o mecanismo que regula o suprimento de hidrogênio disponível e subsequente produção de metano através da taxa de produção de ácidos graxos voláteis, principalmente a quantidade de ácido propiônico/ácido acético produzidos, a qual possui maior impacto na produção de metano. Possivelmente a maior digestibilidade das frações fibrosas observada nos animais da raça Guzerá em comparação aos animais da raça Nelore fez com que este primeiro mecanismo tenha sido mais efetivo quanto a produção de metano, apesar da menor produção de metano por kg de ganho de PV observada nos animais da raça Guzerá.

4 - CONCLUSÕES

O estudo da partição energética em animais zebuínos é fundamental para uma melhor compreensão dos processos digestivos e metabólicos destes animais, contribuindo na avaliação dos mesmos quando submetidos a diferentes planos nutricionais em condições tropicais.

No período *ad libitum* o fator genético influenciou o consumo de energia e a produção de metano por unidade de produto. Estes resultados alertam para a necessidade de mais estudos sobre a possibilidade de criação de animais com menor potencial de emissão de gases de efeito estufa por unidade de produto.

O fator genético não influenciou a metabolizabilidade e a relação EM/ED da dieta em ambos os períodos.

A relação entre EM/ED encontrada nos animais tanto no período restrito como no período *ad libitum* está dentro da faixa de valores adotados pelos principais sistemas de exigências nutricionais.

A respirometria contribui de forma efetiva, com o enriquecimento dos dados, no estudo da partição e do metabolismo energético dos bovinos.

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. *Energy and Protein Requirements of Ruminants*. Wallingford, Commonwealth Agricultural Bureaux International, 1993. 159p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. *The nutrient requirements of ruminant livestock*. London: Commonwealth Agricultural Bureaux. 1980. 351p.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. *The nutrient requirements of farm livestock*. London. 1965, 264p.

BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M. Enteric methane emissions from growing beef cattle as affected by diet and level of feed intake. *Canadian Journal of Animal Science*, v.86, n.3, p.401-408, 2006.

BROUWER, E. *Report of Sub-Committee on Constants and Factors*. In; Energy Metabolism, London, UK, Academic Press, n.11, p.441-443, 1965.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CISRO. *Feeding standards for Australian livestock. Ruminants*. Meulbourne. 1990. 266p.

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION - CSIRO. *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. Victoria: Australia Agricultural Council, CSIRO publications, 2007, 270p.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). *Opportunities to Reduce Anthropogenic Methane Emissions in the United States*. Publication 430-R-93-012. EPA, Washington, DC. 2005.

FERREIRA, A. L. *Exigências nutricionais de energia de bovinos machos F1 Holandês x Gir determinadas pelas metodologias de abates comparativos e respirometria calorimétrica*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014, 117p.

GEAY, Y. Energy and protein utilization in growing cattle. *Journal of Animal Science*, v.58, n.3, p.766-778, 1984

HOUGHTON, J. T.; MEIRA FOILHO, L. G.; LIM, B. et al. *Greenhouse gas inventory reference manual*. Revised IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, v.3, p.140, 1996.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE - INRA. *Alimentation des bovines, ovins et caprins*. Editions Quae. Versailles.: 2007, 307p.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE - INRA. *Alimentation des bovines, ovins et caprins*. INRA publications. Versailles.: 1978, 232p.

JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, v.73, n.8, p.2483–2492, 1995.

LASSEY, K. R.; PINARES-PATIÑO, C. S.; ULYATT, M. J. *Methane emission by grazing livestock: some findings on emission determinants*. In: Non-CO₂ greenhouse gases: scientific understanding, control options and policy aspects. Rotterdam: Millpress, p.95-100, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed., Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 2001. 381p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7ed. Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 2000. 249p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 7ed. Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 1996. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirement of beef cattle*. 6th rev. Washington: D.C.: National Academic of Sciences. 1984. 90p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 5 ed., Washington, D.C.: National Academic of Sciences, 1976.

PANCOTI, C. G . Exigências nutricionais de energia em novilhas Gir, Holandês e F1 Holandês x Gir. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Escola De Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. 2015 120p.

RODRIGUEZ, N. M.; CAMPOS, W. E.; LACHICA, M. L. et al. A calorimetry system for metabolism trials. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.59, n.2, p.495-500, 2007.

REYNOLDS, C. K.; CROMPTON, L. A.; MILLS, J. A. N. et al. *Effects of diet protein level and forage source on energy and nitrogen balance and methane and nitrogen excretion in lactating dairy cows*. In: EAAP international symposium on energy and protein metabolism and nutrition, Parma, Italy. (Ed. GM Corvetto) (Wageningen Academic Press: Wageningen, The Netherlands), n.127, p.463–465, 2010.

REYNOLDS, C. K.; MILLS, J. A.; CROMPTON, L. A. et al. *Ruminant nutrition regimes to reduce greenhouse gas emissions in dairy cows*. Proceedings of the 3rd EAAP International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition, Parma, Italy, n.127, p.427-437, 2010.

SILVA, R. R. *Respirometria e determinação das exigências de energia e produção de metano de fêmeas bovinas leiteiras de diferentes genótipos*. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011, 61p..

TYRREL, H. F.; REYNOLDS, C. K.; BAXTER, H. D. Energy metabolism of Jersey and Holstein cows fed total mixed diets with or without whole cottonseed. *Journal of Dairy Science*, v.73, n.1, p.192, 1990.

VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, L. F. C.; GIONBELLI, M, P.; et al. 3ed. *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados - BR-CORTE*. 3.ed, Viçosa, 2016, 327p.

VALADARES FILHO, S. C.; MARCONDES, M. I.; CHIZZOTTI, M. L. et al. *Exigências nutricionais de zebuínos puros e cruzados - BR CORTE*. 2.ed. Viçosa, MG. 2010. 193p.

VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, P. V. R.; MAGALHÃES, K. A. *Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos - BR CORTE*. 1.ed. Viçosa, MG, 2006, 142p.

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

WOLIN, M. J.; MILLER, T. L. *Microbe interactions in the rumen microbial ecosystem*. In: HOBSON, P.N. (Ed.). *The Rumen Ecosystem*. New York: Elsevier Applied Science, 1988.

6 - ANEXOS

ANEXO A - Protocolo de Aprovação do Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Minas Gerais (CETEA-UFMG)

RECIBO

(O N° do Protocolo é reservado ao CETEA) → PROTOCOLO N° **220/11**

(Preencha os itens abaixo, de acordo com a Identificação do Projeto)

Título do Projeto: Erro! Vínculo não válido. *Exigências nutricionais de emergência de fêmeas das raças Lj; Gygerá e Helene utilizando-se a técnica respirométrica*

Responsável Principal: Erro! Vínculo não válido.


http://lattes.cnpq.br/ Erro! Vínculo não válido. *1696412579138806*

E-mail: Erro! Vínculo não válido. *malingarsteymay@gmail.com*

Telefone: *81 34032176* FAX: *81 34036468*

Recebido em: *02 / 09 / 11*

(Rubrica do funcionário) *Francis*



Fonte: CETEA, 2011

7 - APÊNDICES

APÊNDICE A - Correlação entre consumo (kg/dia) e digestibilidade dos nutrientes (g/kg) em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore no período restrito

Item			Digestibilidade														
Consumo	Raça		MS	MO	EE	PB	PIDN	FDN	FDNc	FDNp	FDA	HEM	CEL	CHO _T	CHO _F (FDN _{cp})	CHO _{NF} (A+B ₁)	B ₂
MS	Guzerá	r	0,45	0,57	0,05	0,77	-0,13	0,33	-0,05	0,36	0,33	-0,38	0,38	0,53	0,09	-0,06	0,27
		P	0,370	0,237	0,915	0,074	0,809	0,519	0,927	0,475	0,516	0,452	0,457	0,274	0,861	0,903	0,603
	Nelore	r	-0,03	-0,08	-0,21	-0,19	0,08	-0,29	0,23	-0,32	-0,41	0,12	0,03	-0,05	0,15	0,00	0,25
		P	0,956	0,872	0,679	0,718	0,873	0,566	0,651	0,528	0,419	0,817	0,949	0,917	0,769	0,993	0,624
MO	Guzerá	r	0,45	0,57	0,05	0,77	-0,13	0,33	-0,05	0,36	0,33	-0,38	0,38	0,53	0,09	-0,06	0,27
		P	0,370	0,237	0,916	0,074	0,809	0,519	0,927	0,475	0,516	0,452	0,457	0,274	0,861	0,903	0,603
	Nelore	r	-0,03	-0,08	-0,21	-0,19	0,08	-0,30	0,23	-0,32	-0,41	0,12	0,03	-0,05	0,15	0,00	0,25
		P	0,955	0,871	0,679	0,718	0,874	0,566	0,651	0,528	0,419	0,818	0,949	0,916	0,769	0,993	0,624
EE	Guzerá	r	0,45	0,57	0,05	0,77	-0,13	0,33	-0,05	0,36	0,33	-0,38	0,38	0,53	0,09	-0,06	0,27
		P	0,373	0,238	0,919	0,074	0,807	0,522	0,927	0,478	0,518	0,453	0,459	0,276	0,861	0,906	0,606
	Nelore	r	-0,03	-0,09	-0,21	-0,19	0,08	-0,30	0,23	-0,32	-0,41	0,12	0,03	-0,06	0,15	-0,06	0,25
		P	0,952	0,869	0,680	0,717	0,875	0,565	0,651	0,527	0,418	0,821	0,951	0,914	0,769	0,991	0,626
PB	Guzerá	r	0,48	0,59	0,09	0,79	-0,10	0,37	-0,04	0,39	0,36	-0,40	0,40	0,55	0,09	-0,09	0,29
		P	0,330	0,212	0,860	0,061	0,849	0,473	0,943	0,432	0,482	0,432	0,425	0,253	0,862	0,856	0,568
	Nelore	R	0,00	-0,06	-0,18	0,10	-0,22	-0,28	0,23	-0,31	-0,40	0,15	0,06	-0,03	0,15	0,01	0,27
		P	0,995	0,908	0,737	0,840	0,673	0,591	0,652	0,549	0,424	0,769	0,912	0,956	0,767	0,978	0,596
PIDN	Guzerá	r	0,43	0,56	0,03	0,75	-0,14	0,31	-0,05	0,35	0,32	-0,37	0,37	0,52	0,09	-0,05	0,26
		P	0,392	0,251	0,946	0,081	0,788	0,545	0,919	0,499	0,535	0,463	0,475	0,287	0,861	0,929	0,623
	Nelore	r	-0,04	-0,09	-0,21	-0,19	0,07	-0,31	0,23	-0,33	-0,41	0,10	0,02	-0,07	0,15	-0,01	0,24
		P	0,928	0,852	0,683	0,709	0,891	0,553	0,652	0,517	0,417	0,843	0,969	0,896	0,771	0,978	0,639
FDN	Guzerá	r	0,42	0,55	0,03	0,75	-0,15	0,30	-0,05	0,34	0,31	-0,37	0,36	0,52	0,09	-0,04	0,25
		P	0,402	0,257	0,958	0,084	0,780	0,555	0,916	0,509	0,542	0,467	0,482	0,292	0,860	0,938	0,631
	Nelore	r	-0,05	-0,10	-0,21	-0,19	0,07	-0,31	0,23	-0,34	-0,41	0,09	0,01	-0,07	0,15	-0,02	0,24

FDNc	Guzerá	P	0,919	0,844	0,685	0,705	0,898	0,549	0,652	0,513	0,416	0,854	0,977	0,888	0,771	0,972	0,646
		r	0,42	0,55	0,03	0,75	-0,15	0,30	-0,05	0,34	0,31	-0,37	0,36	0,52	0,09	-0,04	0,25
	Nelore	P	0,402	0,257	0,957	0,084	0,780	0,555	0,916	0,509	0,542	0,467	0,482	0,292	0,860	0,938	0,631
		r	-0,05	-0,10	-0,21	-0,20	0,07	-0,31	0,23	-0,34	-0,41	0,09	0,01	-0,07	0,15	-0,01	0,24
FDNp	Guzerá	P	0,919	0,844	0,685	0,705	0,897	0,549	0,652	0,513	0,416	0,854	0,977	0,888	0,771	0,972	0,645
		r	0,42	0,55	0,02	0,75	-0,15	0,30	-0,05	0,34	0,31	-0,37	0,36	0,52	0,09	-0,04	0,25
	Nelore	P	0,402	0,257	0,958	0,084	0,780	0,555	0,916	0,509	0,542	0,467	0,482	0,292	0,860	0,938	0,631
		r	-0,05	-0,10	-0,21	-0,20	0,07	-0,31	0,23	-0,34	-0,41	0,09	0,01	-0,07	0,15	-0,02	0,24
FDA	Guzerá	P	0,919	0,844	0,685	0,705	0,898	0,548	0,651	0,513	0,416	0,855	0,977	0,887	0,771	0,972	0,646
		r	0,42	0,55	0,02	0,75	-0,15	0,30	-0,05	0,34	0,31	-0,37	0,36	0,52	0,09	-0,04	0,25
	Nelore	P	0,404	0,258	0,961	0,085	0,777	0,558	0,916	0,512	0,545	0,469	0,484	0,293	0,860	0,941	0,633
		r	-0,05	-0,10	-0,21	-0,20	0,06	-0,31	0,23	-0,34	-0,41	0,09	0,01	-0,07	0,15	-0,02	0,24
HEM	Guzerá	P	0,916	0,842	0,685	0,704	0,900	0,547	0,651	0,512	0,416	0,857	0,979	0,885	0,771	0,970	0,647
		r	0,43	0,55	0,03	0,75	-0,14	0,31	-0,05	0,34	0,32	-0,37	0,36	0,52	0,09	-0,04	0,25
	Nelore	P	0,398	0,255	0,954	0,083	0,783	0,552	0,918	0,506	0,540	0,466	0,480	0,290	0,860	0,935	0,629
		r	-0,05	-0,10	-0,21	-0,20	0,07	-0,31	0,23	-0,33	-0,41	0,09	0,02	-0,07	0,15	-0,02	0,24
CEL	Guzerá	P	0,923	0,847	0,684	0,706	0,895	0,550	0,652	0,515	0,416	0,851	0,974	0,891	0,771	0,974	0,644
		r	0,42	0,55	0,03	0,75	-0,15	0,30	-0,05	0,34	0,31	-0,37	0,36	0,52	0,09	-0,04	0,25
	Nelore	P	0,403	0,258	0,961	0,085	0,778	0,558	0,916	0,511	0,545	0,469	0,484	0,293	0,860	0,941	0,633
		r	-0,05	-0,10	-0,21	-0,20	0,07	-0,31	0,23	-0,34	-0,41	0,09	0,01	-0,07	0,15	-0,02	0,24
CHO _T	Guzerá	P	0,917	0,843	0,685	0,704	0,899	0,548	0,652	0,512	0,416	0,856	0,979	0,886	0,771	0,971	0,647
		r	0,44	0,56	0,04	0,76	-0,13	0,32	-0,05	0,35	0,33	-0,37	0,37	0,53	0,09	-0,05	0,26
	Nelore	P	0,382	0,244	0,932	0,078	0,798	0,533	0,924	0,488	0,526	0,458	0,466	0,281	0,861	0,916	0,614
		r	-0,04	-0,09	-0,21	-0,20	0,08	-0,30	0,23	-0,33	-0,41	0,11	0,02	-0,06	0,15	-0,01	0,25
CHO _F	Guzerá	P	0,942	0,861	0,682	0,713	0,882	0,559	0,651	0,523	0,418	0,831	0,960	0,906	0,770	0,985	0,632
		r	0,42	0,55	0,03	0,75	-0,15	0,30	-0,05	0,34	0,31	-0,37	0,36	0,52	0,09	-0,04	0,25
	Nelore	P	0,402	0,257	0,958	0,084	0,780	0,555	0,916	0,509	0,542	0,467	0,482	0,292	0,860	0,938	0,631
		r	-0,05	-0,10	-0,21	-0,20	0,06	-0,31	0,23	-0,34	-0,41	0,09	0,01	-0,07	0,15	-0,02	0,24
CHO _{NF}	Guzerá	P	0,919	0,844	0,685	0,705	0,898	0,549	0,652	0,513	0,416	0,854	0,977	0,888	0,771	0,972	0,646
		r	0,46	0,58	0,06	0,77	-0,12	0,34	-0,04	0,37	0,34	-0,38	0,38	0,54	0,09	-0,07	0,28
		P	0,360	0,231	0,902	0,071	0,819	0,508	0,931	0,465	0,508	0,447	0,449	0,269	0,861	0,892	0,595

B ₂	Nelore	r	-0,02	-0,08	-0,22	-0,19	0,09	-0,29	0,23	-0,32	-0,41	0,13	0,04	-0,05	0,15	0,00	0,26
		P	0,967	0,880	0,678	0,723	0,865	0,572	0,652	0,533	0,420	0,806	0,940	0,926	0,769	0,999	0,617
	Guzerá	r	0,42	0,55	0,03	0,75	-0,15	0,30	-0,05	0,34	0,31	-0,37	0,36	0,52	0,09	-0,04	0,25
		P	0,401	0,257	0,958	0,084	0,780	0,555	0,917	0,509	0,543	0,468	0,482	0,292	0,860	0,939	0,631
	Nelore	r	-0,05	-0,10	-0,21	-0,20	0,07	-0,31	0,23	-0,34	-0,41	0,09	0,01	-0,07	0,15	-0,02	0,24
		P	0,919	0,844	0,685	0,705	0,898	0,549	0,652	0,513	0,416	0,854	0,977	0,888	0,771	0,972	0,646

Correlação de Pearson's a 5% de probabilidade. Fonte: Elaborada pelo autor

APÊNDICE B - Correlação entre consumo (kg/dia) e digestibilidade dos nutrientes (g/kg) em fêmeas bovinas das raças Guzerá e Nelore no período *ad libitum*

Item		Digestibilidade															
Consumo	Raça	MS	MO	EE	PB	PIDN	FDN	FDNc	FDNp	FDA	HEM	CEL	CHO _T	CHO _F (FDN _{cp})	CHO _{NF} (A+B ₁)	B ₂	
MS	Guzerá	r	-0,15	0,13	-0,12	-0,09	0,31	-0,20	0,30	-0,24	-0,20	0,40	0,35	0,18	0,28	-0,03	0,39
		P	0,780	0,803	0,811	0,859	0,552	0,695	0,567	0,642	0,706	0,435	0,498	0,732	0,592	0,945	0,437
	Nelore	r	-0,05	-0,01	0,08	0,31	-0,39	-0,32	-0,08	-0,29	-0,06	-0,43	0,17	-0,11	-0,001	-0,16	0,26
		P	0,923	0,991	0,880	0,540	0,445	0,592	0,881	0,577	0,908	0,393	0,740	0,828	0,997	0,765	0,621
MO	Guzerá	r	-0,15	0,13	-0,12	-0,09	0,31	-0,21	0,30	-0,24	-0,19	0,39	0,35	0,18	0,28	-0,03	0,40
		P	0,780	0,800	0,823	0,860	0,552	0,693	0,564	0,639	0,712	0,437	0,490	0,730	0,589	0,945	0,430
	Nelore	r	-0,04	0,00	0,07	0,32	-0,38	-0,32	-0,08	-0,28	-0,05	-0,43	0,17	-0,10	-0,004	-0,15	0,25
		P	0,937	0,994	0,893	0,533	0,456	0,534	0,882	0,580	0,916	0,395	0,739	0,842	0,994	0,779	0,630
EE	Guzerá	r	-0,14	0,13	-0,19	-0,08	0,34	-0,21	0,29	-0,25	-0,22	0,43	0,28	0,18	0,27	-0,01	0,32
		P	0,786	0,806	0,715	0,871	0,503	0,693	0,578	0,637	0,671	0,391	0,590	0,724	0,610	0,984	0,540
	Nelore	r	-0,07	-0,03	0,08	0,29	-0,37	-0,29	-0,01	-0,25	-0,07	-0,37	0,10	-0,12	0,07	-0,21	0,27
		P	0,890	0,953	0,880	0,571	0,472	0,576	0,976	0,629	0,887	0,469	0,844	0,812	0,898	0,688	0,596
PB	Guzerá	r	-0,15	0,11	-0,09	-0,07	0,26	-0,19	0,28	-0,22	-0,20	0,35	0,35	0,14	0,27	-0,10	0,40
		P	0,778	0,836	0,861	0,892	0,609	0,721	0,581	0,674	0,699	0,490	0,494	0,787	0,598	0,847	0,427
	Nelore	r	-0,02	0,02	0,06	0,36	-0,40	-0,27	-0,05	-0,23	-0,01	-0,39	0,16	-0,08	0,03	-0,15	0,22
		P	0,970	0,965	0,914	0,484	0,458	0,596	0,924	0,656	0,975	0,441	0,761	0,877	0,953	0,776	0,669

PIDN	Guzerá	r	-0,14	0,11	-0,12	-0,08	0,28	-0,19	0,29	-0,22	-0,21	0,38	0,33	0,15	0,27	-0,07	0,38
		P	0,785	0,828	0,810	0,884	0,582	0,721	0,579	0,672	0,689	0,457	0,523	0,768	0,599	0,885	0,457
	Nelore	r	-0,09	-0,04	0,15	0,26	-0,35	-0,37	-0,03	-0,35	-0,14	-0,43	0,10	-0,15	0,04	-0,21	0,34
		P	0,861	0,936	0,769	0,614	0,496	0,473	0,954	0,492	0,784	0,391	0,840	0,779	0,940	0,680	0,510
FDN	Guzerá	r	-0,15	0,16	-0,17	-0,16	0,34	-0,23	0,30	-0,27	-0,18	0,44	0,36	0,24	0,28	0,08	0,41
		P	0,779	0,762	0,742	0,762	0,506	0,657	0,559	0,597	0,732	0,382	0,481	0,649	0,594	0,881	0,415
	Nelore	r	-0,11	-0,06	0,12	0,25	-0,47	-0,44	-0,22	-0,40	-0,11	-0,56	0,29	-0,19	-0,15	-0,12	0,28
		P	0,838	0,908	0,818	0,636	0,343	0,383	0,672	0,426	0,830	0,248	0,570	0,723	0,780	0,812	0,582
FDNc	Guzerá	r	-0,15	0,16	-0,16	-0,15	0,34	-0,23	0,31	-0,28	-0,17	0,44	0,37	0,24	0,28	0,08	0,42
		P	0,778	0,756	0,759	0,768	0,502	0,653	0,553	0,592	0,740	0,382	0,470	0,645	0,598	0,882	0,407
	Nelore	r	-0,04	0,01	0,06	0,31	-0,41	-0,38	-0,18	-0,35	-0,06	-0,51	0,27	-0,11	-0,12	-0,08	0,23
		P	0,941	0,987	0,908	0,553	0,414	0,459	0,729	0,498	0,913	0,299	0,598	0,827	0,824	0,877	0,656
FDNp	Guzerá	r	-0,15	0,16	0,17	-0,16	0,34	-0,23	0,30	-0,27	-0,18	0,44	0,36	0,24	0,28	0,08	0,41
		P	0,780	0,758	0,741	0,758	0,504	0,656	0,557	0,595	0,736	0,379	0,478	0,643	0,593	0,870	0,412
	Nelore	r	-0,10	-0,06	0,12	0,25	-0,47	-0,44	-0,23	-0,40	-0,11	-0,56	0,30	-0,19	-0,15	-0,12	0,28
		P	0,841	0,911	0,823	0,634	0,339	0,382	0,662	0,426	0,834	0,244	0,561	0,724	0,769	0,820	0,588
FDA	Guzerá	r	-0,15	0,15	-0,18	0,16	0,34	-0,24	0,30	-0,28	-0,18	0,44	0,35	0,24	0,27	0,08	0,41
		P	0,770	0,769	0,728	0,754	0,507	0,647	0,567	0,587	0,723	0,383	0,491	0,652	0,604	0,875	0,423
	Nelore	r	-0,16	-0,11	0,17	0,21	-0,53	-0,47	-0,25	-0,43	-0,14	-0,59	0,31	-0,24	-0,16	-0,16	0,32
		P	0,762	0,828	0,741	0,680	0,272	0,340	0,629	0,396	0,789	0,214	0,542	0,645	0,755	0,756	0,539
HEM	Guzerá	r	-0,14	0,16	-0,16	-0,15	0,34	-0,22	0,31	-0,26	-0,17	0,44	0,37	0,24	0,28	0,07	0,42
		P	0,790	0,754	0,761	0,774	0,506	0,670	0,548	0,610	0,743	0,380	0,468	0,644	0,582	0,887	0,405
	Nelore	r	-0,04	0,00	0,05	0,28	-0,39	-0,40	-0,18	-0,37	-0,08	-0,51	0,26	-0,12	-0,12	-0,08	0,24
		P	0,935	0,991	0,917	0,584	0,444	0,444	0,729	0,469	0,881	0,297	0,610	0,824	0,813	0,883	0,639
CEL	Guzerá	r	-0,15	0,17	-0,16	-0,16	0,35	-0,24	0,31	-0,28	-0,17	0,44	0,37	0,25	0,28	0,09	0,42
		P	0,777	0,748	0,761	0,758	0,495	0,646	0,551	0,584	0,748	0,377	0,461	0,634	0,588	0,860	0,400
	Nelore	r	-0,16	-0,11	0,16	0,16	-0,44	-0,49	-0,21	-0,48	-0,20	-0,57	0,25	-0,23	-0,14	-0,17	0,36
		P	0,755	0,828	0,761	0,759	0,374	0,319	0,688	0,338	0,699	0,233	0,626	0,652	0,783	0,747	0,486
CHO _T	Guzerá	r	-0,14	0,14	-0,12	-0,09	0,31	-0,20	0,30	0,24	-0,19	0,40	0,35	0,19	0,28	-0,02	0,40
		P	0,787	0,790	0,819	0,859	0,541	0,696	0,557	0,642	0,718	0,425	0,487	0,717	0,583	0,963	0,430
	Nelore	r	-0,05	-0,01	0,08	0,30	-0,38	-0,34	-0,09	-0,31	-0,07	-0,45	0,18	-0,12	-0,02	-0,15	0,26
		P	0,919	0,989	0,881	0,559	0,454	0,505	0,860	0,544	0,887	0,374	0,727	0,823	0,967	0,780	0,611
CHO _F	Guzerá	r	-0,15	0,16	-0,16	-0,16	0,35	-0,23	0,31	-0,28	-0,17	0,44	0,37	0,24	0,28	0,08	0,42

CHO _{NF}	Nelore	P	0,779	0,752	0,759	0,763	0,499	0,652	0,551	0,591	0,744	0,379	0,466	0,639	0,588	0,870	0,404
		r	-0,03	0,01	0,05	0,31	-0,41	-0,38	-0,19	-0,35	-0,05	-0,51	0,28	-0,11	-0,12	-0,07	0,23
	Guzerá	P	0,947	0,981	0,916	0,550	0,413	0,460	0,720	0,499	0,920	0,297	0,589	0,831	0,814	0,888	0,664
		r	-0,14	0,12	-0,09	-0,04	0,29	-0,18	0,30	-0,21	-0,20	0,37	0,34	0,15	0,28	-0,10	0,38
	Nelore	P	0,795	0,821	0,865	0,930	0,578	0,733	0,567	0,684	0,704	0,467	0,509	0,779	0,585	0,843	0,457
		r	-0,06	-0,02	0,09	0,29	-0,35	-0,31	-0,02	-0,29	-0,09	-0,39	0,11	-0,12	0,05	-0,20	0,29
Guzerá	P	0,901	0,969	0,857	0,568	0,488	0,541	0,963	0,579	0,864	0,436	0,831	0,818	0,922	0,706	0,577	
	r	-0,14	0,18	-0,15	-0,15	0,36	-0,23	0,32	-0,28	-0,15	0,45	0,39	0,26	0,29	0,10	0,43	
B ₂	Nelore	P	0,794	0,730	0,777	0,766	0,484	0,658	0,535	0,594	0,767	0,366	0,446	0,617	0,572	0,845	0,390
		r	0,00	0,05	0,00	0,27	-0,28	-0,35	-0,13	-0,36	-0,08	-0,46	0,21	-0,06	-0,09	-0,04	0,23
		P	0,998	0,922	0,993	0,595	0,593	0,489	0,808	0,481	0,875	0,360	0,690	0,903	0,856	0,930	0,660

Correlação de Pearson's a 5% de probabilidade. Fonte: Elaborada pelo autor