



**EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS, PARTIÇÃO DE ENERGIA
E EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO POR NOVILHAS
HOLANDÊS, GIR E GIROLANDO**

CARLOS ALBERTO ALVES DE OLIVEIRA FILHO

2017



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA
BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOECNIA**

**EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS, PARTIÇÃO DE ENERGIA
E EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO POR NOVILHAS
HOLANDÊS, GIR E GIROLANDO**

Autor: Carlos Alberto Alves de Oliveira Filho
Orientador: Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

ITAPETINGA
BAHIA - BRASIL
Janeiro de 2017

CARLOS ALBERTO ALVES DE OLIVEIRA FILHO

**EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS, PARTIÇÃO DE ENERGIA E
EMIÇÃO DE METANO ENTÉRICO POR NOVILHAS
HOLANDÊS, GIR E GIROLANDO**

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTOR EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira

Co-orientadores: Dr. José Augusto Gomes de Azevêdo
Dr. Fernanda Samarini Machado

ITAPETINGA
BAHIA - BRASIL
Janeiro de 2017

“Hoje, analisando o meu passado, julgo-me relativamente muito feliz, pelo que dou a graças a Deus; quando, porém, olho para o futuro, vejo a grande distância que ainda me separa da completa felicidade”.

Joseph Maitrê, o cego – p.369, Expições terrestres – O Céu e o Inferno

A minha avó (*in memorian*), Ermita de Oliveira, pelo amor, sabedoria e ensinamentos compartilhados.

Aos meus pais, Carlos Alberto e Iara, pela paciência, dedicação e compreensão ao longo da trajetória acadêmica, amo vocês.

Ao Tempo, senhor das encruzilhadas, aquele que abre e fecha os caminhos,
Laroiê.

A Mãe das águas, estrela maior, fonte de luz e inspiração, *Odoyá.*

Ao patrono da linha dos cablocos, caçador por excelência, arqueiro de uma flecha só, *Okê arô.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), especialmente ao Departamento de Pós-Graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

À Fundação CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À fundação de amparo à pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro necessário à condução deste trabalho.

À Empresa EMBRAPA Gado de Leite, pela concessão dos animais, espaço utilizado na pesquisa e apoio.

Ao pesquisador e orientador Dr. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira, à co-orientadora Dr. Fernanda Samarini Machado e aos pesquisadores: Dr. Thierry Ribeiro Tomich, Dr. Mariana Magalhães, pela excelente orientação concedida durante todo o processo de elaboração deste trabalho, pela pronta leitura atenciosa e melhorias apontadas, pelos importantes ensinamentos, tanto científicos quanto pessoais, pela dedicação, competência, amizade, confiança, apoio, pelo auxílio na análise estatística, pelo compromisso e contribuições neste trabalho, manifesto meu agradecimento e estima.

Ao Dr. Alexandre Lima Ferreira, pela amizade, apoio, disponibilidade em ajudar, pronta leitura atenciosa e melhorias apontadas na elaboração deste trabalho, auxílio na análise estatística, manifesto meu agradecimento e estima.

Ao Prof. Dr. José Augusto Gomes Azevêdo, exemplo de profissional, pela amizade, disponibilidade em ajudar e competência, por acreditar em meu potencial, auxílio na análise estatística, pela dedicação e amor em tudo que realiza, manifesto meu agradecimento e estima.

A Dr. (a) Daniela Batista Oss, pela amizade, pela atenção e disponibilidade em ajudar, apoio, pronta leitura atenciosa e melhorias apontadas na elaboração deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Paulo Bonomo, pela primeira orientação concedida ao longo da graduação, por acreditar em meu potencial, pelos importantes ensinamentos compartilhados em estatística, pela amizade, atenção e respeito, manifesto meu agradecimento e estima.

A todos os professores/amigos e ex-professores/amigos da UESB, em especial, Cristina Veloso, Paulo Bonomo, Simone Andrade, Sérgio Fernandes, Raul Carrielo, Iara do Carmo, Cosme, Edilson, Samuel, Nelma Gusmão, Dimas, Débora, Lígia, Sandra, Moisés Silva Nery, Mara Lúcia, Sônia Martins, Carlos Alberto (Bebeto), Genebaldo (*in memorian*), Sortelano (*in memorian*), Raimundo Massau, Mércia, Andréia, Márcio

Pedreira, Fabiano Ferreira da Silva, Luciano, Paulo Valter e Wellington, que contribuíram em minha formação acadêmica e pessoal, pela amizade e conhecimentos compartilhados ao longo do período de 2005 a 2010, meus sinceros agradecimentos, muito obrigado por tudo.

Aos Msc. Gustavo, Thais, Pâmela, Ellen, Daniel, Murilo, Luciano, Carina e João Paulo, e aos Dr.(s) Priscila, Tainá, Bárbara Cardoso (Babix), Juliana Dias (Jú) e Daniela Oss (Dani), pela companhia, auxílio na condução do experimento, disponibilidade em ajudar e amizade ao longo de 2014, 2015 e 2016.

Aos residentes zootécnicos da turma de 2014 da Embrapa Gado de Leite, Juliano, Thiago, Sr. Luiz, Leandro, Daniel, José Ronaldo, Calebe, Cecília, Gideon, Darlene, Aureliano, Adenilson, Matheus, Dieferson, Iara e Evandro, pelo auxílio na condução do experimento, amizade e apoio.

Ao funcionário da Embrapa Gado de Leite, Geovane, pela dedicação, comprometimento e competência na aplicação das sondas urinárias nas novilhas.

Aos funcionários e amigos da Embrapa Gado de Leite: José Moreira e família, José Mário (Zé), Soraya e família, Geraldinho e família, Marieta, Meirinha, Marciel (Mengo), Marcão, Luiz do Carmo, Gilmarzinho, Geovane e família, Anselmo, Betinho, Sr. Natalino, Pendáia, Lourdes, Maria Aparecida, Riguete, Binha e Evandro, pela amizade, dedicação e companhia ao longo de 2014.

A todos os funcionários da Embrapa Gado de Leite que contribuíram de alguma forma na execução do experimento.

À banca examinadora, pelas valiosas sugestões.

A Dr.(a) Camilla Flávia Portela Gomes da Silva, minha companheira, por estar ao meu lado em momentos importantes da minha vida.

A todos os integrantes da turma 2005.1/UESB, Daniel, Gustavo, Rodrigo, George, Marcelo, Igor, Marcone, Alexsandro, Philipe, Neomara, Keyla, Amanda, Aluane, Eva, kauana, Jaqueline e Elenilda, pelo apoio, atenção e companhia desde 2005, valeu turma.

Um agradecimento especial ao amigo, padrinho, Eduardo, pela atenção, disponibilidade em ajudar, pelos importantes ensinamentos e mensagens transmitidas ao longo da vida, meus sinceros agradecimentos, muito obrigado por tudo.

Um agradecimento especial aos meus pais, Carlos Alberto Alves de Oliveira e Iara Novaes Santos de Oliveira Pina, e a minha irmã, Sinthia Novaes, pelo apoio, carinho, reconhecimento e compreensão nos momentos de minha ausência.

A minha avó, Berenice, e tia-avó Eunice pela confiança, apoio, companhia, carinho e amizade.

BIOGRAFIA

Carlos Alberto Alves de Oliveira Filho, filho de Carlos Alberto Alves de Oliveira e Iara Novaes Santos de Oliveira Pina, nasceu em Vitória da Conquista-Ba, no dia 23 de outubro de 1986.

Em agosto de 2010, concluiu o curso de Graduação em Zootecnia, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* Itapetinga, Itapetinga-Ba.

Em outubro de 2010, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, em nível de Mestrado, área de concentração produção de Pequenos Ruminantes na Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus-Ba, realizando estudos na área de Nutrição de cordeiros, sob orientação do professor Dr. José Augusto Gomes Azevêdo.

Em março de 2011, durante o mestrado, realizou período sanduíche na Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, *campus* Jaboticabal, sob orientação do professor Dr. Ricardo Andrade Reis.

Em março de 2013, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Doutorado, área de concentração Produção de Ruminantes na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga-Ba, realizando estudos na área de Respirometria e Exigências nutricionais de energia, sob orientação do professor e pesquisador Dr. Luiz Gustavo Ribeiro Pereira.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS.....	ix
LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xv
RESUMO.....	xvi
ABSTRACT.....	xviii
I – REFERENCIAL TEÓRICO.....	01
1. Introdução geral.....	01
1.1 Energia.....	03
1.2 Unidades de energia.....	05
1.3 Calorimetria indireta.....	05
1.4 Crescimento animal.....	07
1.5 Exigências de energia e eficiência de uso.....	09
1.6 Emissão de metano vs produtividade animal.....	13
1.7 Influência do nível de alimentação e da composição genética sobre o teor energético dos alimentos.....	15
1.8 Referências bibliográficas.....	16
II - OBJETIVO GERAL.....	27
III – OBJETIVO ESPECÍFICO.....	28
IV – CAPÍTULO I - PARÂMETROS NUTRICIONAIS E DESEMPENHO DE NOVILHAS LEITEIRAS DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES GENÉTICAS.....	29
Resumo.....	29
Abstract.....	30
Introdução.....	30
Material e métodos.....	32
Resultados e discussão.....	36
Conclusões.....	48
Referências bibliográficas.....	48

V – CAPÍTULO II - EXIGÊNCIAS E PARTIÇÃO DE ENERGIA EM NOVILHAS LEITEIRAS DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES GENÉTICAS.....	53
Resumo.....	53
Abstract.....	54
Introdução.....	54
Material e métodos.....	56
Resultados e discussão.....	60
Conclusões.....	78
Referências bibliográficas.....	78
VI - CONCLUSÕES FINAIS.....	87

LISTA DE ABREVIATURAS

AGV's	Ácidos graxos voláteis
BN	Balanço de nitrogênio
cal	Caloria
CEB	Consumo de energia bruta
CED	Consumo de energia digestível
CEM	Consumo de energia metabolizável
CEUA	Comissão de Ética no Uso de Animais
CH ₄	Metano entérico
CH ₄ /g	Metano por grama
CH ₄ /mL	Metano por mililitros
CNF	Carboidratos não fibrosos
CO ₂	Dióxido de carbono
CR	Coeficiente respiratório
DNA	Ácido desoxirribonucleico
EA	Eficiência alimentar bruta
EB	Energia bruta
ED	Energia digestível
EE	Extrato etéreo
EL _m	Energia líquida para manutenção
EM _m	Energia metabolizável para manutenção
EM	Energia metabolizável
EPM	Erro padrão da média
ER	Energia retida
F1	Grau de sangue para animais oriundos de pais puro sangue, ½ sangue
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FDA	Fibra insolúvel em detergente ácido
FDN	Fibra insolúvel em detergente neutro
g/d	Gramas por dia
g/kg	Gramas por quilo

g/Kg FDN _{dig}	Gramas por quilo de fibra em detergente neutro digerida
g/Kg MO _{dig}	Gramas por quilo de matéria orgânica digerida
g/Kg MS _{dig}	Gramas por quilo de matéria seca digerida
g/Kg FDN _{ing}	Gramas por quilo de fibra em detergente neutro ingerida
g/Kg MO _{ing}	Gramas por quilo de matéria orgânica ingerida
g/Kg MS _{ing}	Gramas por quilo de matéria seca ingerida
g/kg PC ^{0,75}	Gramas por quilo de peso corporal metabólico
GEE	Gases de efeito estufa
GMD	Ganho de peso médio diário
H ₂	Gás hidrogênio
H ₂ O	Água
H ₂ S	Sulfeto de hidrogênio
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Kcal	Quilocalorias
Kcal/kg PC ^{0,75}	Quilocaloria por quilo de peso corporal metabólico
Kg	Quilos
<i>Kg</i>	Eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso
Kg/d	Quilos por dia
Kg PC/kg MS	Quilo de peso corporal por quilo de matéria seca consumida
kJ	Quilojoules
kJ/L	Quilojoules/litro
<i>Km</i>	Eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção
L	Litros
L/d	Litros por dia
L/d/PC ^{0,75}	Litros por dia por peso corporal metabólico
L/kg PC	Litros por quilo de peso corporal
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
Mcal	Megacaloria
Mcal/dia	Megacaloria por dia
MJ/dia	Megajoules/dia
MM	Matéria mineral
Mmol	Milimol
MO	Matéria orgânica

MS	Matéria seca
N	Nitrogênio
NA	Níveis de alimentação
NDT	Nutrientes digestíveis totais
O ₂	Oxigênio
ONU	Organização das Nações Unidas
NRC	Conselho Nacional de Pesquisa
PB	Proteína bruta
PC ^{0,75}	Peso corporal metabólico
PCalor	Produção de calor
PCi	Peso corporal inicial médio
PCf	Peso corporal final médio
PCj	Produção de calor em jejum
PCVZ	Peso de corpo vazio
RNA	Ácido ribonucleico
SAS	Sistema de análises estatísticas

LISTA DE TABELAS

Página

VII – CAPÍTULO I

Tabela 1. Formulação e composição química da dieta experimental.....	33
Tabela 2. Consumo de matéria seca, nutrientes, fração fibrosa e energia por novilhas Holandês, Girolando e Gir recebendo diferentes ofertas de alimentos em relação ao peso corporal.....	37
Tabela 3. Efeito da composição genética dentro da oferta de alimentos sobre o consumo de matéria seca, nutrientes e energia metabolizável por novilhas Holandês, Girolando e Gir.....	38
Tabela 4. Efeito da oferta de alimentos dentro da composição genética sobre o consumo de matéria seca, nutrientes e energia metabolizável por novilhas Holandês, Girolando e Gir.....	41
Tabela 5. Coeficiente de digestibilidade (kg/g) da matéria seca, nutrientes e energia bruta em novilhas Holandês, Girolando e Gir recebendo diferentes ofertas de alimentos em relação ao peso corporal.....	42
Tabela 6. Balanço de nitrogênio (N) em novilhas Holandês (H), Girolando e Gir (G) recebendo diferentes ofertas de alimentos em relação ao peso corporal.....	43
Tabela 7. Efeito da composição genética dentro da oferta de alimentos sobre balanço de nitrogênio (N) em novilhas Holandês, Girolando e Gir.....	44
Tabela 8. Efeito da oferta de alimentos dentro da composição genética sobre o coeficiente o balanço de nitrogênio (N) em novilhas Holandês, Gir e Girolando.....	47

Tabela 9. Desempenho de novilhas Holandês, Girolando e Gir recebendo diferentes ofertas de alimentos em relação ao peso corporal.....	48
--	----

VIII – CAPÍTULO II

Tabela 10. Formulação e composição química da dieta experimental.....	56
--	----

Tabela 11. Consumo e desempenho de novilhas Holandês, Girolando e Gir recebendo diferentes ofertas de alimentos em relação ao peso corporal.....	61
---	----

Tabela 12. Balanço energético de novilhas Holandês, Girolando e Gir recebendo diferentes ofertas de alimentos em relação ao peso corporal.....	62
---	----

Tabela 13. Efeito da composição genética dentro da oferta de alimentos sobre o consumo de energia bruta, digestível e metabolizável, e, perdas de EB na forma de metano por novilhas Holandês, Girolando e Gir.....	63
--	----

Tabela 14. Efeito da oferta de alimentos dentro da composição genética sobre o consumo de energia bruta, digestível e metabolizável, e, perdas de EB na forma de metano por novilhas Holandês, Girolando e Gir.....	65
--	----

Tabela 15. Densidade energética da dieta experimental para novilhas Holandês, Girolando e Gir recebendo diferentes ofertas de alimentos.....	69
---	----

Tabela 16. Produção de metano (CH ₄) por novilhas Holandês (H), Girolando e Gir recebendo diferentes ofertas de alimentos em relação ao peso corporal.....	70
---	----

Tabela 17. Efeito da composição genética dentro da oferta de alimentos sobre a produção de metano (CH ₄) por novilhas Holandês, Girolando e Gir.....	70
---	----

Tabela 18. Efeito da oferta de alimentos dentro da composição genética sobre a produção de metano (CH ₄) por novilhas Holandês, Girolando e Gir.....	72
---	----

Tabela 19. Parâmetros da regressão do logaritmo da produção de calor ($\text{kcal/kg PC}^{0,75}$) em função do consumo de energia metabolizável ($\text{kcal/kg PC}^{0,75}$) de novilhas Holandês Girolando e Gir pela técnica respirometria calorimétrica.....75

LISTA DE FIGURAS

Página

IX – CAPÍTULO II

Figura 1. Logaritmo da produção de calor em função do consumo de energia metabolizável (kcal/kg $PC^{0,75}$ /dia) de novilhas Holandês.....	74
Figura 2. Logaritmo da produção de calor em função do consumo de energia metabolizável (kcal/kg $PC^{0,75}$ /dia) de novilhas Gir.....	74
Figura 3. Logaritmo da produção de calor em função do consumo de energia metabolizável (kcal/kg $PC^{0,75}$ /dia) de novilhas Girolando.....	75

RESUMO

OLIVEIRA FILHO, Carlos Alberto Alves de. **Exigências nutricionais, partição de energia e emissão de metano entérico por novilhas Holandês, Gir e Girolando**. Itapetinga-BA: UESB, 2016, 110f. (Tese – Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes).*

Este trabalho foi desenvolvido com intuito de: *i*) verificar se o aumento da oferta de alimentos em relação ao peso corporal (PC) reduz o aproveitamento dos componentes da dieta em novilhas leiteiras; *ii*) verificar se a composição genética de novilhas leiteiras afeta o consumo, desempenho, balanço de nitrogênio, a produção de calor, as exigências nutricionais de energia líquida e metabolizável para manutenção, respectivamente (EL_m) e (EM_m), e a emissão de metano entérico (CH_4); *iii*) verificar se a oferta de alimentos, influencia a partição energética e a emissão de CH_4 . Sendo assim, realizaram-se dois experimentos. No primeiro foram avaliados os efeitos da oferta de alimentos e composição genética sobre o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio (N) e desempenho de novilhas leiteiras. Trinta e seis novilhas, 12 Holandês, 12 Gir e 12 Girolando, com pesos corporais (PCi) iniciais médios de 401 ± 39 kg, 303 ± 59 kg e 457 ± 48 kg, respectivamente, foram alojadas em sistema “*tie stall*”, alimentadas com uma dieta composta por silagem de milho e concentrado (70,7: 29,3 base MS) e distribuídas aleatoriamente em diferentes ofertas de alimentos, adotando-se delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3 (oferta de alimentos e composição genética). As dietas foram formuladas para possibilitarem ganhos de peso de 200, 400 e 800 g/dia, correspondendo às ofertas: 11 g/kg PC, 14 g/kg PC e 19 g/kg PC. As diferenças encontradas dentro da oferta de 11g/kg PC foram em até 5,0% para o consumo de matéria seca (MS), fração fibrosa ($g/kg PC^{0,75}$) e energia metabolizável ($g/kcal PC^{0,75}$). Com o aumento da oferta de alimentos, verificou-se efeito linear decrescente no coeficiente de digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos. Foi observada superioridade de 13,85% na digestibilidade do extrato etéreo para as novilhas Gir em relação às Girolando na oferta de 19 g/kg PC. O peso corporal final e o ganho de peso médio diário aumentaram linearmente em resposta ao aumento da oferta de alimentos. Animais zebuínos são nutricionalmente mais eficientes em

condições de restrição alimentar (menor oferta de alimentos) em comparação aos taurinos e cruzados, no entanto, em maiores níveis de oferta de alimentos são equivalentes aos mesmos, respectivamente. O segundo experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos da oferta de alimentos e composição genética sobre a partição de energia, produção de CH_4 e exigências nutricionais de energia para manutenção, em novilhas leiteiras recebendo diferentes ofertas de alimentos. Os mesmos animais e dieta utilizada no primeiro experimento foram utilizados no segundo experimento. Câmaras respirométricas de circuito aberto foram utilizadas para estimar a produção de calor dos animais por calorimetria indireta e para mensurar a emissão de CH_4 . Novilhas Holandês apresentaram consumo de energia metabolizável ($\text{Kcal/kg PC}^{0,75}$) superiores em 9,63 e 16,52% em relação às novilhas Girolando e Gir na condição de maior oferta de alimento (19 g/kg PC). As exigências de energia líquida de manutenção para as novilhas Holandês, Gir e Girolando obtidas foram de 83; 63,5 e 80,6 $\text{Kcal/kg PC}^{0,75}$, e a de energia metabolizável de manutenção de 130; 106 e 123 $\text{Kcal/kg PC}^{0,75}$, respectivamente. As eficiências de utilização da energia metabolizável para manutenção foram de 0,64; 0,60 e 0,65 para às novilhas Holandês, Gir e Girolando, respectivamente. O aumento da oferta de alimentos resultou em redução da produção de calor como proporção da energia bruta ingerida para todas as composições genéticas. Animais zebuínos ou mestiços (Holandês $\times$ Gir) não emitem mais CH_4 em relação a animais taurinos criadas em condições tropicais, mas possuem menor exigência de EL_m e EM_m .

Palavras-chave: gases de efeito estufa, ganho de peso, idade, respirometria, ruminantes

*Orientador: Luiz Gustavo Ribeiro Pereira, Dr. Pesquisador Embrapa Gado de Leite; Co-orientadores: José Augusto Gomes de Azevêdo, Dr. UESC; Fernanda Samarini Machado, Dr. Embrapa.

ABSTRACT

OLIVEIRA FILHO, Carlos Alberto Alves de. **Nutritional requirements, energy partition and issue of enteric methane by heifers Holstein, Gyr and crossbreed Gyrolando.** Itapetinga-BA: UESB, 2016, 110f. (Thesis – Doctor's degree in animal Science production of Ruminant Concentration Areas).*

This work was developed with the aim of: i) verify whether the increased nutritional plan in relation to body weight (BW) reduces the use of dietary components in dairy heifers; ii) verify whether the genetic group of dairy heifers affects intake, performance, nitrogen balance, heat production (HP), the nutritional requirements of liquid and metabolizable energy for maintenance, respectively (NE_l) and (ME_m) and the emission enteric methane (CH_4); iii) verify that the nutritional plan influences the energy partition and the emission of CH_4 . Thus, there were two experiments. In the first the effects of the nutritional plan and genetic group of the intake, digestibility, nitrogen (N) balance and performance of dairy heifers. Thirty-six heifers, 12 Holstein, 12 Gyr and 12 Gyrolando, with body weights (BW_i) of 401 ± 39 kg, 303 ± 59 kg and 457 ± 48 kg, respectively, were housed in system "tie stall" and randomly assigned to different nutritional plans, adopting a completely randomized design in a factorial 3 x 3 (nutritional plan and genetic group). The diets were formulated to make possible weight gains 200, 400 and 800 g/day, equivalent to nutritional plans 11 g/kg BW, 14 g/kg BW and 19 g/kg BW. The variations found in the 11g/kg BW plan were less than 5.0% for dry matter intake, fibrous fractions (g/kg BW^{0.75}) and metabolizable energy (g/kcal BW^{0.75}). With increased nutritional plan, there was a decreasing linear effect on the apparent digestibility of non-fiber carbohydrates (NFC). 13.85% superiority was found in EE digestibility for Gyr heifers in relation to Gyrolando in the plan 19 g/kg BW. The final body weight and average daily gain weight increased linearly in response to nutritional plans. Zebu animals are nutritionally more efficient in conditions of food restriction (lower nutritional level) compared to Taurus and crossbred, however, in larger nutritional plans are equivalent to them, respectively. The second experiment was conducted to assess the effects of nutritional plan and genetic group of the energy partition, CH_4 production and nutritional energy requirements for maintenance in dairy

heifers receiving different nutritional plans. The same animals and diet used in the first experiment were used in the second experiment. Respirometry chambers open circuit were used to estimate the heat production of the animals by indirect calorimetry to measure the emission and CH_4 . Heifers Holstein had metabolizable energy intake ($\text{Kcal/kg BW}^{0.75}$) higher at 9.63 and 16.52% for heifers Gyrolando and Gyr a greater food supply situation (19 g/kg BW). The requirements of liquid energy for maintenance of for heifers, Gyr and Gyrolando obtained were 83; 63.5 and 80.6 $\text{Kcal/kg BW}^{0.75}$, and the metabolizable energy 130; 106 and 123 $\text{Kcal/kg BW}^{0.75}$, respectively. The operating efficiencies of metabolizable energy for maintenance was 0.64; 0.60 and 0.65, for the heifers, Gyr and Gyrolando, respectively. The increased nutritional plan resulted in reduced heat production (%ICE) for all genetic group. Zebu or crossbred animals (Holstein $\times$ Gyr) do not emit more CH_4 in relation to Taurus animals raised in tropical conditions, but they have a lower requirement for NE_l and ME_m .

Key-words: greenhouse gases, weight gain, age, respirometry, ruminant

I – REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO GERAL

A marca dos 7,3 bilhões de habitantes em 2014, com projeções para 9,1 bilhões de habitantes para o ano de 2050 (Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais das Nações Unidas, 2014), impõem inúmeros desafios aos governos de todo o mundo.

De modo geral, o crescimento da população mundial associado a mudanças nos hábitos de consumo, melhoria no poder aquisitivo e nas condições de bem-estar das pessoas têm promovido aumento no consumo per capita de alimentos de origem animal. Desta forma, garantir alimentos saudáveis a todas essas pessoas, educação, saúde, energia, habitação e outras condições essenciais para a qualidade de vida de forma sustentável, sem dúvidas é um dos grandes desafios deste século.

Com respaldo no cenário mundial na elaboração de tecnologias para a produção na Agricultura Tropical, o Brasil terá papel fundamental na produção global de alimentos e no combate à fome, com condições reais de obter o crescimento agrícola de forma sustentável (FAO, 2015). O leite, alimento de importância nutricional, econômica e social, principalmente, no que se refere à geração de empregos, especificamente, é considerado como um dos produtos que apresenta elevada possibilidade de expansão no país. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) prevê para a próxima década o crescimento de 1,9% ao ano na produção de leite no Brasil, chegando ao final da projeção 2013-2023, com produção correspondente a 41,3 bilhões de litros (MAPA, 2013). No ranking mundial de produção de leite de vaca, o Brasil ocupa o 4º lugar, atrás de Estados Unidos, Índia e China, com crescimento de 2,7% e produção de 35,2 bilhões litros em 2014 (IBGE, 2015).

Logo, para se tornar um país eficiente, em termos de produção de alimentos de valor agregado, de custo competitivo, e produzido de forma ambientalmente correta, com mínima emissão de gases de efeito estufa e de resíduos, tecnologias adequadas deverão ser desenvolvidas e adotadas para possibilitar aumento da produtividade de

maneira sustentável, garantindo incrementos na produção e oferta de leite e seus derivados, com redução do número de animais e da área ocupada.

Diversos são os recursos genéticos para produzir leite no Brasil, sendo os animais adaptados ao ambiente tropical, os que possibilitam produzir leite com custo de produção reduzido. Segundo Silva et al. (2015), cerca de 80% do leite produzido no Brasil provém de vacas que tenham em sua composição genética as raças Gir e Holandês. A raça Gir (*Bos indicus*) é conhecida pela sua rusticidade, tolerância ao calor e parasitas, sendo um importante recurso genético para a produção de leite nos trópicos (Santana et al., 2014).

Nesse contexto, o conhecimento da composição química dos alimentos utilizados na alimentação e das exigências nutricionais de bovinos leiteiros, puros e mestiços, nas condições ambientais brasileiras, é condição essencial para a adoção de medidas racionais no manejo alimentar, de modo a favorecer a eficiente utilização de nutrientes pelo animal, reduzindo assim os passivos ambientais, assim como, gerar retorno econômico e de qualidade positivos nos sistemas de produção de leite, já que o custo com a alimentação do rebanho é um importante fator dos custos operacionais de produção (Collard et al., 2000; Pereira, 2000).

É sabido que a alimentação do rebanho é o item mais representativo no custo de produção de leite e as exigências nutricionais têm sido estabelecidas em diferentes países (AFRC, 1993; INRA, 1978; NRC, 2001). No Brasil, já foi publicada a terceira edição da Tabela Brasileira de Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados BR-CORTE, mas com foco em bovinos de corte (Valadares Filho et al., 2016). Já para gado de leite, as normas e padrões de alimentação ainda não foram estabelecidas e o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal vem permitindo a integração de esforços de várias instituições de pesquisa e Universidades do país para a elaboração de Tabela Brasileira de Exigências Nutricionais de Bovinos Leiteiro BR-LEITE. Assim, será possível formular dietas mais precisas, melhorando a eficiência bioeconômica dos sistemas de produção de leite no Brasil e países de clima tropical.

O Beef Cattle Nutrient Requirement Model (BCNRM, 2016) apresenta valor de $77 \text{ kcal/PCJ}^{0,75}/\text{dia}$ para a exigência de energia líquida para manutenção (EL_m) para machos castrados e fêmeas de corte. Marcondes et al. (2010), para fêmeas de corte, reportam valor de $78 \text{ Kcal/PCVZ}^{0,75}$ e Marcondes et al. (2016), de $75 \text{ kcal/PCVZ}^{0,75}/\text{dia}$ para zebuínos puros, cruzados de corte e cruzados de leite. A EL_m recomendada pelo

NRC (2001) é de 86 Kcal /PC^{0,75} para animais em crescimento e a do AFRC (1993) é de 83,5 Kcal /PC^{0,75}, para machos castrados e fêmeas. Chizzotti et al. (2008) ao estudarem as exigências de 389 animais Nelore puros ou cruzados com Angus, Red Angus, Simental, Limousin ou Brangus, não observaram efeitos da composição genética e estimaram a EL_m em 75 kcal/PCVZ^{0,75}/dia. O BCNRM (2016) recomenda EL_m para animais zebuínos, exceto Nelore, de 69 kcal/PCj^{0,75}. Na literatura nacional, relata-se valores de EL_m variando entre 85,2 e 102,3 kcal/PC^{0,75}, para novilhas leiteiras de diferentes composições genéticas, em crescimento (Silva, 2011) e 74,61 kcal/kg PC^{0,75}, para machos inteiros (Ferreira, 2014).

Percebe-se, portanto, que a elaboração de um banco de dados brasileiro de exigências nutricionais de animais de origem leiteira e, o subsequente, desenvolvimento de um modelo acurado de predição das exigências, se faz necessário na busca pelo aumento da produtividade e economicidade dos sistemas de produção de leite no Brasil.

Desta forma, a determinação das exigências nutricionais de novilhas leiteiras para diferentes grupos genéticos em condições brasileiras é importante para a consolidação do país como líder, não só na produção de produtos de origem animal, mas também, na geração de tecnologias sustentáveis para produção animal nos trópicos.

1.1. ENERGIA

Em física, energia é um conceito complexo, abrangente, de vasta aplicação e tradicionalmente, no campo da mecânica está associado à capacidade de qualquer corpo produzir trabalho, ação ou movimento, ou seja, relaciona-se a capacidade de realizar trabalho. Todavia, atendendo também ao campo da termodinâmica, engloba os processos associados ao calor, que no âmbito da física, representa uma forma de energia, que pode ser de origem cinética, associada aos átomos e moléculas de uma substância, por exemplo, ou, a transferência de energia térmica que flui de um corpo ou sistema para outro, em virtude da diferença de temperatura entre eles (Kleiber, 1972).

Em ciências, energia é um termo que deriva do grego "*ergos*", cujo significado original é “trabalho” (do grego *enérgeia* e do latim energia) e, inicialmente, foi usado para se referir a muitos dos fenômenos explicados através dos termos: “*vis viva*” (ou “força viva”) e “calórico” (Wilson, 1968). Nesse contexto, o conceito de energia foi

utilizado no sentido corrente para designar o vigor, a firmeza e a força. Contudo, as contribuições de Galileu Galilei (1564-1642); Leibniz (1646-1716); Huygens (1629-1695); Lagrange (1736-1813); Joseph Black (1728-1799), Rumford (1753-1814) e Carnot (1796-1832)) se orientavam no sentido de identificar regularidades associadas tanto aos fenômenos relativos ao movimento quanto ao calor (Bucussi, 2006).

No campo da nutrição animal, comumente, é denominada como uma fração não física do alimento, resultante da oxidação de nutrientes durante o metabolismo (NRC, 2001) e interpretada como um atributo do alimento, relacionado com o potencial que este tem de realizar trabalho.

Na nutrição de animais ruminantes, o foco está na energia química potencial armazenada nos alimentos (nas ligações C-C dos carboidratos, lipídios e proteínas), ou seja, na energia oriunda da oxidação destes compostos orgânicos, que por sua vez, nas células é usada para os processos de transporte de nutrientes, excreção de produtos do metabolismo, replicação do DNA, transcrição (síntese de RNA) e tradução (síntese protéica), síntese de lipídeos (adipócitos e alvéolos mamários), síntese de proteína (alvéolos mamários), culminando com a replicação celular ou a síntese de produtos (leite), além da locomoção (para células móveis) (Madigan & Martinko, 2006), “realização de trabalho e geração de calor”.

Energia, sob a forma de calor, flui do animal sempre que este é produzido pelo metabolismo e quando se verifica um gradiente térmico animal-ambiente. Dessa forma, quando os compostos químicos são transformados, como por exemplo, a partir de um alto nível de energia para um nível de energia mais baixo, parte desta pode então ser liberada para realização de trabalho útil (energia livre $=\Delta G^\circ$), de acordo com a seguinte equação: $\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$, onde H° = entalpia (conteúdo de calor no sistema), T = temperatura absoluta, S° = entropia (grau de desorganização das moléculas) (Kleiber, 1972).

Todos os sistemas vivos apresentam atividade biológica e para que as funções vitais que caracterizam um ser vivo (trocas celulares, circulação de fluídos, temperatura corporal, etc.) possam ser mantidas, ele necessita obter energia. Dessa maneira, o conhecimento da bioenergética tem sua importância na ciência da nutrição de animais ruminantes, uma vez que retrata a energia e suas transformações ligadas aos processos biológicos (Resende et al., 2011).

1.2. UNIDADES DE ENERGIA

O fato da energia pode ser mensurada, em termos de trabalho ou calor, permite que várias unidades possam ser utilizadas para descrever a quantidade de energia em um sistema, sendo o joule (J) e a caloria (cal), as unidades energéticas, britânica e americana, respectivamente, preferenciais para quantificar o valor energético dos alimentos em conjunto com os padrões de alimentação animal (NRC, 2001; CSIRO, 2007; BR-Corte, 2016).

O J, unidade definida pelo Sistema Métrico Internacional de Unidades (SI) para expressar energia, compreende a quantidade de energia necessária para aplicar a força de 1 Newton que desloca seu ponto de aplicação em um metro. Muitos dos requisitos de energia dos animais são expressos em termos de energia por unidade de tempo (MJ/dia). Já a caloria, tecnicamente é definida como unidade de calor e compreende a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de uma grama (g) de água em um grau Celsius (14,5 a 15,5°C) (Lenhinger, 1965), em pressão atmosférica normal (Kleiber, 1972), sendo o equivalente matemático de $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$ (Nelson & Cox, 2000).

Na prática, ao descrever o teor energético dos alimentos, comumente utilizam-se múltiplos dessas unidades, que é 1000 vezes superior à caloria, a quilocaloria (kcal). Assim, $(1 \text{ Quilocaloria (Kcal)} = 10^3 \text{ cal})$, $(1 \text{ Megacaloria (Mcal)} = 10^3 \text{ kcal})$ e $(1 \text{ kilojoule (kJ)} \text{ é o equivalente a } 10^3 \text{ joules})$ (Nelson & Cox, 2000).

1.3. CALORIMETRIA INDIRETA

Em termodinâmica, calorimetria é a parte da ciência física que estuda a energia térmica em transição (calor) (Kleiber, 1975).

A denominação indireta indica que a produção de calor gerado pelas reações químicas, diferentemente da calorimetria direta, que consiste em mensurar a transferência de calor produzido por um organismo para o meio circundante, é calculada a partir de alguns produtos químicos do metabolismo, por exemplo, as trocas gasosas na respiração (equivalentes calóricos do O_2 consumido e do CO_2 produzido) com o meio (Kleiber, 1975).

Os diferentes tipos de nutrientes (carboidratos, lipídeos e proteínas) utilizados na alimentação animal proporcionam quantidades específicas de energia produzida, ou seja, quantidades de O_2 consumido e CO_2 produzido, por grama de substrato metabólico oxidado. Os carboidratos e os lipídios são oxidados completamente até CO_2 e H_2O . Já as proteínas, além de produzir CO_2 e H_2O , liberam compostos nitrogenados calóricos que são excretados na urina, sendo a ureia, o principal composto em mamíferos (Kleiber, 1975; Van Soest, 1982).

Em animais ruminantes, a fermentação dos nutrientes alimentares pela microbiota ruminal (*Archaeas*, bactérias, protozoários e fungos) resulta na formação de ácidos graxos voláteis (AGV's) e na produção de gases (CO_2 e CH_4). Parte do CH_4 produzido pode ser absorvida pela parede ruminal, entrar na corrente sanguínea e ser eliminado via expiração. Entretanto, a maior parte é eliminada por eructação juntamente com CO_2 e traços de H_2 , H_2S , N, e O_2 , na proporção de 1/3 de CH_4 e 2/3 de CO_2 (Huntington, 1999).

Sendo assim, a equação proposta por Brouwer (1965) [Produção de Calor = $(3,866 \times VO_2) + (1,200 \times VCO_2) - (0,518 \times VCH_4) - (1,431 \times N_u)$], em que, produção de calor, é determinada em (Kcal/dia), O_2 é a taxa de consumo de oxigênio (L/dia), 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 urinário, determinado em gramas (g/dia), tem sido sugerida para o cálculo da produção de calor em animais ruminantes.

De acordo com o princípio de funcionamento da calorimetria, os calorímetros são classificados em equipamentos de circuito fechado e equipamentos de circuito aberto, e têm sido utilizados desde o início do século XIX em humanos e animais (Kleiber, 1972), como aplicação da termodinâmica para os animais (Van Soest, 1982).

Os equipamentos de circuito aberto (calorímetros de circuito aberto) têm sido um método habitual para determinar a produção de CH_4 , em estudos de metabolismo de energia em bovinos leiteiros. O uso de câmaras respirométricas para avaliação das trocas gasosas na respiração dos animais é considerado o método de referência internacional, para padronização de metodologias alternativas de mensuração de emissão de gases entéricos por ruminantes (Huhtanen et al., 2015).

Em câmaras respirométricas de circuito aberto, o animal é alojado em seu interior e são mensuradas as concentrações gasosas no ar que entra e que sai da câmara, para o cálculo da produção de calor e, a respectiva, produção de CH_4 . Embora as

câmaras respirométricas possibilitem medidas diretas e precisas das emissões totais de CH₄ (Hammond et al., 2015), este método requer alto investimento em infra-estrutura, equipamentos e apresenta como limitações, o reduzido número de animais que podem ser avaliados e a impossibilidade de avaliação de animais em pastejo.

1.4. CRESCIMENTO ANIMAL

O processo de crescimento animal pode ser definido como aumento de massa corporal, através da multiplicação celular e aumento do tamanho de células dos tecidos nervoso, ósseo, muscular, adiposo e órgãos internos (Pereira et al., 2010). Pode também, ser interpretada como o resultado líquido da diferença entre a síntese e degradação (acréscimo de água, proteína, gordura e minerais no corpo) (Silva, 2001).

Embora, o processo de crescimento de bovinos seja determinado basicamente pelos hormônios, associados ao potencial genético do animal e pelas condições ambientais, fatores nutricionais, sanitários e suas inter-relações, observa-se na literatura um paralelismo entre os modelos de crescimento dos componentes químicos (água, proteína, gordura e elementos minerais) e a composição física (tecido muscular, ósseo e adiposo) do corpo do animal, os quais ambos são influenciados pela idade, peso, raça, classe sexual e nível de ingestão de energia (Silva, 2001; Pereira et al., 2010; Silva et al., 2011).

Durante o crescimento embrionário e na fase extra-uterina, os diferentes tecidos se desenvolvem de forma coordenada, definidos pelo genoma do animal, mas que também, sofrem influência de fatores do meio. Inicialmente, o tecido nervoso desenvolve com mais velocidade, e isto ocorre durante a vida intra-uterina e após o nascimento. Adiante, o tecido ósseo apresenta uma fase de crescimento exponencial que se estabiliza, quando ocorre a aceleração do crescimento muscular. Finalmente, quando o animal atinge a puberdade, ocorre uma aceleração do crescimento do tecido adiposo, representado pelas gorduras cavitárias, de cobertura e de marmoreio (Oddy & Sainz, 2002; citado por Cabral et al., 2010).

Entre os tecidos corporais, o crescimento do tecido muscular e do tecido adiposo parece variar largamente entre grupos animais, sendo que o tecido adiposo mostra-se como o mais sensível a variações na alimentação (Berge, 1991), ao passo que o

crescimento do tecido ósseo parece ocorrer de forma semelhante, independente da raça, sexo e indivíduo.

Quanto à classe sexual, as principais diferenças dos animais são observadas quanto ao tecido adiposo. Considerando-se animais pertencentes à mesma raça e com peso de corpo vazio (PCVZ) similar, fêmeas possuem maior quantidade corporal de gordura que machos castrados, e estes, mais que os inteiros (Silva, 2001). Considerando animais jovens, por estarem em fase de crescimento, apresentam alta taxa de deposição de massa muscular, e, como a proteína é o principal componente dos músculos e órgãos, estes animais tendem a apresentar elevada exigência deste nutriente (Backes et al., 2002).

Diferenças na musculatura, na deposição de gordura ou na produção de leite podem mudar a proporção de tecidos metabolicamente ativos (Koong et al., 1985). O processo de deposição de proteína é descrito sendo dinâmico, em que as proteínas celulares estão em contínua degradação e renovação, (*turnover*) (Hawkins, 1991). Tais processos envolvem gasto de energia, assim sendo, animais que possuem diferenças na composição, como por exemplo, do músculo esquelético, podem apresentar diferenças nas exigências energéticas para manutenção e ganho de peso (Harris & Milne, 1981).

Tecidos associados com a digestão, como intestino e fígado, apresentam *turnover* proteico maior do que órgãos estruturais. De acordo com McBride & Kelly (1990), o trato digestivo de um animal ruminante pode ser responsável por 28 a 46% da síntese de proteína corporal. Quanto maior o *turnover* de um tecido, maiores são as taxas de síntese e degradação, o que resulta em maior atividade metabólica e gasto energético, ou seja, maior exigência de manutenção. Órgãos com maior atividade metabólica representam a maior parte do gasto energético do animal e estão mais susceptíveis a mudanças no padrão alimentar (Ferrell & Koong, 1985).

Variações nas exigências de energia para manutenção são atribuídas a inúmeros fatores, como: a raça, o sexo, a idade, a composição corporal e o nível nutricional do animal (Silva & Leão, 1979; Solis et al., 1988), a condição fisiológica e o nível nutricional (Koong et al., 1985), a estação do ano, a temperatura, a nutrição prévia (Ferrel & Jenkis, 1985), o peso corpóreo, o nível de produção, a atividade, o ambiente (Fox et al., 1988), as diferenças genéticas (Ferrel & Jenkis, 1984), a atividade de pastejo, as condições de clima (CSIRO, 2007) e podem também ser explicadas, em

parte, por variações nas proporções de vários órgãos e vísceras, atividade metabólica, e pelas menores taxas de *turnover* proteico (Chizzotti et al., 2008).

Dessa forma, torna-se claro que os componentes químicos (água, proteína, gordura e minerais) do corpo variam durante o crescimento e as variações na distribuição destes componentes, em conjunto com os demais fatores citados, podem conduzir a diferenças nas concentrações de energia corporal e nas respectivas exigências de energia líquida para manutenção de animais europeus em relação aos zebuínos (NRC, 2001), assim como as raças de aptidão leiteira em relação às de corte e seus respectivos cruzamentos, já que existe diferenças no tamanho e peso dos órgãos internos de fêmeas de raças leiteiras (Jersey e Holandesa) em comparação as fêmeas de raças de corte (Hereford) (Ferrel & Jenkins, 1984). Assim, faz-se necessário entender as respostas produtivas destes animais em relação à eficiência de utilização dos nutrientes.

1.5. EXIGÊNCIAS DE ENERGIA E EFICIÊNCIA DE USO

As estimativas das exigências energéticas para manutenção podem ser calculadas por métodos diretos, como a calorimetria direta ou indireta, que consistem na mensuração da produção de calor do animal (mantido num calorímetro, alimentado ou em estado pós-absortivo), ou por métodos indiretos, a qual se determina a energia retida (ER) e estima a produção de calor pela diferença entre o consumo de energia metabolizável (CEM) e ER, como é feito comumente nos estudos de abates comparativos (Lofgreen & Garrett, 1968).

Na determinação das exigências energéticas para fêmeas de origem leiteira, o emprego da técnica de abates comparativos é limitado, devido a fatores como, vida produtiva e valor comercial dos animais puros e seus respectivos cruzamentos. Dessa forma, comumente emprega-se a calorimetria indireta como método para estimativa da produção de calor dispendido pelo animal.

As exigências dietéticas de energia são obtidas a partir da correção das exigências líquidas por um fator de eficiência de utilização. A partir do conhecimento das exigências líquidas, e, levando-se em consideração os fatores de eficiência de utilização da energia dietética para diferentes funções fisiológicas, entre elas, manutenção,

ganho de peso e produção de leite, obtêm-se as exigências dietéticas de energia (NRC, 2001).

Toda exigência de energia de manutenção do animal é uma função da ingestão de EM necessária para que não ocorra alteração de energia corporal, tipicamente, expressa por peso corporal metabólico ($PC^{0,75}$) (Lofgreen & Garrett, 1968). Logo, as exigências de EL_m que é equivalente ao calor produzido pelo animal em jejum, ou seja, sem nenhum suporte alimentar para o atendimento de qualquer outra necessidade energética, faz com que a medida da produção de calor pelo animal nesse instante, represente a quantidade de energia dispensada para as atividades estritamente basais, como respiração, circulação, homeotermia e funcionamento dos órgãos e sistemas enzimáticos (Garrett et al., 1959). Dessa forma, a EL_m tem sido calculada como o antilogaritmo do intercepto da equação de regressão, entre o logaritmo da produção de calor em jejum (PC_j) e a ingestão de energia metabolizável (EM), conforme Lofgreen & Garret (1968).

O NRC (2001) apresenta valor de EL_m para animais em crescimento de 86 Kcal / $PC^{0,75}$. Já o AFRC (1993), para machos castrados e fêmeas, reporta valor de EL_m 83,5 Kcal / $PC^{0,75}$. No Brasil, Silva (2011) avaliando 18 novilhas pertencentes aos grupos genéticos Gir Leiteiro, Holandês, F1 Holandês x Gir, com pesos corporais médios iniciais (PC_i) de 240 kg, obteve EL_m de 85,2; 96,4 e 102,3 kcal/ $PC^{0,75}$, respectivamente. Borges (2000), trabalhando com fêmeas em crescimento, obteve os respectivos valores de EL_m de 61,02 a 76,42 kcal/kg $PCVZ^{0,75}$, para animais da raça Guzerá e Holandês. Ferreira (2014), utilizando dietas com concentrações de EM oscilando de 2,53 a 2,72 Mcal/kg MS, para bovinos, F1 Holandês x Gir, machos inteiros, com peso vivo inicial médio de 302 kg, obteve valores de EL_m e EM_m , de 74,61 e 125 kcal/kg $PC^{0,75}$, respectivamente. Para eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção (km) e ganho (kg) reportou valores de 0,60 e 0,34, respectivamente.

Energia metabolizável para manutenção (EM_m) é definida como o consumo de EM (CEM) quando a ER é igual a zero, $ER=0$ ou a produção de calor = CEM. Utilizando a relação exponencial ou linear, entre a produção de calor e o consumo de energia metabolizável, é possível estabelecer as exigências de EM_m . Adotando-se o processo iterativo, em que a produção de calor seja igual ao CEM (kcal/kg $PC^{0,75}$ /dia), ou seja, quando todo o CEM for perdido, na forma de calor (produção de calor=CEM), não havendo retenção de energia, este CEM é equivalente a EM_m (Lofgreen & Garret, 1968).

Dessa forma, a km pode ser estimada pela relação EL_m/EM_m (Lofgreen & Garret, 1968) ou como, o “*slope*” da equação de regressão linear da ER, em função do CEM quando $ER \leq 0$. Já a kg pode ser calculada como o coeficiente de inclinação da equação de regressão linear da ER em função do CEM (Lofgreen & Garret, 1968).

Em relação à energia líquida para ganho (EL_g), expressa em Mcal/ kg $PC^{0,75}$ /dia, correspondente a ER no ganho, pode ser calculada pela diferença entre o CEM e a produção de calor registrada em câmara respirométrica. Desta forma, pode-se ajustar equações de regressão entre a ER e o ganho diário de peso corporal (GPC), para determinado peso corporal metabólico ($PC^{0,75}$), utilizando-se o modelo $ER = a \times PC^{0,75} \times GPC^b$, em que ER é a energia retida diária (ER/Mcal/ $PC^{0,75}$) e ‘a’ e ‘b’ são coeficientes de regressão (Lofgreen & Garret, 1968).

Na literatura, tem-se observado valores de km variando de 0,66 a 0,74, e valores de kg variando de 0,36 a 0,54, quando obtidos em estudos de balanço energético com emprego da calorimetria (Garret & Jhonson, 1983). O NRC (1984) reporta valores de km variando de 57,6 a 68,6%, e, para kg , de 29,6 a 47,3%, conforme os teores de EM da dieta. Chizzotti et al. (2008) estimaram km de 0,67, não verificando efeitos de raça ou sexo sobre essa estimativa. Valadares Filho et al. (2010) reportaram valores de kg de aproximadamente 35%, para dieta com baixa energia (abaixo de 50% de concentrado na dieta) e de aproximadamente 47%, para dieta acima de 50% de concentrado.

Embora o conceito de manutenção, dentro do contexto de produção animal seja uma abstração, representa uma forma útil de expressar um componente do metabolismo energético em condições definidas. À exigência de energia para manutenção pode ser considerada como um dos principais fatores que afetam a eficiência de produção do animal (Shuey et al., 1993).

As exigências de manutenção de uma vaca de corte representam de 70 a 75% da energia consumida anualmente por uma vaca e seu bezerro (Ferrel & Jenkis, 1985). Além disso, a exigência de manutenção pode variar de 20 a 30%, devido a diferenças genéticas, que parecem ser moderada e altamente hereditárias (Taylor & Young, 1968; Cartens et al., 1988).

Variações na EM_m , podem ser atribuídas a produção de calor em jejum (PC_j) e a km , visto que sua determinação depende destas variáveis. DiCostanzo et al. (1991) e Hotovy et al. (1991) sugerem que uma das formas de aumentar a eficiência produtiva é a seleção de animais com menor exigências de EM_m . Entretanto, essa seleção pode não

ser possível, visto que o potencial genético para produção de leite e taxa de crescimento são positivamente correlacionados com a EM_m , quando avaliadas em condições livres de estresse (Ferrel & Jenkins, 1985). Tal fato pode ser devido às condições nutricionais nas quais as raças evoluíram. No entanto, não é claro, se a mesma relação se aplica a indivíduos dentro de uma raça que evoluiu em uma única condição nutricional (Davey et al., 1983; Grainger et al., 1985; Belyea & Adams, 1990).

Com o objetivo de verificar qual dos dois componentes, taxa metabólica ou km , mais influencia a EM_m em novilhas Hereford x Angus, avaliadas em 2 anos, (a partir de 19 meses de idade até o desmame do primeiro bezerro), Shuey et al. (1993) observaram que a relação da EM , com a produção de calor em jejum (PC_j) e km , resultaram em coeficientes de regressão de 0.97 e -0.60, respectivamente, indicando que a PC_j foi de 1,6 vezes mais importante do que km na determinação da EM_m , sendo a PC_j e km , responsáveis por 72, 5 e 27,5 % da variação na EM_m , respectivamente. Entretanto, para Carsterns et al. (1988), a km é o principal determinante em bezerros de corte, até os 9 meses de idade, mas não para bezerros de 20 meses.

Rompala et al. (1991) reportaram que cordeiros selecionados para melhorar a taxa de crescimento e eficiência alimentar (EA) tiveram maior PC_j em comparação aos que não foram selecionados, mas com valores de km semelhantes, concluindo que PC_j foi o principal responsável pelas alterações na EM_m . Os pesos do rúmen, também foram maiores para os cordeiros selecionados, demonstrando que a proporção relativa de massa orgânica visceral está intimamente relacionada com o metabolismo energético do animal (Koong et al., 1985; Milligan & Summers, 1986).

A massa de órgãos viscerais diminui com a redução da ingestão de alimentos e mudanças significativas podem ocorrer tanto a médio prazo (semanas) (Johnson et al., 1990), quanto em curto prazo (4 a 5 dias), afetando assim a PC_j e EM_m . Jenkins et al. (1991) sugerem que a taxa metabólica responde de forma diferente a ingestão em raças que diferem quanto às exigências de manutenção. A produção de calor (kcal/kg PC) de vacas da raça Hereford e Simental foi semelhante quando alimentadas com 1,9% MS em relação ao peso corporal. Entretanto, a produção de calor foi menor para a raça Hereford quando alimentados abaixo de 1,9%, e maiores quando alimentadas com valores acima de 1,9%, em comparação a raça Simental.

Quando a nutrição é adequada para atender as exigências de manutenção, as variações na EM_m , km e PC_j , tem menor influência sobre a eficiência de produção.

Outras características das novilhas, como por exemplo, características ligadas ao desempenho dos animais, taxa e a composição do ganho de peso (Marcondes et al., 2010) podem ser responsáveis pela variação na km , e consequentemente na eficiência de produção. Adicionalmente, se a EM_m é apontada como importante determinante da eficiência de produção quando a nutrição é restrita, nessas condições indicadores da PCj poderão ser apropriados para a seleção, devido ao fato dessa variável ser determinante primário das exigências de EM_m dentro de condições estabelecidas de mensuração (Shuey et al., 1993).

1.6. EMISSÃO DE METANO vs PRODUTIVIDADE ANIMAL

A redução da produção de CH_4 sem afetar a produtividade animal é desejável, tanto como uma estratégia de minimizar o impacto ambiental negativo da pecuária, como também de melhorar a eficiência de conversão da energia dietética dos ruminantes. De acordo com Moss (1993), o incremento de 1ppm de CH_4 na atmosfera, proporciona 0,2°C de aumento na temperatura média global, o que se deve a sua capacidade de absorver parte da radiação infravermelha, emitida principalmente pela superfície terrestre, sendo considerado um potente gás de efeito estufa (GEE).

A produção de alimentos de valor agregado, custo competitivo, e produzido de forma ambientalmente correta, com mínima emissão de GEE e resíduos, requer o estabelecimento de dietas e estratégias de manejo que maximizem os recursos disponíveis e que minimizem principalmente a produção relativa de CH_4 (CH_4/kg ganho de peso corporal (GPC); kg de leite, carne ou lã) para assim obter aumento na eficiência produtiva (Guimarães Jr. et al., 2010).

Existe consenso na literatura que as estratégias de mitigação de GEE na pecuária devam envolver a seleção de animais mais eficientes quanto à utilização da energia dietética, assim como o aumento da produtividade para se conseguir menores emissões de metano por unidade de produto. A Agência de Proteção Ambiental (EPA, 2005) considera a maneira mais promissora e rentável para redução das emissões de CH_4 .

No estudo de Yan et al. (2010) foi reportado que as perdas de EB na forma de CH_4 como proporção da EB ingerida ou da energia do leite, foi negativamente relacionada aos níveis de produção leiteira, metabolizabilidade e eficiência de utilização

da energia metabolizável para lactação, indicando que a seleção de vacas leiteiras com elevados níveis de produção e eficiência de utilização de energia representa estratégia eficiente de mitigação. Já nas projeções realizadas por Barioni et al. (2007), o aumento da taxa de natalidade de bovinos de 55 para 68%, a redução na idade de abate de 36 para 28 meses e a redução na taxa de mortalidade de 1 ano, de 7% para 4,5%, permitiria que as emissões de CH₄ em relação ao equivalente carcaça produzido fossem reduzidas em 18% no período de 2007-2025.

Dentre as formas de se expressar a produção de CH₄, é importante considerar a produção por quilograma de alimento ingerido ou por quilograma de produto animal. O aumento da produtividade animal resulta em menores intensidades de emissões de CH₄ por unidade de produto final (Beauchemin et al., 2008; Pinares-Patiño et al., 2009; Clark, 2013; Ferreira, 2014). A produção de CH₄ e a eficiência de utilização de energia são inversamente relacionadas, sendo que as perdas pela produção de CH₄ impactam negativamente na produtividade dos ruminantes, já que representam considerável perda de energia do animal para o ambiente (Ramin & Huhtanen, 2013).

Após a ingestão de alimentos e posterior fermentação no rúmen, a energia perdida na forma de CH₄ pode representar 6,5% (valor *default*), (IPCC, 2006). Em condições tropicais, o IPCC (2006) prevê perdas de EB em forma de CH₄ de 6,5 a 7,5% para a categoria bovinos. Trabalhando com novilhas, alimentadas com dieta a base de silagem de gramínea (45%) e concentrado (55%) em condições de clima temperado, Jião et al. (2013) reportou perdas de EB na forma de CH₄ de 6,9%, quando expresso em relação a consumo de EB (% CEB). Já Archibeque et al. (2007), reportou perdas de 3% CEB, para a categoria novilhos alimentados com uma dieta com alto teor de milho.

É sabido que o aumento da ingestão de alimentos leva ao aumento da produção de CH₄ devido ao maior aporte de substratos para a fermentação ruminal e consequente aumento no fornecimento de hidrogênio para a metanogênese (Hegarty et al., 2007), e, que fatores intrínsecos aos animais tais como, espécie, características genéticas, microflora ruminal, volume do rúmen, capacidade de seleção de alimentos, tempo de retenção de alimentos no rúmen são fatores que afetam a emissão de CH₄ (Hammond et al., 2009; Shibata & Terada, 2010). Porém o consumo de alimento é considerado o principal determinante (Ramin & Huhtanen, 2013; Reynolds et al., 2011) e explica até 74% das variações da emissão de CH₄ (Ellis et al., 2007). Borges et al. (2016) mencionaram que o consumo de MS explicou 87,7% da variação na produção de CH₄,

não havendo melhorias no modelo de predição com a inclusão de outras variáveis preditoras.

O aumento na produção de CH₄ não tem a mesma magnitude do incremento no consumo. A produção de CH₄ por unidade de MS ou nutriente ingerida diminui com o aumento do nível de ingestão (Ramin & Huhtanen, 2013). Logo, toda ação que melhore a eficiência do sistema de produção reduz proporcionalmente a emissão de CH₄, uma vez que mais produto (carne, leite, lã, etc.) será produzido em relação aos recursos utilizados (Guimarães Jr. et al., 2010).

1.7. INFLUÊNCIA DO NÍVEL DE ALIMENTAÇÃO E DA COMPOSIÇÃO GENÉTICA SOBRE O TEOR ENERGÉTICO DOS ALIMENTOS

Efeitos do nível de alimentação ou da composição genética sobre o teor energético dos alimentos foram reportados em diversos estudos (Gonçalves et al., 1991; Borges, 2000; NRC, 2001; Long et al., 2004; Silva, 2011; Ferreira, 2014 e Pancoti, 2015).

Com a redução da oferta de alimento, Gonçalves et al. (1991) verificaram elevação dos coeficientes de digestibilidade da MS e da energia. Contudo, os autores não constataram efeito dos grupos genéticos sobre os valores de digestibilidade em animais Nelore, Holandês, ½ Holandês × Zebu, ¾ Holandês × Zebu e bubalinos. De modo semelhante, Rennó et al. (2005), não encontraram efeito do grupo genético sobre os valores de digestibilidade da MS, MO, PB, CNF e FDN, em animais Holandês, mestiços ½ Holandês x Guzerá, ½ Holândes x Gir e puros Zebu.

Por outro lado, Borges (2000), trabalhou com animais das raças Guzerá e Holandês e verificou menor valor de digestibilidade para a FDN nos animais da raça Holandês (-24%). Já, Silva (2011), avaliando 18 novilhas, pertencentes a três grupos genéticos (Holandês, Gir e mestiços ½ Holandês × ½ Gir), encontraram maiores valores de digestibilidade da MS nos animais mestiços ½ Holandês × ½ Gir e da raça Holandês, quando comparados a raça Gir.

Quando o nível de ingestão aumentou de 30 para 90% do consumo *ad libitum*, Long et al. (2004) verificaram que os coeficientes de digestibilidades da MS, MO e FDN reduziram de 66,1 a 59,1%; 68,1 a 59,9%; e 62,1 a 54,3%, respectivamente.

Ferreira (2014) encontrou diferenças para as digestibilidades da MS, MO, EB, PB e CNF em bovinos cruzados F1 Holandês x Gir, em função do plano nutricional. As digestibilidades aparentes da MS, MO, EB, PB e CNF foram, 5,9; 7,2; 8,3; 15,7 e 7,9% maiores para os animais submetidos à dieta para proporcionar baixo ganho de peso em comparação ao grupo no alto ganho, respectivamente.

1.8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureaux International, 1993. 159p.

ARCHIBEQUE, S.L.; FREETLY, H.C.; COLE, N.A.; Ferrell, C.L. The influence of oscillating dietary protein concentrations on finishing cattle. II. Nutrient retention and ammonia emissions. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1496–1503, 2007. DOI: 10.2527/jas.2006-208

BACKES, A.A.; SANCHEZ, L.M.B.; GONÇALVES, M.B.F.; PIRES, C.C. Composição corporal e exigências líquidas de energia e proteína para ganho de peso de novilhos santa gertrudis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, p.2307–2313, 2002.

BARIONI, L.G.; LIMA, M.A.D.E; ZEN, S.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; FERREIRA, A.C. Abaseline projection of methane emissions by the Brazilian beef sector: preliminary results. In: GREENHOUSE GASES AND ANIMAL AGRICULTURECONFERENCE, 2007, Christchurch, New Zealand. **Proceedings...** Christchurch: [s.n.], 2007.

BEAUCHEMIN K.A.; KREUZER M.; O'MARA F.; MCALLISTER, T.A. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.48, p.21–27, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1071/EA07199>

BEEF CATTLE NUTRIENT REQUIREMENTS MODEL – BCNRM. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. Eighth Revised Edition. Washington, D.C: The National Academies Press, 2016.494 p.

BELYEA, R.L.; ADAMS, M.W. Energy and nitrogen utilization of high vs low producing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.1023-1030, 1990. DOI: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(90\)78761-9](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(90)78761-9)

BERGE, P. Long-term effects of feeding during calf hood on subsequent performance in beef cattle (a review). **Livestock Production Science**, v.28, p.179–201, 1991. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0301-6226\(91\)90142-D](http://dx.doi.org/10.1016/0301-6226(91)90142-D)

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

BORGES, A.L.C.C; SILVA, R.R.; FERREIRA, A.L.; LAGE, H.F.; VIVENZA, P.A.D.; CARVALHO, P.H.A.; FONSECA, M.P.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. **Respirometria e exigências nutricionais de zebuínos e cruzados de leite, em diferentes níveis de alimentação e estádios fisiológicos**. In: VALADARES FILHO, S.C; COSTA E SILVA, L.F.; GIONBELLI, M.P.; ROTTA, P.P.; MARCONDES, M.I; CHIZZOTTI, M.L.; PRADOS, L.F. Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados: BR-CORTE. 3ed. Viçosa: UFV, DZO. 2016. p.163-190.

BROUWER, E. **Report of Sub-Committee on Constants and Factors**. Proc 3rd Symp. On Energy Metabolism, EAAP Publ. Nº 11. p.441-443, 1965.

BUCUSSI, A.A. Introdução ao conceito de energia. **Textos de apoio ao professor de física**. Instituto de física-UFRGS, Porto Alegre, v.17, 2006.

CABRAL, L.S.; ZRVOUDAKIS, J.T.; SOUSA, D.P; RIBEIRO, M.D. Exigências de proteína e energia para novilhas leiteiras. In: PEREIRA, E. S.; PIMENTAL, P. G.; QUEIROZ, A. C.; MIZUBUTI, I. Y. **Novilhas Leiteiras**. Fortaleza, Ce: Graphiti gráfica e editora ltda, p.179-208. 2010.

CARSTENS, G.E.; JOHNSON, D.E.; JOHNSON, K.A.; HOTOVOY, S.K; SZYMANSKI, T.J. Genetic variation in energy expenditures of monozygous twin beef cattle at 9 and 20 months of age. In: Energy Metabolism of Farm Animals. **Proceedings...** 11th Symposium. EAAP No. p.43-72, 1988.

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. **Animal Science**, v.86, p.1588-1597, 2008. DOI:10.2527/jas.2007-0309

CLARK, H. Nutritional and host effects on methanogenesis in the grazing ruminant. **Animal**, v.7, p.41-48, 2013. DOI: 10.1017/S1751731112001875

COLLARD, B.L.; BOETTCHER, P.J.; DEKKERS, J.C.M.; PETITCLERC, D.; SCHAEFFER, L.R. Relationship between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.2683-2690, 2000. DOI: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75162-9](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75162-9)

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION (C.S.I.R.O). **Nutrient requirements of domesticated ruminants**. Victoria: Australia Agricultural Council, CSIRO publications, 2007. 266p.

DAVEY, A.W.F.; GRAINGER, C.; MacKENZIE, D.S.; FLUX, D.S.; WILSON, G.F.; BROOKES, I.M.; HOLMES, C.W. Nutritional and physiological studies of differences between Friesian cows of high and low genetic merit. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**, p.43-67, 1983.

DiCOSTANZO, A.; MEISKE, J.C.; PLEGGE, S.D. Characterization of energetically efficient and inefficient beef cows. **Journal of Animal Science**, v.69, p.1337-1348, 1991. DOI: 10.2527/1991.6941337x

ELLIS, J.L.; KEBREAB, E.; ODONGO, N.E.; MCBRIDE, B.W.; OKINE, E.K.; FRANCE, J. Prediction of methane emission from dairy and beef cattle. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.3456–3467, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2006-675>

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 × Gir determinadas pelas metodologias de abates comparativos e respirometria

calorimétrica. 2014. 94p. **Tese** (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FERREL, D. J.; JENKIS, T. G. Energy utilization by mature, non-pregnant, non-lactating cows of different types. **Journal of Animal Science**, v.58, p.234, 1984. DOI: 10.2527/jas1984.581234x

FERREL, D. J.; JENKIS, T. G. Energy utilization by Hereford and Simmental males and females. **Animal Production**, v.41, p.53-61, 1985.

FERRELL, C.L.; KOONG, L.J. Response of body organs of lambs to differing nutritional treatments. In: **Proc. 10th Symp. Energy Metabolism of Farm Animal EAAP**, Publ. v.32, p.26, 1985.

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, p.1475-1495, 1988. DOI: 10.2527/jas1988.6661475x

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, p.528-547, 1959. DOI:10.2527/jas1959.182528x

GARRETT, W.N.; JOHNSON, D.E. Nutritional energetics of ruminants. **Journal of Animal Science**, v.57, p.478-497, 1983. (Supl.2). DOI: 10.2527/animalsci1983.57Supplement_2478x

GONÇALVES, L.C.; SILVA, J.F.C.; ESTEVÃO, M.M.; TORRES, R.A. Consumo e digestibilidade da matéria seca e da energia em zebuínos e taurinos, seus mestiços e bubalinos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.20, p.384-395, 1991.

GRAINGER, C.; HOLMES, C.W.; MOORE, Y.F. Performance of Friesian cows with high and low breeding indexes. 2. Energy and nitrogen balance experiments with lactating and pregnant, non-lactating cows. **Animal Production**, v.40, p.389-400, 1985. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0003356100040113>

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; MARCHAO, R.L.; VILELA, L.; PEREIRA, L.G.R. Produção animal na integração lavoura-pecuária. In: Simpósio Mineiro de Nutrição de Gado de Leite, 5., 2010, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFMG, 2010. p. 111-123.

HAMMOND, K.L.; MUETZEL, S.; WAGHORN, G.C.; PINARES-PATIÑO, C.S.; BURKE, J.L.; HOSKIN, S.O. The variation in methane emissions from sheep and cattle is not explained by the chemical composition of ryegrass. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**, v.69, p.174-178, 2009. New Zealand Society of Animal Production.

HAMMOND, K.J.; HUMPHRIES, D.J.; CROMPTON, L.A.; GREEN, C.; REYNOLDS, C.K. Methane emissions from cattle: estimates from short-term measurements using a Green Feed system compared with measurements obtained using respiration chambers or sulphur hexafluoride tracer. **Animal Feed Science and Technology**, v.203, p.41-52, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.02.008>

HARRIS, C.I.; MILNE, G. The urinary excretion of N-methyl-histidine by cattle: validation as an index of muscle protein breakdown. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.45, p.411 - 429, 1981

HAWKINS, A.J.S. Protein turnover: a functional appraisal. **Functional Ecology**, Oxon, v.5, p.222 - 233, 1991.

HEGARTY, R.S.; GOOPY, J.P.; HERD, R.M.; MCCORKELL, B. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1479-1486, 2007. DOI: 10.2527/jas.2006-236

HOTOVY, S.K.; JOHNSON, K.A.; JOHSON, D.E; CARSTENS, G.E.; BOURDON, R.M.; SIEDEL, Jr. G.E. Variation among twin beef cattle in maintenance energy requirements. **Journal of Animal Science**, v.69, p.940-946, 1991. DOI: 10.2527/1991.693940x

HUHTANEN, P.; CABEZAS-GARCIA, E.H.; UTSUMI, S.; ZIMMERMAN, S. Comparison of methods to determine methane emissions from dairy cows in farm

conditions. **Journal of Dairy Science**, v.98, p.1-16, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-9118>

HUNTINGTON, G.B. **Nutrient metabolism by gastrointestinal tissues of herbivores**. In: JUNG, H.G., FAHEY JR., G.C. (Eds.) *Nutritional ecology of herbivores*. Savoy : ASAC, 1999. p.312-335.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE – INRA. **Alimentation des Ruminants**. INRA Publ., Versailles, 1978.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2015. Indicadores IBGE: Estatística da Produção Pecuária(2015). Disponível em:<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=3006>. Acesso em 10 de outubro de 2015.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **2006**. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use International. Chapter 10: Emissions from Livestock and Manure Management. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>>

JIAO, H.P.; YAN, T.; MCDOWELL, D.A.; CARSON, A.F.; FERRIS, C.P.; EASSON, D.L.; WILLS, D. Enteric methane emissions and efficiency of use of energy in Holstein heifers and steers at age of six months. **Journal of Animal Science**, v.91, p.356-362, 2013. DOI: 10.2527/jas.2012-5259

JENKINS, T.G.; NIENABER, J.A.; FERREL, C.L. Heat production of mature Hereford and Simmental cows. In: *Energy Metabolism of Farm Animals. Proceedings...* 12th Int. Symp on Energy Metabolism.EAAP.v.58, p.296-299, 1991.

JOHNSON, D.E.; JOHNSON, K.A.; BALDWIN, R.L. Changes in liver and gastrointestinal tract energy demands in response to physiological workload in ruminants. **The Journal of Nutrition**, v.120, p.649-655, 1990.

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

KLEIBER, M. **The fire of life. An introduction to animal energetics.** 2.ed. New York: Robert E. Krieger Publishing Company, 1975. 453p.

KOONG, L.J.; FERREL, C.L.; NIENABER, J.A. Assessment of interrelationships among levels of intake and production in growing animals. **Journal of Nutrition**, v.115, p.1383-1390, 1985.

LEHNINGER, A.L. **Bioenergetics. The molecular basis of biological energy transformations.** W.A. BENJAMIM, inc... New York, Amsterdam, 1965. 258p.

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, p.793-806, 1968. DOI: 10.2527/jas1968.273793x

LONG, R.J.; DONG, S.K.; HU, Z.Z.; SHI, J.J.; DONG, Q.M.; HAN, X.T. Digestibility, nutrient balance and urinary purine derivative excretion in dry yak cows fed oat hay at different levels of intake. **Livestock Production Science**, v.88, p.27-32, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livprodsci.2003.11.004>

MADIGAN, M.T; MARTINKO, J.M. **BROCK – Biology of Microorganisms.** 11.ed. Englewood Cliffs: Pearson Prentice Hall, 2006. 992p.

MARCONDES, M.I; CHIZZOTTI, M.L; VALADARES FILHO, S.C; GIONBELLI, M.P.; PAULINO, P.V.R.; PAULINO, M.F. **Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte.** 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: UFV, DZO. 2010. p.85-112.

MARCONDES, M.I; DA SILVA, A.L.; GIONBELLI, M.P.; VALADARES FILHO, S.C. **Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte.** In: VALADARES FILHO, S.C; COSTA E SILVA, L.F.; GIONBELLI, M.P.; ROTTA, P.P.; MARCONDES, M.I; CHIZZOTTI, M.L.; PRADOS, L.F. Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados: BR-CORTE. 3ed. Viçosa: UFV, DZO. 2016. p.163-190.

McBRIDE, B.W.; KELLY, J.M. Energy cost of absorption and metabolism in the ruminant gastrointestinal tract and liver: a review. **Journal of Animal Science**, v.68, n.9, p. 2997-3010, 1990. DOI:10.2527/1990.6892997x

MILLIGAN, L.P.; SUMMERS, M. The biological basis of maintenance and its relevance to assessing response to nutrients. **Proceedings of the Nutrition Society**, v.45, p.185-193,1986.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. 2013. Projeções do Agronegócio 2013: Brasil 2012/2013 a 2022/2023/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2013). 96p. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arqeditor/projecoes%20-%20versao%20atualizada.pdf>. Acesso em 27 de setembro de 2015.

MOSS, A.R. **Methane: global warming and production by animals**. Chalcombe Publications, 1993.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of sheep**. 6.ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 1985. 99p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences. 1994, 155p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.; National Academy Press, 2001. 381p.

NELSON, D.L; COX, M.M. **Lehninger: Principles of Biochemistry**. 3.ed. New York: Worth Publishers. 2000. 1152p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO – FAO. 2015. Metas globais para 2030 colocam a fome e a agricultura no centro das políticas mundiais, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/news/story/pt/item/332711/icode/>. Acesso em: 10 de outubro 2015.

PANCOTI, C.G. Exigências Nutricionais de energia em novilhas Gir, Holandês e F1 – Holandês X Gir . 2015. 120p. **Tese** (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PEREIRA, J.C. **Vacas leiteiras: aspectos práticos da alimentação**. Viçosa: Aprenda Fácil Editora, 2000. 198p.

PEREIRA, E.S.; PIMENTAL, P.G.; QUEIROZ, A.C.; MIZUBUTI, I.Y. **Novilhas Leiteiras**. Fortaleza, Ce: Graphiti gráfica e editora ltda, 2010. 632p.

PINARES-PATIÑO, C.S.; WAGHORN, G.C.; HEGARTY, R.S.; HOSKIN, S.O. Effects of intensification of pastoral farming on greenhouse gas emissions in New Zealand. **New Zealand Veterinary Journal**, v.57, p.252-261, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00480169.2009.58618>

RAMIN, M.; HUHTANEN, P. Development of equations for predicting methane emissions from ruminants. **Journal of Dairy Science**, v.96, p.2476-2493, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6095>

RENNÓ, L.N.; VALADARES FILHO, S.D.C.; VALADARES, R.F.D.; CECON, P.R.; BACKES, A.A.; RENNÓ, F.P.ALVES,D.D.; SILVA, P. A. Níveis de ureia na ração de novinhos de quatro grupos genéticos: consumo e digestibilidades totais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1775-1785, 2005.

RESENDE, K.T; TEIXEIRA, I.A.M.A; FERNANDES, M.H.R. **Metabolismo de energia**. In: BERCHIELLI, T.T; PIRES, A.V; OLIVEIRA, S.G. Nutrição de Ruminantes. 2ed. Jaboticabal: Funep, 2011. p.323-344.

REYNOLDS, C.K.; CROMPTON, L.A.; MILLS, J.A.N. Improving the efficiency of energy utilisation in cattle. **Animal Production**, v.51, p.6-12, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1071/AN10160>

ROMPALA, R.E.; JOHNSON, D.E.; RUMPLER, W.V.; PHETTEPLACE, H.W.; SPECHT, S.M.; PARKER, C.F. Energy utilization and organ mass of Tar ghee sheep selected for rate and efficiency of gain and receiving high and low planes of nutrition. **Journal of Animal Science**, v.69, p.1760-1765, 1991. DOI: 10.2527/1991.6941760x

SHIBATA, M.; TERADA, F. Factors affecting methane production and mitigation in ruminants. **Animal Science Journal**, v.81, p.2–10, 2010. DOI: 10.1111/j.1740-0929.2009.00687.x

SHUEY, S.A.; BIRKELO, C.P.; MARSHALL, D.M. The relationship of the maintenance energy requirement to heifer production efficiency. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2253-2259, 1993. DOI: 10.2527/1993.7182253x

SANTANA, M.L.; PEREIRA, R.J.; BIGNARDI, A.B.; EL FARO, L.; TONHATI, H.; ALBUQUERQUE, L.G. History, structure, and genetic diversity of Brazilian Gir cattle. **Livestock Science**, v.163, p.26-33, 2014.

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

SILVA, F.F. Desempenho, Característica de Carcaça, Composição Corporal e Exigências Nutricionais (Energia, Proteína, Aminoácidos e Macrominerais) de Novilhos Nelore, nas Fases de Recria e Engorda, Recebendo Diferentes Níveis de concentrado e Proteína. Viçosa, Mg: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 211p. **Tese** (Doutorado em Zootecnia) – Universidade federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, R.R. Respirometria e determinação das exigências de energia e produção de metano de fêmeas bovinas leiteiras de diferentes genótipos. 2011, 56p. **Tese** (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SILVA, J.C.P.M.; VELOSO, C.M.; MARCONDES, M.I.; CAMPOS, J.S. **Manejo de Novilhas Leiteiras**. Viçosa, Mg: Aprenda fácil editora, 2011. 168p.

SILVA, M.V.G.B.; CANAZA-CAYO, A.W.; LOPES, P.S.; COBUCI, J.A.; MARTINS, M. F.; PAIVA, L.C.; CEMBRANELLI, M.A.R.; FERREIRA, M.B.D.; PANETTO, J.C.C. Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando: do teste de progénie às avaliações genômicas. **Informe Agropecuário**, v. 36, p. 35-40, 2015.

SOLIS, J.C.; BYERS, F.M.; SCHELLING, G.T.; LONG, C.R.; GREENE, L.W. Maintenance requirements and energetic efficiency of cows of different breed types. **Journal of Animal Science**, v.66, p.764-773, 1988. DOI: 10.2527/jas1988.663764x

TAYLOR, St.C.S.; YOUNG, G.B. Equilibrium weight in relation to food intake and genotype in twin cattle. **Animal Production**, v.10, p.393-412, 1968. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0003356100026428>

UNITED NATIONS COMMISSION ON POPULATION AND DEVELOPMENT. 2014. "Assessment of the status of implementation of the Programme of Action of the International Conference on Population and Development: Framework of Actions for the Follow-up to the Programme of Action of the International Conference on Population and Development (ICPD) Beyond 2014." Report of the Secretary-General; Fortyseventh session 7-11 April 2014 Item 3 of the provisional agenda. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. Disponível em: <<http://www.un.org/en/development/desa/population/commission/previous-sessions/2014/index.shtml>>

VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados: BR-CORTE**. 2ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 193p.

VALADARES FILHO, S.C; COSTA E SILVA, L.F.; GIONBELLI, M.P.; ROTTA, P.P.; MARCONDES, M.I; CHIZZOTTI, M.L.; PRADOS, L.F. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados: BR-CORTE**. 3ed. Viçosa: UFV, DZO. 2016. p.163-190.

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

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

WILSON, M. **A energia**. Rio de Janeiro: José Olympio, 1968. 200p.

YAN, T.; MAYNE, C.S.; GORDON, F.G.; PORTER, M.G.; AGNEW, R.E.; PATTERSON, D.C.; FERRIS, C.P.; KILPATRICK, D.J. Mitigation of enteric methane emissions through improving efficiency of energy utilization and productivity in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.2630-2638, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2929>

II – OBJETIVO GERAL

Avaliar as exigências nutricionais de energia para manutenção, a partição de energia e a dinâmica da produção de calor e emissão de CH₄ em novilhas leiteiras.

III – OBJETIVO ESPECÍFICO

1. Avaliar os efeitos da oferta de alimentos e composição genética sobre o consumo e a digestibilidade da MS e dos nutrientes, bem como a influência no balanço de nitrogênio e desempenho de novilhas leiteiras Holandês, Girolando e Gir.
2. Avaliar a produção de calor e emissão de CH₄ por novilhas Holandês, Girolando e Gir em câmaras respirométricas, recebendo diferentes oferta de alimentos.
3. Avaliar as exigências de energia de novilhas Holandês, Girolando e Gir através da técnica respirometria calorimétrica.

Diante das hipóteses: i) A composição genética de novilhas leiteiras afeta o consumo, desempenho, balanço de nitrogênio, a produção de calor, as exigências nutricionais de energia líquida e metabolizável para manutenção, e, a emissão de CH₄; ii) A oferta de alimentos influencia a partição energética e a emissão de CH₄; foram elaborados os capítulos: 1) Parâmetros nutricionais e desempenho de novilhas leiteiras de diferentes composições genéticas 2) Exigências e partição de energia em novilhas leiteiras de diferentes composições genéticas que estão apresentados nos tópicos IV e V, respectivamente.

IV – CAPÍTULO I

PARÂMETROS NUTRICIONAIS E DESEMPENHO DE NOVILHAS LEITEIRAS DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES GENÉTICAS

RESUMO - Foram avaliados os efeitos da oferta de alimentos e composição genética sobre o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio (N) e desempenho de novilhas leiteiras. Trinta e seis novilhas, 12 Holandês, 12 Gir e 12 Girolando, com pesos corporais iniciais (PCi) médios de $401 \pm 39\text{kg}$, $303 \pm 59 \text{ kg}$ e $457 \pm 48\text{kg}$, respectivamente, foram alojadas em sistema “*tie stall*” e distribuídas aleatoriamente, adotando-se delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3×3 (oferta de alimentos e composição genética). As dietas foram formuladas para possibilitarem ganhos de peso de 200, 400 e 800 g/dia, correspondendo às ofertas: 11 g/kg PC, 14 g/kg PC e 19 g/kg PC. As diferenças encontradas dentro da oferta de 11g/kg PC foram em até 5,0% para o consumo de matéria seca, fração fibrosa (g/kg PC^{0,75}) e energia metabolizável (g/kcal PC^{0,75}). Com o aumento da oferta de alimentos, verificou-se efeito linear decrescente no coeficiente de digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos. Foi observada superioridade de 13,85% na digestibilidade do extrato etéreo para as novilhas Gir em relação às Girolando na oferta de 19 g/kg PC. O peso corporal final e o ganho de peso médio diário aumentaram linearmente em resposta ao aumento da oferta de alimentos. Animais zebuínos são nutricionalmente mais eficientes em condições de restrição alimentar (menor oferta de alimentos) em comparação aos taurinos e cruzados, no entanto, em maiores níveis de oferta de alimentos são equivalentes aos mesmos, respectivamente.

Palavras-chave: balanço de nitrogênio, gado de leite, ganho de peso, gir, girolando, ingestão

NUTRITIONAL PARAMETERS AND PERFORMANCE OF DAIRY HEIFERS OF DIFFERENT GENETIC GROUP

ABSTRACT - The effects of dietary plan and genetic group on the intake, digestibility, nitrogen balance (N) and performance of dairy heifers were evaluated. Thirty-six heifers, 12 Holstein, 12 Gyr and 12 Gyrolando, with average initial body weight (BW) of 401 ± 39 kg, 303 ± 59 kg and 457 ± 48 kg respectively, were housed in a "tie stall" system and randomly assigned to different dietary plans, adopting a completely randomized design in a 3 x 3 factorial arrange (nutritional plan and genetic group). The diets were formulated to enable weight gains of 200, 400 and 800 g/day, corresponding to dietary plans 11 g/kg BW, 14 g/kg BW and 19 g/kg BW. The variations found in the 11g/kg BW plan were less than 5.0% for dry matter intake, fibrous fractions (g/kg BW^{0.75}) and metabolizable energy (g/kcal BW^{0.75}). With increased dietary plan, there was a decreasing linear effect on the apparent digestibility of non - fibrous carbohydrates (NFC). 13.85% increase was found in ethereal extract digestibility for Gyr heifers in relation to Gyrolando in the plan 19 g/kg BW. The final body weight and average daily weight gain increased linearly in response to dietary plans. Zebu animals are nutritionally more efficient in conditions of food restriction (lower nutritional level) compared to Taurus and crossbred, however, in larger nutritional plans are equivalent to them, respectively.

Key-words: nitrogen balance, dairy cattle, weight gain, gyr, gyrolando, ingestion

1. INTRODUÇÃO

Na pecuária leiteira, os gastos com a criação de novilhas para reposição das vacas em lactação são apontados como fonte de despesas significativas, geralmente sendo inferiores somente aos gastos com o rebanho em lactação. Assim, o monitoramento das taxas de crescimento na recria de novilhas leiteiras, não só visando ganhos maiores, mas também, a redução do tempo para alcançar a puberdade pode representar uma estratégia para redução de custos de produção.

A utilização de planos nutricionais sem grandes implicações negativas no desempenho animal, e, que possibilitem a redução de passivos ambientais, podem ser medidas importantes para limitar o impacto ambiental negativo da pecuária. A busca e adoção de medidas racionais no manejo alimentar de animais ruminantes, além de favorecer a eficiente utilização de nutrientes pelo animal, podem também gerar retorno econômico e de qualidade nos sistemas de produção de leite, já que o custo com a alimentação do rebanho é o mais importante fator dos custos operacionais de produção (Collard et al., 2000; Pereira, 2000).

Na terceira edição da Tabela Brasileira de Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados BR-CORTE, (Valadares Filho et al., 2016), foi reportado que o NRC (2000) adotou ajustes propostos por Fox et al. (1988) sobre a predição de consumo de matéria seca (MS), devendo a mesma ser aumentada em 8% para raça Holandês e em 4% para animais cruzados das raças Holandês e britânicas, contudo não contempla informações para animais zebuínos.

É sabido que o consumo de matéria seca (MS) é a principal variável determinante do desempenho animal (Waldo & Jorgense, 1981), e, que já foi comprovada à influência do genótipo em pelo menos uma das variáveis relacionadas ao consumo ou desempenho em vacas de leite (Xue et al., 2011; Beercher et al., 2014). Contudo, não se sabe se a influência do genótipo sobre tais variáveis abrange todas as categorias, como as novilhas em crescimento.

Informações sobre parâmetros nutricionais e de desempenho em fêmeas zebuínas, taurinas e mestiças criadas em condições tropicais, são necessárias para determinação do valor nutritivo das dietas, partição de energia e exigências nutricionais as quais são fundamentais para o estabelecimento de normas e padrões de alimentação para fêmeas de origem leiteira. Tais normas objetivam formular dietas mais precisas, melhorando a eficiência bioeconômica dos sistemas de produção de leite no Brasil e outros países de clima tropical.

Diversos são os recursos genéticos disponíveis para produzir leite no Brasil, sendo os animais adaptados ao ambiente tropical os que possibilitam produzir leite demandando menor custo de produção. Apesar de cerca de 80% do leite produzido no Brasil provenha de vacas que tenham em sua composição genética as raças Gir e Holandês (Silva et al., 2015), produtores nacionais ainda se utilizam de comitês

internacionais para formulação e ajuste de dietas, visto escassas informações disponíveis sobre a nutrição desses grupos genéticos.

Entretanto, as recomendações nutricionais dos comitês internacionais podem não ser apropriadas para a formulação de dietas em condições tropicais, em função principalmente do efeito de variações relacionadas ao genótipo, condições ambientais, nível e tipo de alimentação empregado. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do plano nutricional e da composição genética sobre o consumo e a digestibilidade da MS e nutrientes, bem como sua influência no balanço de N e desempenho de novilhas leiteiras de importantes composições genéticas para a pecuária nacional.

2. MATERIAL e MÉTODOS

Todos os procedimentos com animais neste estudo foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Embrapa Gado de Leite (Protocolo CEUA – EGL nº 01/2012). O experimento foi realizado no Complexo Experimental Multiusuário de Bioeficiência e Sustentabilidade da Pecuária, em Coronel Pacheco, Minas Gerais, Brasil, no período de março a setembro de 2014. O experimento teve duração de 171 dias consecutivos.

2.1. Animais, dieta e delineamento experimental

Trinta e seis novilhas foram utilizadas, sendo 12 da raça Holandês (H), 12 Gir (G) e 12 Girolando ($\frac{1}{2}$ Holandês $\times$ $\frac{1}{2}$ Gir). O peso corporal inicial (PCi) foi de 401 ± 39 kg, 303 ± 59 kg e 457 ± 48 kg, respectivamente.

As novilhas foram subdivididas em 3 grupos de 12 animais (3 Holandês, 3 Gir e 3 Girolando) no início do experimento. Ao longo do estudo, as novilhas foram alojadas em sistema *tie stall*, com acesso livre à água, e foram alimentadas com uma dieta composta por silagem de milho e concentrado (70,7: 29,3 base MS, Tabela 1), uma vez por dia (08:30 h).

Tabela 1. Formulação e composição química da dieta experimental

Item	
<i>Ingredientes</i>	<i>g/kg</i>
Silagem de milho	707,53
Milho moído	129,73
Farelo de soja	156,58
Núcleo Mineral ¹	3,67
NaCl	2,49
<i>Composição química</i>	
Matéria seca	488,69
Proteína bruta	143,76
Extrato etéreo	40,35
Fibra em detergente neutro	347,84
Fibra em detergente ácido	217,61
Carboidratos não fibrosos	407,65
Hemicelulose	130,23
Carboidratos totais	755,49
Matéria mineral	54,26
<i>Mcal/kg MS</i>	
Energia bruta	4,14
Energia metabolizável ²	2,43

¹Composição (mínimo): Ca: 190 g/kg; P: 60 g/kg; Na: 70 g/kg; Mg: 20 g/kg; Co: 15 mg/kg; Cu: 700 mg/kg; Mn: 1.600 mg/kg; Se: 19 mg/kg; Zn: 2.500 mg/kg e I: 40 mg/kg. ²Determinada em ensaio de metabolismo com bovinos

A dieta foi formulada com base no NRC (2001) para um animal padrão com peso corporal médio (PC_m) de 370 kg, com estimativa de ganho de peso de 800 g/dia. Uma única dieta foi utilizada, diferindo apenas na quantidade fornecida aos animais: oferta de 11 g/kg PC, 14 g/kg PC e de 19 g/kg PC, correspondendo aos ganhos de peso previstos de 200, 400 e 800 g/dia, respectivamente.

O alimento oferecido e as sobras foram pesados para determinar o consumo de MS diário total durante todo o experimento. Os ingredientes do concentrado foram coletados para análise e amostras representativas de silagem, concentrado e sobras foram coletadas diariamente, e reunidas semanalmente para análise química.

2.2. Digestibilidade e balanço de nitrogênio

Durante o período experimental foram realizados três ensaios de digestibilidade: no início (53 dias de período experimental), no meio (102 dias) e no fim (151 dias) do

período experimental. A energia metabolizável (EM) das dietas (Mcal/kg) foi calculada pela relação entre o consumo de EM (Mcal/dia) e consumo de MS (kg/dia). Cada ensaio de digestibilidade teve duração de oito dias, sendo cinco dias de adaptação ao manejo experimental e três dias de coleta total de fezes (Rotta et al., 2014). As amostras dos alimentos oferecidos, sobras e fezes foram coletadas durante os três dias consecutivos e congeladas em câmara fria a -15°C para posteriores análises. Em cada período, as amostras diárias dos alimentos oferecidos, sobras e fezes foram proporcionalmente homogeneizadas para formarem uma amostra composta ao final dos três dias de coleta por animal (Rotta et al., 2014).

Durante os ensaios de digestibilidade, no primeiro e segundo dia de coleta total de fezes, coletou-se a urina de todos os animais durante um período de 24 horas, utilizando-se sondas tipo Folley de duas vias, nº 24, com balão de 30-50 ml, com auxílio de guia de sonda, via uretra até a bexiga urinária (Valadares et al., 1997). Na extremidade da sonda foi adaptada mangueira de polietileno, pela qual a urina era conduzida até galões plásticos com tampa, mantidos em caixa de isopor preenchidas com gelo. Ao final das 24 horas, foi aferido o volume e peso da urina, sendo posteriormente homogeneizadas e amostradas em alíquotas de 50 mL (10 mL de urina para 40 mL de solução ácida de H_2SO_4 a 0,072N) e armazenadas em frascos de polietileno. Outra amostra de urina não diluída em ácido foi retirada para determinação da energia bruta (EB). O balanço aparente dos compostos nitrogenados foi calculado pela diferença entre o nitrogênio ingerido (NI) e o nitrogênio excretado (NE), na urina e fezes.

2.3. Calorimetria indireta de circuito aberto

Após o segundo ensaio de digestibilidade (110 dias de período experimental) iniciaram-se os procedimentos para determinação da produção de metano entérico (CH_4) dos animais com a utilização de duas câmaras respirométricas. Os procedimentos e especificação do sistema foram descritos por Machado et al. (2016). Condições de termo neutralidade foram mantidas no interior das câmaras durante as mensurações, correspondendo à temperatura média de $22\pm 3^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $65\pm 5\%$. Antes e após as mensurações nas câmaras, foram registrados os pesos dos animais, visando-se obter o PC_m durante o período de avaliação.

A quantificação da perda energética pela produção de CH₄ foi computada assumindo-se 9,45 kcal/L de CH₄ (Brouwer, 1965). O consumo de EM foi determinado subtraindo-se do consumo de EB a EB das fezes, urina e CH₄.

2.4. Desempenho animal

As pesagens iniciais e finais dos animais foram realizadas após jejum (sólidos e líquidos) de 16 horas. As pesagens intermediárias foram realizadas a cada 15 dias, por dois dias consecutivos, sempre as 7:00 horas, antes do fornecimento da dieta, para monitoramento e ajuste da quantidade ofertada aos animais. O ganho de peso médio diário (GMD) foi determinado em função dos 171 dias experimentais. A eficiência alimentar (EA) foi calculada pela razão entre o ganho de peso corporal e a MS consumida.

2.5. Processamento das amostras e análises laboratoriais

Determinaram-se os teores de MS em estufa a 105°C (AOAC, 1990; método 934.01), cinzas (AOAC, 1990; método 942.05), proteína bruta (PB) pelo método Kjeldahl (AOAC, 1990; método 984.13), EB por combustão em bomba calorimétrica adiabática - marca IKA® WERKE /modelo C-5000 ADI, Control, (AOAC, 1995), fibra detergente neutro (FDN) pelo método sequencial de Van Soest et al. (1991), adaptado para as condições do aparelho ANKOM²²⁰, Fiber Analyzer (Ankom Technology, Fairport, NY), com adição de 500 µL/g MS de amilase, sem uso sulfito de sódio e corrigido para cinzas residuais (Mertens, 2002), fibra em detergente ácido (FDA) (AOAC, 1996; método 973.18) e extrato etéreo (EE) (AOAC, 1990; método 920.39).

A correção da FDN e da FDA para compostos nitrogenados e a estimativa do nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NDIN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) seguiram as recomendações de Licitra et al. (1996).

O teor de carboidratos não fibrosos (CNF), expresso em % da MS, foi calculado de acordo com Hall (2000). As amostras de urina foram analisadas para determinação dos valores de N total pelo método Kjeldahl (AOAC, 1990; método 984.13) e EB (AOAC, 1995).

2.6. Procedimentos estatísticos

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, segundo esquema fatorial 3 x 3, sendo 3 ofertas de alimentos (11; 14 e 19 g/kg PC) e três composições genéticas (Holandês, Gir e Girolando) com 4 repetições, conforme o modelo estatístico: $Y_{ij} = M + G_i + N_j + GN_{ij} + \epsilon_{ij}$, em que M = média geral; G_i = efeito da composição genética; N_j = efeito da oferta de alimentos; GN_{ij} = efeito da interação composição genética e oferta de alimentos, e, ϵ_{ij} = erro aleatório associado às observações.

O PC_i foi utilizado como co-variável. As variáveis avaliadas foram submetidas à análise de covariância (ANCOVA), utilizando-se o comando PROC MIXED, programa SAS (versão 9.1.3), admitindo como efeito fixo, a composição genética, a oferta de alimentos e a interação composição genética e oferta de alimentos, e, como efeito aleatório a repetição (animal), assim como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I, de 5,0%.

As pressuposições relacionadas aos erros foram verificadas, utilizando-se o comando PROC UNIVARIATE. Para as variáveis cuja interação (composição genética x oferta de alimentos) foi significativa, o desdobramento foi realizado e as médias para o fator composição genética, comparadas pelo teste Tukey, e, para o fator oferta de alimentos, adotou-se a decomposição da soma de quadrados de tratamentos em contrastes ortogonais relativos aos efeitos linear e quadrático, admitindo 5,0% como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

3. RESULTADOS e DISCUSSÃO

O presente estudo investigou o consumo, a digestibilidade, o balanço de N e o desempenho para determinar se existiam diferenças entre genótipos de novilhas leiteiras. Houve interação ($P=0,001$) entre a composição genética e oferta de alimentos, para o consumo de MS, MO, FDN, PB, CNF e EE (kg/dia), consumo de MS, MO e FDN (g/kg PC^{0,75}) e EM, expresso em Mcal/dia e Kcal/kg PC^{0,75}, respectivamente (Tabela 2).

Na oferta de 11 g/kg PC, o consumo de MS e FDN (g/kg PC^{0,75}) foram respectivamente 2,56 e 3,98%; e, 2,54 e 3,95% maiores ($P=0,001$) para as novilhas Gir, em relação as novilhas Holandês e Girolando (Tabela 3), enquanto que o consumo de EM (kcal/kg PC^{0,75}) foi 5,01% maior ($P=0,001$) para as novilhas Gir, em relação as

novilhas Girolando (Tabela 3). Nas ofertas de 14 e 19 g/kg PC os consumos de MS e FDN (g/kg PC^{0,75}) e EM (kcal/kg PC^{0,75}) não diferiram (P>0,05) entre as novilhas Holandês, Girolando e Gir (Tabela 3).

Tabela 2. Consumo de matéria seca, nutrientes, fração fibrosa e energia metabolizável (EM) por novilhas Holandês, Girolando e Gir recebendo diferentes ofertas de alimentos em relação ao peso corporal

Item	Oferta de alimentos (g/kg PC)			Composição genética			EPM	P-valor		
	11	14	19	Holandês	Girolando	Gir		OA ⁸	CG ⁹	OA×CG
<i>Kg/dia</i>										
¹ MS	4,74	6,04	8,44	6,36	6,28	6,58	0,3758	0,001	0,043	0,001*
² MO	4,42	5,62	7,85	5,92	5,85	6,13	0,3497	0,001	0,043	0,001*
³ PB	0,65	0,83	1,16	0,87	0,86	0,90	0,0517	0,001	0,042	0,001*
⁴ EE	0,19	0,24	0,34	0,26	0,25	0,27	0,0155	0,001	0,033	0,001*
⁵ FDN	1,61	2,04	2,85	2,15	2,13	2,23	0,1272	0,001	0,034	0,001*
⁶ CNF	1,98	2,53	3,52	2,66	2,63	2,75	0,1570	0,001	0,037	0,001*
<i>Mcal/dia</i>										
⁷ EM	11,17	14,22	19,86	14,96	14,79	15,49	0,8845	0,001	0,041	0,001*
<i>g/KgPC^{0,75}</i>										
¹ MS	50,29	63,19	85,01	66,20	65,78	66,51	2,6039	0,001	0,070	0,001*
² MO	47,04	59,11	79,52	61,92	61,53	62,21	2,4357	0,001	0,071	0,001*
⁵ FDN	16,98	21,34	28,72	22,36	22,22	22,46	0,8797	0,001	0,070	0,001*
<i>Kcal/KgPC^{0,75}</i>										
⁷ EM	117,08	146,82	199,04	153,95	153,17	155,81	6,1781	0,001	0,042	0,001*

EPM, erro padrão da média. ¹Matéria seca; ²Matéria orgânica; ³Proteína bruta; ⁴Extrato etéreo; ⁵Fibra em detergente neutro; ⁶Carboidratos não fibrosos; ⁷Energia metabolizável; ⁸Oferta de alimentos; ⁹Composição genética.

Tabela 3. Efeito da composição genética dentro da oferta de alimentos sobre o consumo de matéria seca, nutrientes e energia metabolizável por novilhas Holandês, Girolando e Gir

Item	Holandês	Girolando	Gir	Holandês	Girolando	Gir	Holandês	Girolando	Gir
	11 g/kg PC			14 g/kg PC			19 g/kg PC		
Consumo									
MS ¹ kg/dia	4,62 ^B	4,37 ^B	5,25 ^A	5,96 ^A	5,86 ^A	6,30 ^A	8,50 ^A	8,62 ^A	8,10 ^A
MO ² kg/dia	4,30 ^B	4,07 ^B	4,89 ^A	5,55 ^A	5,46 ^A	5,87 ^A	7,91 ^A	8,02 ^A	7,62 ^A
PB ³ kg/dia	0,63 ^B	0,60 ^B	0,72 ^A	0,82 ^A	0,80 ^A	0,87 ^A	1,17 ^A	1,18 ^A	1,12 ^A
EE ⁴ kg/dia	0,18 ^B	0,17 ^B	0,21 ^A	0,24 ^A	0,24 ^A	0,25 ^A	0,34 ^A	0,35 ^A	0,33 ^A
FDN ⁵ kg/dia	1,56 ^B	1,48 ^B	1,78 ^A	2,01 ^A	1,98 ^A	2,13 ^A	2,88 ^A	2,91 ^A	2,77 ^A
CNF ⁶ kg/dia	1,93 ^B	1,82 ^B	2,20 ^A	2,49 ^A	2,45 ^A	2,64 ^A	3,55 ^A	3,60 ^A	3,43 ^A
MS ¹ g/kg PC ^{0,75}	50,09 ^B	49,40 ^B	51,37 ^A	63,11 ^A	62,60 ^A	63,85 ^A	85,41 ^A	85,33 ^A	84,30 ^A
MO ² g/kg PC ^{0,75}	46,86 ^B	46,21 ^B	48,06 ^A	59,04 ^A	58,56 ^A	59,73 ^A	79,89 ^A	79,83 ^A	78,85 ^A
FDN ⁵ g/kg PC ^{0,75}	16,92 ^B	16,69 ^B	17,35 ^A	21,32 ^A	21,15 ^A	21,57 ^A	28,86 ^A	28,83 ^A	28,47 ^A
EM ⁷ Mcal/dia	10,86 ^B	10,30 ^B	12,36 ^A	14,02 ^A	13,79 ^A	14,84 ^A	20,01 ^A	20,29 ^A	19,28 ^A
EM ⁷ kcal/kg PC ^{0,75}	116,59 ^{AB}	114,46 ^B	120,20 ^A	146,65 ^A	145,01 ^A	148,79 ^A	198,60 ^A	200,04 ^A	198,45 ^A

*Letras maiúsculas diferentes representam efeito (Teste de Tukey, $P < 0,05$) da composição genética dentro de cada oferta de alimentos. ¹Matéria seca; ²Matéria orgânica; ³Proteína bruta; ⁴Extrato etéreo; ⁵Fibra em detergente neutro; ⁶Carboidratos não fibrosos; ⁷Energia metabolizável.

O consumo de MS é afetado por vários fatores, sendo o peso corporal um fator determinante no consumo de MS de bovinos. Na terceira edição do BR-Corte (2016), foi reportado que Galyean & Hubbert (1992) observaram que o PC_i representou 59,8% da variação do CMS em dietas com concentrações de energia líquida de manutenção (EL_m) que variaram de 1 a 2,4 Mcal/kg MS.

No presente estudo, a concentração de energia metabolizável (EM_m) foi de 2,43 (Mcal/kg MS). O consumo MS (g/kg PC^{0,75}) superior para os animais Gir no plano 11 g/kg PC provavelmente ocorreu em função do menor PC_i desses animais. Como os planos nutricionais eram fixos e as novilhas mantidas nas mesmas condições ambientais e de manejo, as variações encontradas entre as composições genéticas foram inferiores a 5,1% no consumo de MS e FDN (g/kg PC^{0,75}) e EM (kcal/kg PC^{0,75}) (Tab. 3). Os resultados obtidos para o consumo de MS e nutrientes avaliados, não permitiu inferir superioridade no consumo de alimentos por parte de uma composição genética em relação às outras.

Variações na ingestão de MS (kg/dia) em novilhas de diferentes composições genéticas (Holandês n = 6, F1 Holandês × Gir n = 6 e Gir n = 6) alimentadas com feno e concentrado foram de até 37,02%, no estudo de Pancoti (2015), e de até 27% no estudo de Rennó et al. (2005), trabalhando com novinhos (Holandês n = 4, ½Holandês × Guzará n = 4, ½Holandês × Gir n = 4 e puros Zebu n = 4). Logo, a menor variação observada no presente trabalho pode estar relacionada ao número de animais avaliados (n = 12 para cada composição genética), ao tipo de alimento (silagem × concentrado) e às diferentes estratégias experimentais utilizadas para alterar os níveis de ingestão, já que nos trabalhos citados, todos os animais estavam sob o mesmo plano nutricional e a variação ocorria ao longo do período experimental.

Os valores similares para o consumo de MS, PB e FDN (kg/dia), MS e FDN (g/kg PC^{0,75}) e EM (kcal/kg PC^{0,75}) dentro das ofertas 14 e 19 g/kg PC entre as novilhas Gir, Holandês e Girolando (Tabela 3), sugerem que animais zebuínos podem ser nutricionalmente mais eficientes em condições de maior restrição alimentar (menor oferta de alimentos), no entanto, em maiores níveis de oferta de alimentos, podem ser equivalentes a taurinos e cruzados. As recomendações propostas pelo NRC (2001), para formulação de dietas para um animal puro Holandês, com PC_m de 370 kg, com estimativa de ganho de peso de 800 g/dia, podem ser utilizadas para fêmeas Girolando.

O aumento da oferta de alimentos resultou em resposta quadrática ($P < 0,05$) sobre os consumos de MS, MO, FDN, PB, CNF e EE (kg/dia) (kg/dia); MS, MO e FDN (g/kg PC^{0,75}) e EM (Mcal/dia e kcal/kg PC^{0,75}) dentro de cada composição genética avaliada (Tabela 4). Os resultados apresentaram coeficientes de determinação (r^2) elevados e bem próximos para os dois modelos. O r^2 não é isoladamente um critério adequado para a discussão de ajuste de modelos, pois geralmente em ajuste de modelos não lineares é comum à obtenção de r^2 assintóticos, altos e similares (Cerrato & Blackmer, 1990). Quanto à escolha do melhor modelo é preferível optar pelo modelo não linear devido a sua maior praticidade relacionada com a facilidade de interpretação dos parâmetros b e a.

Em relação aos coeficientes de digestibilidade da MS, EB e dos nutrientes avaliados, a interação entre oferta de alimentos e composição genética foi significativa ($P = 0,019$) somente para a digestibilidade do EE (Tabela 5). Dentro das ofertas de 11 e 14 g/kg PC, às novilhas Holandês, Girolando e Gir, não apresentaram diferenças ($P > 0,05$) na digestibilidade do EE. Já para a oferta de 19 g/kg do PC, às novilhas Gir apresentaram digestibilidade do EE semelhante a das novilhas Holandês (870,28 vs 828,96 g/g), porém 13,85% superior ($P = 0,03$) em relação às novilhas Girolando (764,39 g/g).

Tabela 4. Efeito da oferta de alimentos dentro da composição genética sobre o consumo de matéria seca, nutrientes e energia metabolizável por novilhas Holandês, Girolando e Gir

Holandês					Girolando					Gir				
	Equação	r ²	P-valor		Equação	r ²	P-valor		Equação	r ²	P-valor			
			L	Q			L	Q			L	Q		
Consumo														
MS ¹ kg/dia	Y= -1,32 + 4,89x + 0,39x ²	0,88	0,001	0,008	Y= -4,02 + 9,35x – 0,91x ²	0,87	0,001	0,005	Y= -2,68 + 6,07x – 0,47x ²	0,68	0,001	0,005		
MO ² kg/dia	Y= -1,24 + 4,59x + 0,35x ²	0,88	0,001	0,008	Y= -3,74+ 8,72x – 0,86x ²	0,86	0,001	0,004	Y= -2,51 + 5,69x – 0,46x ²	0,68	0,001	0,006		
PB ³ kg/dia	Y= -0,18 + 0,67x + 0,06x ²	0,88	0,001	0,001	Y= -0,55 + 1,29x – 0,12x ²	0,87	0,001	0,005	Y= -0,40 + 0,88x – 0,08x ²	0,68	0,001	0,006		
EE ⁴ kg/dia	Y= -0,09 + 0,24x + 0,01x ²	0,88	0,001	0,001	Y= -0,18 + 0,41x – 0,05x ²	0,85	0,001	0,001	y= -0,08 + 0,20x – 0,01x ²	0,69	0,001	0,001		
FDN ⁵ kg/dia	Y= -0,43 + 1,63x + 0,14x ²	0,88	0,001	0,006	Y= -1,37 + 3,19x – 0,32x ²	0,86	0,001	0,004	Y= -0,91 + 2,06x – 0,16x ²	0,68	0,001	0,006		
CNF ⁶ kg/dia	Y= -0,59 + 2,11x + 0,14x ²	0,88	0,001	0,008	Y= -1,76 + 4,02x – 0,42x ²	0,86	0,001	0,006	Y= -1,08+ 2,49x – 0,18x ²	0,68	0,001	0,006		
MS ¹ g/kg PC ^{0,75}	Y= -3,20 + 46,84x + 1,03x ²	0,99	0,001	0,001	Y= -8,45 + 56,18x – 1,76x ²	0,99	0,001	0,001	Y= -10,31 + 54,26x – 2,67x ²	0,96	0,001	0,001		
MO ² g/kg PC ^{0,75}	Y= -3,04+ 43,89x + 0,93x ²	0,99	0,001	0,001	Y= -7,92 + 52,57x – 1,66x ²	0,99	0,001	0,001	Y= -9,58+ 50,67x – 2,47x ²	0,96	0,001	0,001		
FDN ⁵ g/kg PC ^{0,75}	Y= -1,07+ 15,80x + 0,36x ²	0,99	0,001	0,001	Y= -2,86 + 18,98x – 0,60x ²	0,99	0,001	0,001	Y= -3,54 + 18,41x – 0,93x ²	0,96	0,001	0,001		
EM ⁷ Mcal/dia	Y= -3,16 + 11,61x + 0,89x ²	0,88	0,001	0,001	Y= -9,48+ 22,06x – 2,17x ²	0,86	0,001	0,004	Y= -6,32 + 14,29x – 1,11x ²	0,68	0,001	0,006		
EM ⁷ kcal/kg PC ^{0,75}	Y= -3,62 + 104,47x + 4,02x ²	0,98	0,001	0,001	Y= -9,14+ 114,61x + 2,34x ²	0,98	0,001	0,001	Y= -9,61+ 105,29x + 1,70x ²	0,96	0,001	0,001		

L- Efeito Linear. Q – Efeito quadrático. ¹Matéria seca; ²Matéria orgânica; ³Proteína bruta; ⁴Extrato etéreo; ⁵Fibra em detergente neutro; ⁶Carboidratos não fibrosos; ⁷Energia metabolizável.

Tabela 5. Coeficiente de digestibilidade (g/kg) da matéria seca, nutrientes e energia bruta em novilhas Holandês (H), Girolando (Girol) e Gir recebendo diferentes ofertas de alimentos em relação ao peso corporal

Item	Oferta de alimentos (g/kg PC)			Composição genética			EPM	P-valor		
	11	14	19	Holandês	Girolando	Gir		OA ⁷	CG ⁸	OA×CG
MS	713,00	704,61	701,25	712,72	702,88	703,41	3,1439	0,303	0,363	0,097
MO ¹	737,96	727,87	720,50	733,28	725,52	727,54	3,1063	0,076	0,554	0,059
EB ²	719,17	708,54	701,95	713,77	704,68	711,20	3,2299	0,101	0,562	0,065
PB ³	721,96	712,35	702,61	707,40	704,55	724,98	3,5741	0,102	0,290	0,073
FDN ⁴	491,57	478,20	485,31	490,25	490,17	474,66	6,1737	0,682	0,752	0,674
EE ⁵	860,96	858,76	821,21	834,21	819,05	871,55	6,5521	0,014	0,073	0,019*
CNF ^{6,9}	920,98	913,84	896,87	919,03	908,68	903,98	3,3523	0,010 _L	0,187	0,126

L – Efeito Linear. EPM, erro padrão da média. ¹Matéria orgânica; ²Energia bruta; ³Proteína bruta; ⁴Fibra em detergente neutro; ⁵Extrato etéreo; ⁶Carboidratos não fibrosos; ⁷Oferta de alimentos; ⁸Composição genética. ⁹Y_{CNF} = 975,21 – 35,86x

A variação de 13,85% na digestibilidade do EE, foram superiores as obtidas nos por Rennó et al. (2005), que reportaram variação de 6,8% para o aproveitamento do EE, em novilhos de diferentes composições genéticas (Holandês, ½Holandês × Guzerá, ½Holandês × Gir e puros Zebu). Beecher et al. (2014) encontraram variações de 2,3; 2,8 e 3%, para os valores da digestibilidade da MS, MO e FDN, em vacas Jersey (n= 16), mestiças Jersey - Holandês × Friesian (n=16) e Holandês × Friesian (n=16), alimentadas com azevém perene. Os autores atribuíram a superioridade dos animais Jersey nos parâmetros digestivos avaliados, ao trato gastrointestinal (TGI) relativamente maior, assim como, ao seu maior número e frequência de mastigação de pastagem e ruminação (Prendiville et al., 2010).

O aumento do tamanho relativo do TGI indica maior área disponível para absorção de nutrientes, permitindo assim maior absorção de nutrientes e, portanto, digestibilidade (Van Soest, 1994). Já a mastigação desempenha um papel físico na digestão dos alimentos (McAllister et al., 1994). No presente trabalho, não foi avaliado o tamanho e peso dos órgãos que compõe o TGI, assim como a frequência e o tempo despendido no processo de ingestão de alimentos. Desta forma, não se pode afirmar influência da base genética dos animais sobre a digestibilidade dos nutrientes. Assim, sugere-se que para verificar a magnitude da influência do genótipo sobre a digestibilidade dos componentes da dieta, seja necessária a mensuração de tais

parâmetros para que se tenha uma reposta consistente quanto à influência do genótipo sobre a digestibilidade.

Verificaram-se respostas distintas para as composições genéticas avaliadas em função da oferta de alimentos para o coeficiente de digestibilidade do EE. Para às novilhas Girolando, o aumento da oferta de alimentos resultou em resposta linear ($Y = 925,89 - 90,93x$; $P=0,002$) para o coeficiente de digestibilidade do EE, enquanto para as novilhas Gir, observou-se resposta quadrática ($Y = -1402,61 - 826,81x + 271,66x^2$, $P=0,034$). Já para as novilhas Holandês, não houve ajuste para resposta linear ou para quadrática, apresentando valor médio de 810,27 g/kg.

Espera-se que a digestibilidade diminua com o aumento do consumo de MS devido da maior taxa de passagem e menor tempo de retenção ou de exposição dos nutrientes aos microrganismos no rúmen (NRC, 2001; Clark et al., 2007). De forma semelhante, em menores consumos de MS, associa-se maior aproveitamento devido ao maior tempo de retenção dos nutrientes (NRC, 2001).

Apesar de se observar interação ($P=0,001$) para o N retido g/dia (Tabela 6), o mesmo não diferiu para as composições genéticas dentro de cada oferta (Tabela 7), o que sugere não haver influência da base genética dos animais sobre o balanço de N. Nas ofertas 11 e 14 g/kg PC, as composições genéticas avaliadas não diferiram ($P>0,05$) em relação à ingestão e excreção fecal de N, g/dia e g/kg PC^{0,75} (Tabela 7).

Tabela 6. Balanço de nitrogênio (N) em novilhas Holandês (H), Girolando e Gir recebendo diferentes ofertas de alimentos em relação ao peso corporal

Item	Oferta de alimentos (g/kg PC)			Composição genética			EPM	P-valor		
	11	14	19	H	Girolando	Gir		OA ¹	CG ²	OA×CG
<i>g/dia</i>										
N ingerido	89,22	123,49	177,81	131,73	132,12	126,67	5,5030	0,001	0,419	0,001*
N fecal	27,39	37,75	55,77	41,62	42,47	36,82	1,8156	0,001	0,114	0,001*
N urina ³	20,46	30,66	39,18	23,17	35,29	31,53	2,5898	0,009 _L	0,110	0,223
N retido	49,01	64,82	86,06	72,71	61,90	65,28	3,5173	0,001	0,111	0,031*
<i>g/kg PC^{0,75}</i>										
N ingerido	1,13	1,45	1,91	1,53	1,43	1,52	0,0351	0,001	0,003	0,001*
N fecal	0,33	0,43	0,59	0,47	0,48	0,41	0,0130	0,001	0,024	0,001*
N urina ⁴	0,31	0,41	0,48	0,34	0,46	0,41	0,0236	0,021 _L	0,118	0,243
N	0,56	0,68	0,92	0,80	0,67	0,69	0,0292	0,001 _L	0,088	0,098

retido⁵

L – Efeito Linear. EPM, erro padrão da média. ¹Oferta de alimentos; ²Composição genética. ³ $Y_{N\text{ urina}} = 17,74 + 11,13x$. ⁴ $Y_{N\text{ urina}} = 0,2398 + 0,08x$. ⁵ $Y_{N\text{ retido}} = 0,340 + 0,187x$.

Tabela 7. Efeito da composição genética dentro da oferta de alimentos sobre o balanço de nitrogênio (N) em novilhas Holandês (H), Girolando e Gir.

Item	H	Girolando	Gir	H	Girolando	Gir	H	Girolando	Gir
	11 g/kgPC			14 g/kgPC			19 g/kgPC		
<i>g/dia</i>									
N ingerido	87,05 ^A	83,23 ^A	97,37 ^A	121,47 ^A	123,37 ^A	125,62 ^A	186,66 ^A	189,75 ^A	157,01 ^B
N fecal	28,32 ^A	25,56 ^A	28,28 ^A	36,77 ^A	37,98 ^A	38,51 ^A	59,78 ^A	63,87 ^A	43,67 ^B
N retido	50,14 ^A	37,73 ^A	55,63 ^A	59,49 ^A	64,98 ^A	60,96 ^A	110,2 ^A	79,88 ^A	78,10 ^A
<i>g/kg PC^{0,75}</i>									
N ingerido	1,13 ^A	1,13 ^A	1,12 ^A	1,45 ^A	1,47 ^A	1,43 ^A	1,99 ^A	1,99 ^A	1,74 ^B
N fecal	0,35 ^A	0,34 ^A	0,31 ^A	0,43 ^A	0,44 ^A	0,43 ^A	0,62 ^A	0,65 ^A	0,48 ^B

*Letras maiúsculas diferentes representam efeito (Teste de Tukey, $P < 0,05$) da composição genética dentro de cada oferta de alimentos.

No entanto, na oferta 19 g/kg PC, as novilhas Girolando e Holandês apresentaram maior ($P=0,001$) ingestão e excreção fecal de N (g/dia e g/kg PC^{0,75}) quando comparadas as novilhas Gir (Tabela 7). Essas diferenças ($P=0,001$) foram de 14,35%, para o N ingerido, expresso em g/kg PC^{0,75} e 35,42 e 29,16%, para o N fecal (g/kg PC^{0,75}), respectivamente, ao comparar as novilhas Girolando e Holandês com as novilhas Gir na oferta 19 g/kg PC (Tabela7).

Como as novilhas Gir apresentaram menor ($P=0,001$) ingestão e excreção fecal de N (g/kg PC^{0,75}) na oferta 19 g/kg PC, e apresentaram N retido (g/dia) semelhante dentro da oferta 19 g/kg PC (Tab. 7), os resultados demonstram que animais zebuínos são mais eficientes na utilização do N dietético e provavelmente apresentaram maior reciclagem de N em situação de maiores planos nutricionais, já que o pool de ureia no metabolismo está sob o controle homeostático fisiológico e tende a permanecer constante, conforme Van Soest (1994).

Na terceira edição do BR-Corte (2016), foi reportado os valores de proteína metabolizável para manutenção obtidos por Ezequiel (1987), respectivamente de 1,72 e 4,28 g/PC^{0,75} para novinhos Nelore e Holandês, o que sugere que a perda através da excreção de metabólitos endógenos em bovinos Nelore (*Bos indicus*) seja inferior à de

bovinos Holandês (*Bos taurus*), fato observado no presente experimento pela menor excreção fecal de N ($\text{g/kg PC}^{0,75}$) por parte dos animais Gir (Tab. 7).

A variação de até 17 e 38% para o N ingerido e N fecal ($\text{g/kg PC}^{0,75}$), inferior aos 32,9 e 46,3% reportado por Pancoti (2015) para novilhas Holandês, Gir e Girolando alimentadas com uma mesma dieta, podem ser atribuídas a menor variação no consumo de PB, de até 4,65%, em relação aos 38,2% encontrados por Pancoti (2015).

A retenção e as perdas de N via urina (g/dia e $\text{g/kg PC}^{0,75}$) sofreram influência da oferta de alimentos (Tabela 6) semelhantes as reportadas por Hoekstra et al. (2007), para gado de corte, e Tas et al. (2006) e Higgs et al. (2012), que avaliaram vacas em lactação e observaram que a excreção de N via urina pode estar associada ao consumo de N.

Existe uma forte correlação entre o consumo de proteína e a excreção de nitrogênio pelas fezes e urina (Sinclair et al., 2014). O aumento da excreção de N urinário, reflexo do aumento da ingestão de PB (Tab. 4) e rápida degradação ruminal de N, ou, por exemplo, quando há desequilíbrio entre o N e a energia no rúmen, resulta em produção de amônia excedente às necessidades microbianas. Esse excesso de amônia é absorvido através da parede ruminal para o sangue, convertido a ureia no fígado, e assim reflete no aumento da concentração de ureia plasmática. Consequentemente, o excesso de N é excretado pela urina, o que do ponto de vista econômico e ambiental não é desejável. Desta forma os planos de restrição alimentar sem grande implicações no desempenho animal, que possibilitam a redução do N excretado podem ser estratégia importante para limitar o impacto ambiental negativo da pecuária.

Quando analisada a composição genética isoladamente, os resultados obtidos para as perdas de N apresentaram algumas disparidades com os reportados na literatura (Rennó et al., 2008). Quando diferentes composições genéticas foram submetidas à mesma dieta e aos mesmos planos nutricionais, verificou-se que as perdas de N endógeno ($\text{mmol/PC}^{0,75}$), para zebuínos são inferiores aos taurinos (Rennó et al., 2008), o que sugere que os animais zebuínos sejam mais eficientes quanto a utilização do N em comparação aos animais Taurinos. No presente trabalho não foi constatado influência da composição genética nas perdas de N via urina (g/dia $\text{g/kg PC}^{0,75}$) (Tab. 6).

A resposta quadrática ($P < 0,001$) sobre o consumo de MS e nutrientes em resposta ao aumento da oferta de alimentos (Tabela 4), também foi verificado na ingestão e excreção fecal de N, expressos em g/dia e $\text{g/kg PC}^{0,75}$, para as novilhas

Holandês e Girolando (Tabela 8), enquanto que para as novilhas Gir, verificou-se resposta linear crescente para a ingestão e excreção fecal de N, expressos em g/dia e g/kg PC^{0,75}, em função do aumento da oferta de alimentos (Tabela 8).

O PCf (kg) e GMD (kg/dia) foram influenciados ($P < 0,01$) pela oferta de alimentos independente da composição genética (Tabela 9). O PCf e o GMD aumentaram linearmente ($P < 0,01$) em resposta ao aumento da oferta de alimentos (Tabela 9), no entanto, apesar das diferenças no consumo de MS e nutrientes avaliados (kg/dia e g/kg PC^{0,75}) entre as novilhas Holandês, Girolando e Gir, (Tabela 2) a composição genética não influenciou ($P = 0,77$) o PCf e o GMD ($P = 0,78$) (Tabela 9). Já a EA (kg PC/kg MS) não diferiu ($P = 0,51$) entre as novilhas Holandês, Girolando e Gir, nem entre as ofertas ($P = 0,06$) (Tabela 9).

O resultados obtidos para o desempenho no presente trabalho, demonstraram que independente da composição genética avaliada, as recomendações propostas pelo NRC (2001), para formulação de dietas para um animal puro Holandês, com PCm de 370 kg, com estimativa de ganho de peso de 800 g/dia, expressam GMD ($Y = 0,800$ kg/dia) (Tab. 8) para novilhas leiteiras criadas em condições de clima tropical.

Contudo, na ausência de recomendações nutricionais para a formulação de dietas para fêmeas leiteiras criadas em condições tropicais, sugere-se que tal recomendação seja mais apropriada para fêmeas mestiças, visto que o NRC (2000) sugere que animais *Bos taurus* necessitam de maior energia para manutenção e ganho de peso em relação aos *Bos indicus*, sendo que os valores de exigências energia líquida para manutenção de animais mestiços, apresentam intermediários aos valores das raças puras que originaram o cruzamento (NRC, 2001).

Tabela 8. Efeito da oferta de alimentos dentro da composição genética sobre o balanço de nitrogênio (N) em novilhas Holandês, Girolando e Gir

Item	Holandês				Girolando				Gir				
	Equação	r ²	P-valor		Equação	r ²	P-valor		Equação	r ²	P-valor		
			L	Q			L	Q			L	Q	
<i>Balanço de nitrogênio</i>													
N ingerido g/dia	Y= 110,04 - 13,99x + 17,53x ²	0,79	0,001	0,001	Y= 97,36 + 21,42x + 9,77x ²	0,79	0,001	0,004	Y= 49,27 + 35,48x	0,64	0,001	0,759	
N fecal g/dia	Y= 39,01 - 13,81x + 7,77x ²	0,71	0,001	0,001	Y= 31,52 – 2,49x + 5,87x ²	0,76	0,001	0,015	Y=14,66 + 9,14x	0,55	0,001	0,244	
N retido g/dia	Y= 88,01 – 53,29x + 21,67x ²	0,54	0,001	0,024	Y= 31,75 + 25,21x	0,39	0,004	0,477	Y=23,02 + 14,46x	0,19	0,015	0,475	
N ingerido g/kg PC ^{0,75}	Y= 1,11 - 0,02x + 0,11x ²	0,95	0,001	0,001	Y= 1,07 + 0,09x + 0,09x ²	0,95	0,001	0,001	Y= 0,80 + 0,32x	0,86	0,001	0,969	
N fecal g/kg PC ^{0,75}	Y= 0,39 - 0,10x + 0,06x ²	0,80	0,001	0,004	Y= 0,34 - 0,05x + 0,05x ²	0,81	0,001	0,028	Y= 0,23 + 0,09x	0,48	0,001	0,198	

L - Efeito Linear; Q – Efeito quadrático.

Tabela 9. Desempenho de novilhas Holandês (H), Girolando e Gir recebendo diferentes ofertas de alimentos em relação ao peso corporal

Item	Oferta de alimentos (g/kg PC)			Composição genética			EPM	P-valor		
	11	14	19	H	Girolando	Gir		OA ⁵	CG ⁶	OA × CG
<i>Kg</i>										
¹ PCi	369,58	390,25	402,79	402,88	456,79	302,96	-	-	-	-
² PCf	454,77	494,39	523,35	490,21	495,68	486,63	17,8412	0,001 _L	0,772	0,563
<i>kg/dia</i>										
³ GMD	0,398	0,629	0,800	0,605	0,636	0,585	0,0369	0,001 _L	0,783	0,584
<i>kg PC/kg MS</i>										
⁴ EA	0,084	0,104	0,099	0,090	0,099	0,097	0,0031	0,059	0,511	0,831

L – Efeito linear. EPM, erro padrão da média. ¹Peso corporal médio inicial; ²Peso corporal médio final; ³Ganho de peso médio diário; ⁴Eficiência alimentar; ⁵Oferta de alimentos; ⁶Composição genética. ⁷Y_{PCf} = 293,95 + 135,99x ; ⁸Y_{GMD} = - 0,199 + 0,556x.

4. CONCLUSÕES

Animais zebuínos são nutricionalmente mais eficientes em condições de restrição alimentar (menor oferta de alimentos), no entanto, em maiores níveis de oferta de alimentos são equivalentes a taurinos e cruzados.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasília, Brasil), Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG), FAPEMIG-PPM, CAPES-PVE, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST - AOAC. AGRICULTURAL CHEMISTS, 1990. **Official methods of analysis**. 16th - Washington, D.C.: 1117p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST - AOAC. AGRICULTURAL CHEMISTS, 1995. **Official methods of Analysis**. 16th. Washington, D.C.: 2000p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST - AOAC. AGRICULTURAL CHEMISTS, 1996. **Official Methods of Analysis**. 16th. Gaithersburg, M.D.

BEECHER, M.; BUCKLEY, F.; WATERS, S.M.; BOLAND, T.M.; ENRIQUEZ-HIDALGO, D.; DEIGHTON, M.H.; O'DONOVAN, M.; LEWIS, E. Gastrointestinal tract size, total-tract digestibility, and rumen microflora in different dairy cow genotypes. **Journal Dairy Science**, v.97, p.3906-3917, 2014. DOI: 10.3168/jds.2013-7708

BROUWER, E. Report of Sub-Committee on Constants and Factors. Proc 3rd Symp. On Energy Metabolism, **Eaap Publ**, v.11, p.441-443, 1965.

CERRATO, M. E.; BLACKMER, A. M. Comparison of models for describing corn yields response to nitrogen fertilizer. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, p. 138- 143, 1990. DOI:10.2134/agronj1990.00021962008200010030x

CLARK, J.H.; OLSON, K.C.; SCHMIDT, T. B.; LINVILLE, M. L.; ALKIRE, D.O.; MEYER, D.L.; RENTFROW, G.K.; CARR, C.C.; BERG, E.P. Effects of dry matter intake restriction on diet digestion, energy partitioning, nutrient retention, and ruminal fermentation by beef steers. **Journal of animal Science**, v.85, p.3383–3390, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2006-741>.

COLLARD, B.L.; BOETTCHER, P.J.; DEKKERS, J.C.M.; PETITCLERC, D.; SCHAEFFER, L.R. Relationship between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.2683-2690, 2000. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75162-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75162-9)

COLUCCI, P.E.; CHASE, L.E.; VAN SOEST, P.J. Feed intake, apparent diet digestibility, and rate of particulate passage in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.65, p.1445-1456, 1982. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82367-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82367-9)

FOX, D.G.; SNIFFEN, C.J.; O'CANNOR, J.D. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. **Journal of Animal Science**, v.66, p.1475-1495, 1988. DOI: 10.2527/jas1988.6661475x

HALL, M.B.; JENNINGS, J.P.; LEWIS, B.A. et al. Evaluation of starch analysis methods for feed samples. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.81, p.17-21, 2000. [DOI: 10.1002/1097-0010\(20010101\)81:1<17::AID-JSFA758>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/1097-0010(20010101)81:1<17::AID-JSFA758>3.0.CO;2-B)

HIGGS, R.J.; CHASE, L.E.; VAN AMBURGH, M.E. Development and evaluation of equations in the Cornell Net Carbohydrate and Protein System to predict nitrogen excretion in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.95, p.2004-2014, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2011-4810>.

HOEKSTRA, N. J.; SCHULTE, R.P.O.; STRUIK, P.C.; LANTINGA, E.A. Pathways to improving the N efficiency of grazing bovines. **European Journal of Agronomy**, v.26, p.363–374, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2006.12.002>.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347- 358, 1996. [DOI: 10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3)

MACHADO, F.S.; TOMICH, T.R.; FERREIRA, A.L.; CAVALCANTI, L.F.L.; CAMPOS, M.M.; PAIVA, C.A.V.; RIBAS, M.N.; PEREIRA, L.G.R. Technical note: A facility for respiration measurements in cattle. **Journal of Dairy Science**, v.99, p.1-8, 2016. [DOI: 10.3168/jds.2015-10298](https://doi.org/10.3168/jds.2015-10298)

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Beef cattle. In: **Predicting Feed Intake of Food-Producing Animals**. Washington, D.C., p.56-74, 1987.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC, 2001. 381p.

PANCOTI, C.G. **Exigências nutricionais de energia de novilhas Gir, Holandês e F1 – Holandês × Gir**. 2015. 121p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PEREIRA, J.C. **Vacas leiteiras: aspectos práticos de alimentação**. Viçosa: Aprenda Fácil editora, 2000. 198p.

RENNÓ, L.N.; VALADARES FILHO, S.D.C.; VALADARES, R.F.D.; CECON, P.R.; BACKES, A.A.; RENNO, F.P.; ALVES, D.D.; SILVA, P. A. Níveis de ureia na ração de novilhos de quatro grupos genéticos: consumo e digestibilidades totais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1775-1785, 2005. DOI: [10.1590/S1516-35982005000500039](https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000500039)

RENNÓ, L.N.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; LEÃO, M.I.; VALADARES, R.F.D.; RENNO, F.P.; PAIXÃO, M.L. Níveis de ureia na ração de novilhos de quatro grupos genéticos: parâmetros ruminais, ureia plasmática e excreções de ureia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.556-562, 2008. DOI: [10.1590/S1516-35982008000300022](https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000300022)

ROTTA, P.P.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; COSTA E SILVA, L.F.; PAULINO, M.F.; MARCONDES, M.I.; LOBO, A.A.G.; VILLADIEGO, F.A.C. Digesta sampling sites and marker methods for estimation of ruminal outflow in bulls fed different proportions of corn silage or sugar cane. **Journal of Animal Science**, v.92, p.2996-3006, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2013-7364>.

SILVA, M.V.G.B.; CANAZA-CAYO, A.W.; LOPES, P.S.; COBUCI, J.A.; MARTINS, M. F.; PAIVA, L.C.; CEMBRANELLI, M.A.R.; FERREIRA, M.B.D.; PANETTO, J.C.C. Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando: do teste de progénie às avaliações genômicas. **Informe Agropecuário**, v. 36, p. 35-40, 2015.

SINCLAIR, K.D.; GARNSWORTHY, P.C.; MANN, G.E.; SINCLAIR, L.A. Reducing dietary protein in dairy cow diets: implications for nitrogen utilization, milk production, welfare and fertility. **Animal**, v.8, p.262-274, 2014. DOI: [10.1017/S1751731113002139](https://doi.org/10.1017/S1751731113002139)

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS. (SAS®). Versão 9.1.3. User's Guide. Statistic; **Statistical Analysis Systems Institute**. Inc., Cary, NC, 2001.

TAS, B.M.; TAWHEEL, H.Z.; SMIT, H.J.; ELGERSMA, A.; DIJKSTRA, J. TAMMINGA, S. Effects of perennial ryegrass cultivars on milk yield and nitrogen utilization in grazing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.3494–3500, 2006. DOI: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72388-8](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72388-8).

VALADARES, R.F.D.; GONCALVES, L.C.; RODRÍGUEZ, N.M.; SAMPAIO, I.B.; VALADARES FILHO, S.C. Metodologia de coleta de urina em vacas utilizando sondas de Folley. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, p.1279-1282, 1997.

VALADARES FILHO, S.C; COSTA E SILVA, L.F.; GIONBELLI, M.P.; ROTTA, P.P.; MARCONDES, M.I; CHIZZOTTI, M.L.; PRADOS, L.F. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados: BR-CORTE**. 3ed. Viçosa: UFV, DZO. 2016. p.163-190.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

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

XUE, B.; YAN,T.; FERRIS,C.F.; MAYNE,C.S. Milk production and energy efficiency of Holstein and Jersey-Holstein crossbred dairy cows offered diets containing grass silage. **Journal of Dairy Science**, v.94, p.1455–1464, 2011. DOI: 10.3168/jds.2010-3663.

WALDO, D.R.; JORGENSEN, N.A. Forages for high animal production: nutritional factors and effects of conservation. **Journal of Dairy Science**, v.64, p.1207-1229, 1981. DOI: [10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82697-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82697-5)

IV– CAPÍTULO II

EXIGÊNCIAS E PARTIÇÃO DE ENERGIA EM NOVILHAS LEITEIRAS DE DIFERENTES COMPOSIÇÕES GENÉTICAS

RESUMO - Foram avaliadas as exigências nutricionais de energia para manutenção e os efeitos da oferta de alimentos e composição genética sobre a partição de energia e produção de metano entérico (CH_4) em novilhas leiteiras. Trinta e seis novilhas, 12 Holandês, 12 Gir e 12 Girolando, com pesos corporais iniciais (PCi) médios de 408 ± 39 kg, 312 ± 35 kg e 457 ± 48 kg, respectivamente, foram alojadas em sistema “*tie stall*” e distribuídas aleatoriamente, adotando-se delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3×3 (oferta de alimentos e composição genética). As dietas foram formuladas para possibilitarem ganhos de peso de 200, 400 e 800 g/dia, correspondendo às ofertas: 11 g/kg PC, 14 g/kg PC e 19 g/kg PC. Câmaras respirométricas de circuito aberto foram utilizadas para estimar a produção de calor dos animais por calorimetria indireta e para mensurar a emissão de CH_4 . Novilhas Holandês apresentaram consumo de energia metabolizável ($\text{Kcal/kg PC}^{0,75}$) superiores em 9,63 e 16,52% em relação às novilhas Girolando e Gir em situação de maior oferta de alimento (19 g/kg PC). As exigências de energia líquida de manutenção (EL_m) para as novilhas Holandês, Gir e Girolando obtidas foram de 83; 63,5 e 80,6 $\text{Kcal/kg PC}^{0,75}$, e a de energia metabolizável de manutenção (EM_m) de 130; 106 e 123 $\text{Kcal/kg PC}^{0,75}$. As eficiências de utilização da energia metabolizável para manutenção foram de 0,64; 0,60 e 0,65 para as novilhas Holandês, Gir e Girolando, respectivamente. O aumento da oferta de alimentos resultou em redução da produção de calor (% do consumo de energia bruta) para todas as composições genéticas. O aumento do ganho de peso conferido pelo incremento da oferta de alimentos conferiu reduções de até 45% na emissão de CH_4 g/kg PC. Animais zebuínos ou mestiços (Holandês $\times$ Gir) não emitem mais CH_4 em relação a animais taurinos criados em condições tropicais, mas possuem menor exigência de EL_m e EM_m .

Palavras-chave: gado de leite, gases de efeito estufa, gir, girolando, respirometria

ENERGY REQUIREMENTS AND PARTITION IN DAIRY HEIFERS OF DIFFERENT GENETIC GROUP

ABSTRACT - Dietary energy requirements were assessed for maintenance and the effects of dietary plan and genetic group over the partition of energy and production of enteric methane (CH₄) in dairy heifers. Thirty-six heifers, 12 Holstein, 12 Gyr and 12 Gyrolando, with average initial body weights (BW) of 407 ± 39 kg, 312 ± 35 kg and 456 ± 48 kg respectively, were housed in a "tie stall" system and randomly assigned to different dietary plans adopting a completely randomized design in a 3 x 3 factorial (dietary plan and genetic group). The diets were formulated to enable weight gains of 200, 400 and 800 g/day, according to dietary plans of 11 g/kg BW, 14 g/kg BW and 19 g/kg BW, respectively. Respiration chambers were used to estimate heat production by indirect calorimetry and to measure CH₄ emission. Holstein heifers had metabolizable energy intake (Mcal/day) higher at 9.63 and 16.52%, comparing to Gyrolando and Gyr heifers in a greater food supply situation (19 g/kg BW). The net energy requirement for maintenance (NE_l) of Holstein, Gyr and Gyrolando obtained was 83; 63.5 and 80.6 Kcal/kg BW^{0.75}, and the metabolizable energy of maintenance (ME_m) 130; 106 and 123 kcal/kg BW^{0.75}. The efficiency of metabolizable energy intake for maintenance was 0.64; 0.60 e 0.65, for Holstein, Gyr e Gyrolando, respectively. The increase in the weight gain due to the increase in the food supply resulted in reductions of up to 45% in the emission of CH₄ g/kg PC. Zebu or crossbred (Holstein × Gyr) animals do not emit more CH₄ in relation to Taurus animals raised in tropical conditions, but they have a lower requirement for NE_m and ME_m.

Key-words: dairy cattle, greenhouse gases, gyr, gyrolando, respirometry,

1. INTRODUÇÃO

A demanda por alimento pela população mundial é crescente e o Brasil, pela disponibilidade de área e recursos naturais, é considerado um país estratégico para a segurança de alimentos. No ranking mundial de produção de leite de vaca, o Brasil

ocupa o 4º lugar, atrás dos Estados Unidos, Índia e China, com crescimento de 2,7% e produção de 35,2 bilhões de litros em 2014 (IBGE, 2015).

Entre as características peculiares à pecuária tropical brasileira está o uso de animais zebuínos e cruzados (*Bos Taurus* × *Bos Indicus*). De acordo com Silva et al. (2015), cerca de 80% do leite produzido no Brasil provêm de vacas que tenham em sua composição genética as raças Gir e Holandês.

É sabido que a alimentação do rebanho é o item mais representativo no custo de produção de leite e as exigências nutricionais têm sido estabelecidas em diferentes países (INRA, 1978; AFRC, 1993; NRC, 2001). No Brasil, foi publicada em 2016 a terceira edição da Tabela Brasileira de Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados BR-CORTE, mas com foco em bovinos de corte (Valadares Filho et al., 2016).

Para gado de leite, as normas e padrões de alimentação ainda não foram estabelecidos e o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Ciência Animal vem permitindo a integração de esforços de várias instituições de pesquisa e universidades do país para a elaboração de Tabela Brasileira de Exigências Nutricionais de Bovinos Leiteiro BR-LEITE. Assim, será possível formular dietas mais precisas, melhorando a eficiência bioeconômica dos sistemas de produção no Brasil e países de clima tropical.

A pecuária vem sendo criticada como geradora de gases de efeito estufa, em especial devido a emissão de CH₄ oriundo dos processos fermentativos. As taxas de emissão são influenciadas por fatores relacionados ao animal e à dieta, como eficiência de utilização de nutrientes, qualidade da dieta e nível de ingestão de alimentos (Johnson & Johnson, 1995; Ribeiro et al., 2015; Muñoz et al., 2015). A redução na produção de CH₄ pode resultar em melhoria da eficiência de utilização da energia da dieta (Hynes et al., 2016b), assim é importante conhecer o efeito da composição genética dos animais e do plano nutricional na emissão de CH₄.

Dessa forma, objetivou-se avaliar as exigências nutricionais de energia para manutenção, a partição energética e a produção de CH₄ em novilhas Holandês, Girolando e Gir recebendo diferentes ofertas de alimentos. As hipóteses do presente trabalho foram: i) a composição genética de novilhas leiteiras influencia a partição de energia e as exigências nutricionais de energia para manutenção; ii) A oferta de alimentos influencia a partição de energia e a emissão de CH₄ por novilhas leiteiras.

2. MATERIAL e MÉTODOS

Todos os procedimentos com animais neste estudo foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Embrapa Gado de Leite (Protocolo CEUA – EGL nº 01/2012). O experimento foi realizado no Complexo Experimental Multiusuário de Bioeficiência e Sustentabilidade da Pecuária, em Coronel Pacheco, Minas Gerais, Brasil, no período de março a setembro de 2014. O experimento teve duração de 171 dias consecutivos.

2.1. Animais, dieta e delineamento experimental

Trinta e seis novilhas foram utilizadas, sendo 12 da raça Holandês (H), 12 Gir (G) e 12 Girolando ($\frac{1}{2}$ Holandês $\times$ $\frac{1}{2}$ Gir). O peso corporal inicial (PCi) foi de 401 ± 39 kg, 303 ± 59 kg e 457 ± 48 kg, respectivamente. As novilhas foram subdivididas em 3 grupos de 12 animais (3 Holandês, 3 Gir e 3 Girolando) no início do experimento. Ao longo do estudo, as novilhas foram alojadas em sistema *tie stall*, com acesso livre à água, e foram alimentadas com uma dieta composta por silagem de milho e concentrado (70,7: 29,3 base MS, Tabela 10), uma vez por dia (08:30 h).

Tabela 10. Formulação e composição da dieta experimental

Item	
<i>Ingredientes</i>	<i>g/kg</i>
Silagem de milho	707,53
Milho moído	129,73
Farelo de soja	156,58
Núcleo Mineral ¹	3,67
NaCl	2,49
<i>Composição química g/kg</i>	
Matéria seca	488,69
Proteína bruta	143,76
Extrato etéreo	40,35
Fibra insolúvel em detergente neutro	347,84
Fibra insolúvel em detergente ácido	217,61
Carboidratos não fibrosos	407,65
Hemicelulose	130,23
Carboidratos totais	755,49
Matéria mineral	54,26
<i>Mcal/kg MS</i>	
Energia bruta	4,14
Energia metabolizável ²	2,43

¹Composição (mínimo): Ca: 190 g/kg; P: 60 g/kg; Na: 70 g/kg; Mg: 20 g/kg; Co: 15 mg/kg; Cu: 700 mg/kg; Mn:

1.600 mg/kg; Se: 19 mg/kg; Zn: 2.500 mg/kg e I: 40 mg/kg. ²Determinada a partir de ensaio de metabolismo

As dieta foi formulada com base no NRC (2001) para um animal padrão com peso corporal médio (PC_m) de 370 kg, com estimativa de ganho de peso de 800 g/dia. Uma única dieta foi utilizada, diferindo apenas na quantidade fornecida aos animais: oferta de 11 g/kg PC, 14 g/kg PC e de 19 g/kg PC, correspondendo aos ganhos de peso previstos de 200, 400 e 800 g/dia, respectivamente.

O alimento oferecido e as sobras foram pesados para determinar o consumo de MS diário total durante todo o experimento. Os ingredientes do concentrado foram coletados para análise e amostras representativas de silagem, concentrado e sobras foram coletadas diariamente, e reunidas semanalmente para análise química.

2.2. Avaliação do consumo

As dietas fornecidas e as sobras diárias foram pesadas, registradas, amostradas (300 a 500g matéria natural), embaladas e congeladas em câmara fria a temperatura de -15°C. Posteriormente, as amostras diárias das dietas fornecidas e das sobras foram agrupadas em amostras compostas semanais, proporcionais à matéria pré-seca, para determinação dos teores de matéria seca e nutrientes. O período de determinação do consumo correspondeu ao período que antecedeu as análises nas câmaras respirométricas, de 120 dias consecutivos.

2.3. Digestibilidade e coleta de urina

Para a determinação acurada das perdas energéticas e de nutrientes via fezes e urina, foram realizados dois ensaios de digestibilidade, antes e após o período de avaliação nas câmaras respirométricas. Cada ensaio de digestibilidade teve duração de oito dias, sendo cinco de adaptação ao manejo experimental e três de coleta total de fezes (Rotta et al., 2014).

Durante os ensaios de digestibilidade, no primeiro e segundo dia de coleta total de fezes, coletou-se a urina de todos os animais durante um período de 24 horas, utilizando-se sondas tipo Folley de duas vias, nº 24, com balão de 30-50 ml, com auxílio de guia de sonda, via uretra até a bexiga (Valadares et al., 1997). Na extremidade da sonda foi adaptada mangueira de polietileno, pela qual a urina era conduzida até galões

plásticos com tampa, mantidos em caixa de isopor preenchidas com gelo. Ao final das 24 horas, foi aferido o volume e peso da urina, sendo posteriormente homogeneizadas e amostradas em alíquotas de 50 mL.

2.4. Desempenho animal

As pesagens iniciais e finais dos animais foram realizadas após jejum (sólidos e líquidos) de 16 horas. As pesagens intermediárias foram realizadas a cada 15 dias, por dois dias consecutivos, sempre as 7:00 horas, antes do fornecimento da dieta, para monitoramento e ajuste da quantidade ofertada aos animais. O ganho de peso médio diário (GMD) foi determinado em função dos 120 dias experimentais. A eficiência alimentar (EA) foi calculada pela razão entre o ganho de peso corporal e a MS consumida.

2.5. Calorimetria indireta

Após o primeiro ensaio de digestibilidade (60 dias de período experimental) iniciaram-se os procedimentos de avaliação em câmaras respirométricas de circuito aberto. Os procedimentos e especificação do sistema foram os descritos por Machado et al. (2016). Condições de termoneutralidade foram mantidas no interior das câmaras durante as mensurações, correspondendo à temperatura média de $22\pm3^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa do ar de $65\pm5\%$. Antes e após as mensurações nas câmaras, foram registrados os pesos dos animais, visando-se obter o PC_m durante o período de avaliação.

A produção de calor referente a cada animal foi determinada pela mensuração contínua do consumo de O_2 , da produção de CO_2 e de CH_4 , durante um período de 21 a 23 horas, realizando-se extrapolação para um período de 24 horas. Os volumes (L/dia) de O_2 consumido, e, CO_2 e CH_4 produzidos e o nitrogênio urinário (N_u) excretado (N_u , g/dia) foram utilizados para estimar a produção de calor diária, conforme equação de Brouwer (1965): produção de calor (Kcal/dia) = $(3,866 \times \text{VO}_2) + (1,200 \times \text{VCO}_2) - (0,518 \times \text{VCH}_4) - (1,431 \times \text{N}_u)$.

2.6. Processamento das amostras e análises laboratoriais

Determinaram-se os teores de MS em estufa a 105°C (AOAC, 1990; método 934.01), cinzas (AOAC, 1990; método 942.05), proteína bruta (PB) pelo método Kjeldahl (AOAC, 1990; método 984.13), energia bruta (EB) por combustão em bomba

calorimétrica adiabática - marca IKA® WERKE /modelo C-5000 ADI, Control, (AOAC, 1995), fibra detergente neutro (FDN) pelo método sequencial de Van Soest et al. (1991), adaptado para as condições do aparelho ANKOM²²⁰, Fiber Analyzer (Ankom Technology, Fairport, NY), com adição de 500 µL/g MS de amilase, sem uso sulfito de sódio e corrigido para cinzas residuais (Mertens, 2002), fibra em detergente ácido (FDA) (AOAC, 1996; método 973.18) e extrato etéreo (EE) (AOAC, 1990; método 920.39). A correção da FDN e da FDA para compostos nitrogenados e a estimativa do nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NDIN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) seguiram as recomendações de Licitra et al., (1996).

O teor de carboidratos não fibrosos (CNF), expresso em % da MS, foi calculado de acordo com Hall (2000). As amostras de urina foram analisadas para determinação dos valores de EB (AOAC, 1995).

2.7. Partição energética e cálculos de exigências nutricionais

O balanço energético foi determinado subtraindo-se da EB consumida as perdas energéticas oriundas das fezes, urina, CH₄ e da produção de calor diária. Considerou-se como valor energético do CH₄ o valor de 9,45 kcal/L (Brouwer, 1965). As concentrações de ED e EM da dieta (Mcal/kg MS) foram obtidas pela razão entre o consumo de energia digestível e metabolizável, e o consumo de MS. Já as estimativas das concentrações EL_m e EL_g da dieta, em Mcal/kg MS foram obtidas por intermédio das equações sugeridas pelo NRC (2001):

$$EL_m = 1,37EM - 0,138EM^2 + 0,105EM^3 - 1,12$$

$$EL_g = 1,42EM - 0,174EM^2 + 0,0122EM^3 - 1,65$$

A metabolizabilidade (q) da dieta foi calculada pela relação entre a EM e EB ingerida, conforme o AFRC (1993).

A EL_m (Kcal/kg PC^{0,75}) foi calculada como sendo o antilogaritmo do intercepto da regressão do logaritmo da produção de calor em função do consumo de EM (CEM). A EM_m foi obtida por método iterativo, em que a produção de calor = CEM (Lofgreen & Garret, 1968).

A eficiência parcial de utilização da EM para manutenção (km) foi calculada pela razão EL_m/ EM_m (Lofgreen & Garret, 1968).

2.8. Procedimentos Estatísticos

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3, sendo 3 planos ofertas de alimentos (11; 14 e 19 g/kg PC) e três composições genéticas (Holandês, Gir e Girolando) com 4 repetições, conforme o modelo estatístico: $Y_{ij} = M + G_i + N_j + GN_{ij} + \epsilon_{ij}$, em que M = média geral; G_i = efeito da composição genética; N_j = efeito da oferta de alimentos; GN_{ij} = efeito da interação composição genética e oferta de alimentos, e, ϵ_{ij} = erro aleatório associado às observações.

O PC_i foi utilizado como co-variável. As variáveis avaliadas quanto ao consumo, desempenho, balanço energético e produção de CH₄ foram submetidas à análise de covariância (ANCOVA), utilizando-se o PROC MIXED (SAS, versão 9.1.3), admitindo como efeito fixo, a composição genética, a oferta de alimentos e a interação composição genética e oferta de alimentos, e, como efeito aleatório a repetição (animal), assim como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I, de 5,0%.

As pressuposições relacionadas aos erros foram verificadas, utilizando-se o PROC UNIVARIATE. Para as variáveis cuja interação (composição genética x oferta de alimentos) foi significativa, o desdobramento foi realizado e as médias para o fator composição genética comparadas pelo teste Tukey e para o fator oferta de alimentos adotou-se a decomposição da soma de quadrados de tratamentos em contrastes ortogonais relativos aos efeitos linear e quadrático, admitindo 5,0% como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

3. RESULTADOS e DISCUSSÃO

3.1. Consumo, desempenho e eficiência alimentar

Não houve interação ($P > 0,05$) entre os fatores, oferta de alimentos e composição genética, para as variáveis relacionadas ao consumo e desempenho (Tabela 11). O consumo de MS (g/kg PC^{0,75}), PC_f (kg), GMD (kg/dia) e EA (kg PC/kg MS) foram influenciados ($P = 0,001$) pela oferta de alimentos independente da composição genética, uma vez que, o aumento da oferta resultou em resposta linear crescente ($P = 0,001$) sobre o consumo de MS, PC_f e o GMD, enquanto a EA apresentou resposta linear decrescente ($P = 0,001$) ao aumento da oferta de alimentos (Tabela 11).

Tabela 11. Consumo e desempenho de novilhas Holandês, Girolando e Gir recebendo diferentes ofertas de alimentos em relação ao peso corporal

Item	Oferta de alimentos (g/kg PC)			Composição genética			EPM	P-valor		
	11	14	19	Holandês	Girolando	Gir		OA ⁶	CG ⁷	OA×CG
<i>g/Kg PC^{0,75}</i>										
CMS ^{1,8}	56,15	69,09	87,79	72,55	70,37	70,11	2,6341	0,001 _L	0,216	0,435
<i>Kg</i>										
PCi ²	386,55	399,59	435,31	407,65	456,79	312,21	-	-	-	-
PCf ^{3,9}	477,35	510,96	554,48	508,63	504,62	490,19	48,8391	0,001 _L	0,353	0,459
<i>kg/dia</i>										
GMD ^{4,10}	0,573	0,697	0,831	0,747	0,707	0,646	0,0444	0,001 _L	0,144	0,552
<i>Kg PC/Kg MS ingerida</i>										
EA ^{5,11}	0,083	0,068	0,053	0,067	0,069	0,068	0,0022	0,001 _L	0,259	0,812

L – Efeito linear. EPM, erro padrão da média. ¹Consumo de ‘matéria seca; ²Peso corporal inicial médio; ³Peso corporal final médio; ⁴Ganho de peso médio diário; ⁵Eficiência alimentar; ⁶Oferta de alimentos; ⁷Composição genética. ⁸ $Y_{CMS} = 0,571 + 47,44x$; ⁹ $Y_{PF} = 248,54 + 176,25x$; ¹⁰ $Y_{GMD} = -0,130 + 0,565x$; ¹¹ $Y_{EA} = 0,129 - 0,04x$.

Como as ofertas de alimentos impostas eram fixas e as novilhas mantidas nas mesmas condições ambientais e de manejo, os resultados evidenciaram que em condições semelhantes de manejo e alimentação, os animais Girolando e Gir podem ter o mesmo consumo e desempenho que novilhas da raça Holandês. Entretanto, na terceira edição da Tabela Brasileira de Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados BR-CORTE, (Valadares Filho et al., 2016), foi reportado que o NRC (2000) adotou ajustes propostos por Fox et al. (1988) sobre a predição de consumo de MS, devendo a mesma ser aumentada em 8% para raça Holandês e em 4% para animais cruzados das raças Holandês e britânicas, entretanto, não sugere alteração no consumo de MS para raças zebuínas.

A influência do genótipo sobre variáveis relacionadas ao consumo ou desempenho, foi reportada nos trabalhos de Xue et al., (2011) e Beercher et al., (2014). Ambos os autores trabalharam com vacas de leite. Contudo, não se sabe se a mesma influência se aplica a outras categorias, como as novilhas. Desta forma, sugere-se a realização de experimentos em diversas condições para que se tenha consistência, sobre a magnitude da influência do genótipo sobre o consumo de alimentos.

3.2. Balanço energético

Houve interação ($P < 0,05$) entre a composição genética e plano nutricional, para o consumo de EB (CEB), consumo de ED (CED) e produção de calor, expressos em Mcal/dia; consumo de EM (CEM), expresso em Mcal/dia e kcal/kg PC^{0,75} e para as perdas de EB na forma de CH₄, expressa em Mcal/dia e % do consumo de EB (%CEB) (Tabela 12).

Tabela 12. Balanço energético de novilhas Holandês (H), Girolando e Gir recebendo diferentes ofertas de alimentos em relação ao peso corporal

Item	Oferta de alimentos (g/kg PC)			Composição genética			EPM	P-valor		
	11	14	19	H	Girolando	Gir		OA ⁹	CG ¹⁰	OA × CG
Mcal/dia										
CEB ¹	22,93	29,66	38,51	31,27	30,03	29,80	1,8813	0,001	0,145	0,001*
EB ² fecal ¹¹	6,67	8,79	11,99	9,09	8,84	9,51	0,6395	0,001 _L	0,773	0,115
CED ³	16,37	20,98	26,62	22,26	21,27	20,43	1,2547	0,001	0,002	0,001*
EB ² urina	0,78	1,02	1,18	0,94	1,13	0,91	0,0793	0,068	0,505	0,542
EB ² CH ₄ ¹⁶	2,07	2,60	3,08	2,67	2,57	2,50	0,1388	0,001	0,229	0,005*
CEM ⁴	13,52	17,46	22,51	18,76	17,75	16,98	1,0704	0,001	0,002	0,001*
P _{calor} ⁵	12,55	15,27	18,11	16,22	15,28	14,44	0,7635	0,001	0,001	0,001*
BE ^{6,12}	1,33	2,52	4,76	2,84	2,74	3,04	0,3633	0,001 _L	0,955	0,283
Kcal/kg PC ^{0,75}										
P _{calor} ^{5,13}	125,48	144,91	169,09	154,35 ^A	146,12 ^B	139,00 ^B	3,7863	0,001 _L	0,004	0,593
CEM ²	137,68	168,86	212,58	180,37	172,20	166,55	6,1859	0,001	0,005	0,024*
% Consumo de EB (%CEB)										
EB ² fecal ¹⁴	28,16	29,27	30,96	28,69	28,98	30,72	0,3716	0,021 _L	0,248	0,406
EB ² urina	2,55	2,15	1,75	1,95	2,57	1,92	0,2037	0,394	0,523	0,838
EB ² CH ₄ ¹⁶	9,13	8,80	8,05	8,73	8,69	8,56	0,1345	0,005	0,891	0,029*
P _{calor} ^{5,15}	54,80	50,71	46,18	52,14	50,79	48,76	0,8425	0,001 _L	0,181	0,989
Mcal/Mcal										
⁷ q(EM/EB)	0,59	0,59	0,58	0,60	0,59	0,57	0,0001	0,596	0,100	0,356
⁸ EM/ED	0,83	0,84	0,85	0,85	0,84	0,84	0,0001	0,106	0,520	0,218

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas para composição genética diferem a 5% de significância pelo teste de Tukey. L – Efeito linear. EPM, erro padrão da média. ¹Consumo de energia bruta; ²Energia bruta metano; ³Consumo de energia digestível; ⁴Consumo de energia metabolizável; ⁵Produção de Calor; ⁶Balanço energético; ⁷metabolizabilidade da dieta; ⁸relação energia metabolizável, energia digestível. ⁹Oferta de alimentos; ¹⁰Composição genética; ¹⁶Metano. ¹¹Y = -5,52 + 10,07x; ¹²Y = -5,89 + 5,78x; ¹³Y = 54,39 + 63,80x; ¹⁴Y = 23,22 + 4,15x; ¹⁵Y = 70,63 - 12,87x.

Verificou-se que as novilhas Gir se sobressaíram em situação de menor oferta (11 g/kg PC) de alimentos, com CEB e CEM (Mcal/dia), 20,36 e 15,81% superiores, respectivamente em relação às novilhas Girolando, e em relação ao CED (Mcal/dia), 11,82 e 15,23% superiores ($P = 0,001$), as novilhas Holandês e Girolando, respectivamente (Tabela 13).

As novilhas Holandês foram superiores ($P=0,001$) em 10,31 e 38,21% quanto ao CEM, expresso em Mcal/dia; e, em 9,63 e 32,44% quanto a produção de calor (Mcal/dia), em relação as novilhas Girolando e Gir, respectivamente, em situação de maior oferta de alimento (19 g/kg PC) (Tabela 13). Quando expresso em Kcal/kg PC^{0,75}, o CEM foi superior em 9,63 e 16,52%, para as novilhas Holandês, em comparação as novilhas Girolando e Gir, respectivamente (Tabela 13).

Tabela 13. Efeito da composição genética dentro da oferta de alimentos sobre o consumo de energia bruta, digestível e metabolizável, e, perdas de EB na forma de metano por novilhas Holandês (H), Girolando e Gir

Item	11 g/kg PC			14 g/kg PC			19 g/kg PC		
	H	Girolando	Gir	H	Girolando	Gir	H	Girolando	Gir
Mcal/dia									
CEB ¹	22,25 ^{AB}	21,12 ^B	25,42 ^A	29,29 ^A	28,66 ^A	31,05 ^A	42,27 ^A	40,32 ^A	32,95 ^B
CED ²	15,90 ^B	15,43 ^B	17,78 ^A	20,98 ^A	20,64 ^A	21,31 ^A	29,87 ^A	27,75 ^A	22,23 ^B
EB ³ CH ₄	1,99 ^A	1,96 ^A	2,28 ^A	2,78 ^A	2,47 ^B	2,55 ^{AB}	3,26 ^A	3,30 ^A	2,68 ^B
CEM ⁴	13,33 ^{AB}	12,71 ^B	14,72 ^A	17,28 ^A	17,27 ^A	17,84 ^A	25,68 ^A	23,28 ^B	18,58 ^C
P _{calor} ⁵	12,69 ^A	12,15 ^A	12,81 ^A	15,59 ^A	15,09 ^A	15,14 ^A	20,37 ^A	18,58 ^B	15,38 ^C
Kcal/kg PC^{0,75}									
CEM ₄	139,26 ^A	136,28 ^A	137,50 ^A	171,66 ^A	170,34 ^A	164,58 ^A	230,20 ^A	209,97 ^B	197,56 ^B
%Consumo de EB (%CEB)									
EB ² CH ₄	8,90 ^A	9,13 ^A	9,36 ^A	9,53 ^A	8,65 ^B	8,22 ^B	7,76 ^A	8,31 ^A	8,09 ^A

Letras maiúsculas diferentes representam efeito (Teste de Tukey, $P<0,05$) da composição genética dentro de cada oferta de alimentos. ¹Consumo de energia bruta; ²Consumo de energia digestível; ³Consumo de energia metabolizável; ⁴Energia bruta; ⁵Produção de calor; ⁶Peso corporal final

Os valores similares para o consumo de MS (g/kg PC^{0,75}) e desempenho entre as composições genéticas avaliadas (Tabela 11); associado ao CED (Mcal/dia), superior para as novilhas Gir, em relação as novilhas Holandês e Girolando, em situação de menor oferta de alimentos (11g/kg PC) (Tabela 13); bem como, as perdas energéticas na forma de CH₄ (% CEB), CEM (Mcal/dia) e produção de calor (Mcal/dia), superior para as novilhas Holandês e Girolando em relação as novilhas Gir em situação de maior oferta de alimentos (19 g/kg PC) (Tabela 13), sugerem que animais zebuínos são nutricionalmente mais eficientes em condições de restrição alimentar quando comparados a taurinos e cruzados.

Os valores médios obtidos para as perdas energéticas na forma de CH₄ dentro dos planos nutricionais avaliados, (7,76 a 9,53% CEB) (Tabela 13), encontram-se acima

do valor reportado por Jiao et al. (2013), de 6,9% CEB, para a categoria novilhas alimentadas com dieta a base de silagem de gramínea (45%) e concentrado (55%) em condições de clima temperado; e, por Archibeque et al. (2007), de 3% CEB, para a categoria novilhos alimentados com uma dieta com alto teor de milho. Quando expresso em Mcal/dia, os valores obtidos, de 1,96 a 3,30 Mcal/dia, entre as composições genéticas avaliadas, encontram-se dentro da margem relatada, de 0,70 a 6,58 Mcal/dia, por Borges et al. (2016) no BR-CORTE, (2016). As maiores perdas de EB na forma de CH_4 observadas no presente estudo, provavelmente são decorrentes das diferenças na composição e qualidade das dietas, assim como no consumo de MS e MS digestível. De acordo com Wolin & Miller, (1988) os fatores principais que explicam a variação nas perdas energéticas por CH_4 são: a quantidade de carboidratos da dieta fermentada no rúmen e o suprimento de hidrogênio disponível e subsequente produção de CH_4 que apresenta relação com a taxa de produção de ácidos graxos voláteis e com a relação propionato/acetato.

Verificaram-se respostas distintas para as composições genéticas avaliadas em função da oferta de alimentos para o CEB e CED (Mcal/dia), CEM (Mcal/dia e kcal/kg $\text{PC}^{0,75}$), produção de calor (Mcal/dia) e perdas de EB na forma de CH_4 (Mcal/dia) (Tabela 14). Para às novilhas Girolando e Gir, o aumento da oferta de alimentos resultou em resposta linear sobre o CEB e CED (Mcal/dia), CEM (Mcal/dia e kcal/kg $\text{PC}^{0,75}$) e produção de calor (Mcal/dia) enquanto para as novilhas Holandês, observou-se resposta quadrática, respectivamente.

Em relação às perdas de EB na forma de CH_4 , expressa em % CEB, não houve ajuste para resposta linear nem para quadrática para as novilhas Girolando e Gir, apresentando valor médio de 8,49 e 8,72 % CEB, respectivamente (Tabela 14), enquanto que para as novilhas Holandês, observou-se resposta quadrática em função da oferta de alimentos para as perdas de EM na forma de CH_4 (% CEB) (Tabela 14).

Tabela 14. Efeito da oferta de alimentos dentro da composição genética sobre o consumo de energia bruta, digestível e metabolizável, e, perdas de EB na forma de metano por novilhas Holandês, Girolando e Gir

Item	Holandês				Girolando				Gir				
	Equação	r ²	P-valor		Equação	r ²	P-valor		Equação	r ²	P-valor		
			L	Q			L	Q			L	Q	
	Mcal/dia												
CEB ¹	Y= 8,42 + 2,60x + 8,85x ²	0,89	0,001	0,004	Y= - 8,35 + 29,61x	0,83	0,001	0,181	Y= -1,26 + 26,39x	0,79	0,009	0,070	
CED ²	Y= 3,38 + 6,04x + 4,71x ²	0,91	0,001	0,006	Y= -3,24 + 18,89x	0,83	0,001	0,178	Y= -1,03 + 10,14x	0,74	0,001	0,083	
EB ³ CH ₄	Y= 0,10 + 1,79x	0,78	0,001	0,076	Y= -0,15+ 2,10x	0,79	0,001	0,307	Y= 0,46 + 0,97x	0,69	0,034	0,840	
CEM ⁴	Y= 10,26 - 6,19x + 8,04x ²	0,92	0,001	0,001	Y= -3,25 + 16,09x	0,84	0,001	0,337	Y=0,37 + 8,84x	0,76	0,018	0,064	
P _{calor} ⁵	Y= 4,28 + 5,61x + 1,84x ²	0,91	0,001	0,027	Y= 2,57 + 10,09x	0,74	0,001	0,646	Y= 2,56 + 6,21x	0,69	0,027	0,050	
	Kcal/kg PC ^{0,75}												
CEM	Y= 55,26 + 41,42x + 27,92x ²	0,99	0,001	0,001	Y= 25,74 + 100,57x	0,92	0,001	0,606	Y= 32,97 + 83,94x	0,95	0,012	0,982	
	%Consumo de EB (%CEB)												
EB ³ CH ₄	Y= -5,82 + 22,15x – 8,03x ²	0,69	0,018	0,006	Ŷ= 8,49	-	0,079	0,859	Ŷ= 8,72	-	0,191	0,154	

L- Efeito Linear. Q – Efeito quadrático. ¹Consumo de energia bruta; ²Consumo de energia digestível; ³Energia bruta; ⁴Consumo de energia metabolizável ⁵Produção de calor

A produção de calor ($\text{Kcal/kg PC}^{0,75}$) superior ($P < 0,001$) para as novilhas Holandês em 5,63 e 11,04% respectivamente em relação as novilhas Girolando e Gir (Tabela 12), corroboram com os resultados obtidos por Hynes et al., (2016b) que também identificaram diferenças na produção de calor entre animais puros e mestiços, respectivamente 140 e 130 MJ/dia, representando uma diferença de 7,7% superior para as vacas Holandês em comparação as mestiças Holandês $\times$ Sueca Vermelha. O CEM ($\text{kcal/kg PC}^{0,75}$), superior em 9,63 e 16,52% dentro da oferta de 19g/kg PC para as novilhas Holandês quando comparadas às novilhas Girolando e Gir (Tabela 13), explicam em partes, a produção de calor ($\text{Kcal/kg PC}^{0,75}$) superior para as novilhas Holandês em relação as novilhas Girolando e Gir (Tabela 12).

A produção de calor ($\text{Kcal/kg PC}^{0,75}$) não deve ser relacionada somente aos atributos nutricionais, uma vez que a influência do componente genético para a eficiência de conversão alimentar foi reportada por Vallimont et al. (2011). Os dados de Arndt et al. (2015b) reforçaram o que foi sugerido por Yan et al. (2010) que menor produção de calor (isto é, maior eficiência de utilização da EM) foi associada também com menor produção de CH_4 , como proporção da EB ingerida. No presente estudo, a eficiência de utilização da EM (q), não diferiu ($P = 0,100$) para o fator composição genética (Tabela 12), as novilhas Gir apresentaram menor produção de calor ($\text{Kcal/kg PC}^{0,75}$) (Tabela 12) e menor produção de CH_4 , como proporção da EB ingerida dentro da oferta de 14g/kg PC (Tabela 13), o que corrobora, em partes, com os resultados dos autores supracitados. Contudo, esta associação da menor produção de calor com menor produção de CH_4 como proporção da EB ingerida ainda necessita de mais estudos, já que a eficiência utilização da EM pode ser um indicativo decisivo nesta relação (Yan et al., 2010).

Outros fatores, como possíveis diferenças (tamanho, peso e composição) de tecidos, principalmente àqueles associados com a termorregulação corporal e digestão, como intestino e fígado, que apresentam *turnover* proteico maior do que órgãos estruturais (Freetly et al., 2003), podem também ter influenciado de forma distinta nos resultados de produção de calor entre as composições genéticas avaliadas, visto que sabe-se, quanto maior o *turnover* de um tecido, maiores são as taxas de síntese e degradação, o que resulta em maior atividade metabólica e gasto energético, ou seja, maior exigência de manutenção (Freetly et al., 2003).

A resposta linear para produção calor ($\text{Kcal/kg PC}^{0,75}$) ($P=0,001$) em função do aumento dos planos nutricionais (Tabela 12) podem ser explicados pela maior atividade metabólica e gasto energético relacionado ao tempo despendido nos processos de ingestão e digestão de alimentos. Huntington & Reynolds, (1987) relataram que a utilização de O_2 aumenta com a elevação na ingestão de alimento, tanto em valores absolutos como em proporção do total utilizado pelo organismo.

De forma contrária, quando expressa em %CEB, a produção de calor diminuiu linearmente ($P<0,05$) em resposta ao aumento da oferta de alimentos (Tabela 12). A redução da produção de calor (% CEB) em função do aumento da oferta de alimentos pode estar relacionado com o nível de produção, sendo que quanto menor o nível de produção, maior a fração da EM utilizada para manutenção e menor a quantidade de EM disponível para a produção (Ardnt et al., 2015b). Os valores observados para a produção de calor (%CEB), acima de 40% (48,76 a 52,14 %CEB) (Tabela 12), corroboram com os resultados obtidos por Hales et al. (2014) (46,85 a 52,66 %CEB) que avaliaram novilhos MARC II (1/4 Simmental, 1/4 Angus, 1/4 Hereford e 1/4 Gelbvieh) em consumo *ad libitum*, e relataram que o gasto energético na forma de calor representa mais de 40% CEB.

As perdas energéticas urinárias (Mcal/dia e %CEB) similares ($P>0,05$) entre as composições genéticas avaliadas (Tabela 12) corroboram com os resultados de Hynes et al. (2016b) que também não identificaram diferenças nas perdas de energia na urina, (17,9 x 19,1 MJ/dia) para vacas Holandês e mestiças Holandês × Sueca Vermelha. Contudo, contrastam com os resultados de Ardnt et al. (2015b) que relataram diferença para perda de energia na urina, expressa em (%CEB) ao avaliar vacas com alta ($Y=2,76$ %CEB) e baixa ($Y=3,40$ %CEB) eficiência de conversão alimentar, sendo que os animais com alta eficiência apresentaram menor perda de EB na urina, CH_4 e Fecal. Van Soest (1994) relatou que a perda energética via urina é relativamente constante e pode variar de 3 a 5% da EB ingerida, não afetando significativamente o balanço energético.

Já em relação às perdas energéticas fecais, os valores médios entre as composições genéticas avaliadas, entre 8,84 a 9,51 Mcal/dia, e de 28,69 a 30,72, expresso em %CEB (Tabela 12), apresentaram-se dentro da margem observada por Arndt et al., (2015b), de 25,9 a 28,6 %CEB, para vacas Holandês lactantes confinadas em condições de clima temperado alimentadas com dieta a base de silagem de milho e

alfafa, e próximos aos observados por Hynes et al., (2016b), de 22,7 a 23,4 Mcal/dia, respectivamente para vacas Holandês e mestiças Holandês × Sueca Vermelha, alimentadas com dietas a base de concentrado (32%) e gramínea fresca (67%).

A eficiência de utilização da EM (q) não diferiu entre os planos nutricionais ($P=0,596$) e composição genética ($P=0,100$) (Tabela 12). Como os animais receberam a mesma dieta, diferindo apenas na quantidade fornecida, e, constatou-se que não houve diferença ($P>0,05$) na digestibilidade da MS e MO (Oliveira Filho et al., no prelo), assim como no BE (Mcal/dia) ($P=0,955$) (Tabela 12), a semelhança na metabolizabilidade era esperada. Hynes et al.(2016b) também não observaram efeito do genótipo e nível de proteína no concentrado sobre as relações ED/EB e EM/EB, reportando variação de ED/EB de 0,75 a 0,74 (MJ/MJ), e de 0,64 a 0,63 para EM/EB (MJ/MJ) para vacas Holandês e mestiças Holandês × Sueca Vermelha, alimentadas com 328 g/kg de concentrado e 672 g/kg de azevém perene em condições de clima temperado.

O valor médio obtido de 84% para a eficiência de conversão de ED em EM (EM/ED), foi próximo aos dos comitês ARC (1980); NRC (2001) e CSIRO (2007), os quais indicam eficiência de conversão de 80; 82 e 85%, respectivamente; encontra-se dentro da variação de 81 a 86% reportada pelo AFRC (1993), porém inferior aos 88% indicado por Jiao et al. (2013) que avaliou a eficiência de utilização de energia em novilhas Holandês, com peso iniciais de $158,4 \pm 24$ kg, alimentadas com dietas a base de silagem de gramínea e 55% de concentrado, em condições de clima temperado. As diferenças nos valores de eficiência de utilização da EM do presente estudo em relação aos valores observados por Jiao et al. (2013) podem estar relacionadas às diferenças na taxa de crescimento microbiano no rúmen, produção de CH_4 , relação entre energia e proteína na dieta, eficiência de utilização da proteína metabolizável (Borges et al., 2016), assim como ao nível de consumo, idade do animal e tipo de alimento, já que de acordo com o NRC (2001) essa relação pode variar consideravelmente. No presente estudo as perdas de EB via CH_4 foram medidas em câmaras respirométricas, e não estimadas, evidenciando que em condições tropicais de alimentação e genética a relação EM/ED foi superior a 82%.

A densidade energética da dieta, em termos de EL_m , foi influenciada ($P=0,005$) somente pela composição genética (Tabela 15). A EL_m das dietas foi 11,26 e 12,67% superior ($P<0,01$) para as Holandês e Girolando em relação às novilhas Gir (Tabela 15).

No presente estudo, à exigência de EL_m também apresentou a mesma tendência entre as composições genéticas avaliadas, sendo maior para as novilhas Holandês e Girolando, respectivamente 83,06 e 80,59 Kcal/kg PC^{0,75}, e menor para as novilhas Gir (63,55 Kcal/kg PC^{0,75}) (Tabela 19).

Tabela 15. Densidade energética da dieta experimental para novilhas Holandês, Girolando e Gir recebendo diferentes ofertas de alimentos em relação ao peso corporal

Item	Oferta de alimentos (g/kg PC)			Composição genética			EPM	P-valor		
	11	14	19	Holandês	Girolando	Gir		OA ⁶	CG ⁷	OA×CG
Mcal/kg MS										
EB ¹	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	4,14	0,0001	0,871	0,585	0,510
ED ²	3,24	3,24	3,20	3,28	3,22	3,20	0,0190	0,609	0,148	0,115
EM ³	2,45	2,44	2,42	2,48	2,45	2,38	0,0001	0,599	0,101	0,360
Elm ⁴	1,55	1,54	1,52	1,58 ^A	1,60 ^A	1,42 ^B	0,0101	0,625	0,003	0,438
Elg ^{5,8}	1,90	1,28	1,38	1,59	1,37	1,60	0,1090	0,102	0,774	0,774

*Médias seguidas de letras distintas maiúsculas para composição genética diferem a 5% de significância pelo teste de Tukey. L – Efeito linear. EPM – Erro padrão da média. ¹EB, energia bruta; ²ED, energia digestível; ³EM, energia metabolizável; ⁴ELm, energia líquida de manutenção; ⁵Elg, energia líquida de ganho; ⁶Oferta de alimentos; ⁷Composição genética;

3.3. Produção de CH₄

A interação para as variáveis relacionadas à produção de CH₄ não foi significativa (P>0,05) quando expressa em g/kg GPC e g/kg FDN digerida (FDN_{dig}) (Tabela 16).

Dentro da oferta 11 g/kg PC, as emissões de CH₄, expressas em g/dia, g/kg MS, MO e FDN_{ing}, e expressa em g/kg MS e MO_{dig}, respectivamente, não diferiram (P>0,05) entre as novilhas Holandês, Girolando e Gir (Tabela 17). Às novilhas Holandês apresentaram produção de CH₄, expressa em g/kg de MS, MO e FDN_{ing}, superior em 18,43 e 18,10%; 18,42 e 17,80; e, 29,75 e 25,43%, respectivamente em relação as novilhas Girolando e Gir, dentro da oferta 14 g/kg PC (Tabela 17). Já dentro da oferta 19 g/kg PC, as novilhas Holandês apresentaram produção de CH₄ expressa em g/dia, g/kg MS e MO_{dig}, superior em 41,39; 33,44 e 34,66%, respectivamente em relação as novilhas Gir (Tabela 17).

Tabela 16. Produção de metano (CH₄) por novilhas Holandês (H), Girolando (Girol) e Gir recebendo diferentes ofertas de alimentos em relação ao peso corporal

Item	Oferta de alimentos (g/kg PC)			Composição genética			EPM	P-valor		
	11	14	19	H	Girol	Gir		OA ⁸	CG ⁹	OA×CG
Produção de CH ₄										
g/dia ¹⁰	145,88	185,66	217,02	195,47	186,21	166,88	9,5430	0,001	0,119	0,034*
g/kg MS _{ing} ¹	28,08	26,57	25,56	26,69	26,51	27,00	0,4628	0,038	0,961	0,007*
g/kgMO _{ing} ²	29,85	28,28	27,25	28,42	28,21	28,75	0,4903	0,499	0,961	0,009*
g/kg FDN _{ing} ³	91,69	80,85	73,19	80,07	81,29	84,37	2,5419	0,004	0,817	0,010*
g/kg MS _{dig} ⁴	21,63	27,03	32,11	28,40	26,74	25,62	1,4188	0,001	0,299	0,036*
g/kg MO _{dig} ⁵	20,96	26,24	31,33	27,71	26,00	24,81	1,3842	0,001	0,167	0,031*
g/kg FDN _{dig} ^{6,10}	31,94	39,41	46,55	41,52	37,35	39,03	2,1637	0,001 _L	0,126	0,112
g/kgGPC ^{7,11}	333,79	273,53	221,57	317,12	298,14	213,63	15,9064	0,043 _L	0,264	0,698

Médias seguidas de letras distintas maiúsculas para composição genética diferem a 5% de significância pelo teste de Tukey. L – Efeito linear. EPM, erro padrão da média. ¹Matéria seca ingerida; ²Matéria orgânica ingerida; ³Fibra em detergente neutro ingerida; ⁴Matéria seca digerida; ⁵Matéria orgânica digerida; ⁶Fibra detergente neutro digerida; ⁷Ganho de peso corporal; ⁸Oferta de alimentos; ⁹Composição genética. ¹⁰Y= 5,69 + 22,15x; ¹¹Y= 459,49 - 129,04x.

Tabela 17. Efeito da composição genética dentro da oferta de alimentos sobre a produção de metano (CH₄) por novilhas Holandês (H), Girolando (Girol) e Gir

Item	11 g/kg PC			14 g/kg PC			19 g/kg PC		
	H	Girol	Gir	H	Girol	Gir	H	Girol	Gir
g/dia ¹⁰	135,69 ^A	149,26 ^A	152,70 ^A	200,44 ^A	185,59 ^A	170,94 ^A	250,28 ^A	223,78 ^{AB}	177,01 ^B
g/kg MS _{ing} ¹	26,29 ^A	28,55 ^A	29,41 ^A	29,62 ^A	25,01 ^B	25,08 ^B	24,17 ^A	25,98 ^A	26,53 ^A
g/kg MO _{ing} ²	27,93 ^A	30,33 ^A	31,30 ^A	31,50 ^A	26,60 ^B	26,74 ^B	25,84 ^A	27,71 ^A	28,21 ^A
g/kg FDN _{ing} ³	78,71 ^A	97,08 ^A	99,28 ^A	94,45 ^A	72,79 ^B	75,30 ^B	67,03 ^A	74,01 ^A	78,54 ^A
g/kg MS _{dig} ^{4,11}	20,23 ^A	21,26 ^A	23,38 ^A	28,55 ^A	26,37 ^A	26,16 ^A	36,43 ^A	32,59 ^{AB}	27,30 ^B
g/kg MO _{dig} ^{5,12}	19,69 ^A	20,55 ^A	22,63 ^A	27,77 ^A	25,62 ^A	25,32 ^A	35,66 ^A	31,84 ^{AB}	26,50 ^B

*Letras maiúsculas diferentes representam efeito (Teste de Tukey, P<0,05) da composição genética dentro de cada oferta de alimentos. ¹Matéria seca ingerida; ²Matéria orgânica ingerida; ³Fibra em detergente neutro ingerida;

Para os parâmetros expressos em relação ao consumo de MS, MO e FDN, as diferenças observadas dentro das ofertas de alimentos (Tabela 17), não permitiram identificar uma composição genético que se destaca para menor ou maior emissão de CH₄. Os valores médios obtidos para a produção CH₄ g/kg MS_{ing} observado dentro das

ofertas, entre 24,17 a 29,62 (Tabela 8), encontraram-se próximos ao reportado por Jiao et al. (2013), de 23,8 g/kg MS, para a categoria novilhas de até 6 meses, com PCi de $158,4 \pm 24,3$ kg, alimentadas com 45% de silagem de gramínea e 55% de concentrado. Apesar das diferenças nas proporções volumoso: concentrado e no PCi dos animais em relação ao trabalho de Jião et al. (2013), sugere-se que novilhas mantidas em condições tropicais podem apresentar emissões de CH₄ próximas a de novilhas mantidas em condições de clima temperado.

Sabe-se que fatores intrínsecos aos animais tais como, espécie, características genéticas, microflora ruminal, volume do rúmen, capacidade de seleção de alimentos, tempo de retenção de alimentos no rúmen são fatores que afetam a emissão de CH₄ (Shibata & Terada, 2010), porém o consumo de alimento é considerado o principal determinante (Ramin & Huhtanen, 2013) e explica até 74% das variações da emissão de CH₄ (Ellis et al., 2007). Borges et al. (2016) mencionaram que o consumo de MS explicou 87,7% da variação na produção de CH₄, não havendo melhorias no modelo de predição com a inclusão de outras variáveis preditoras.

Equações de predição para a emissão de CH₄ usando o consumo de MS ou de EB ou de EM para gado leite e corte tem sido sugeridas. Yan et al. (2009) verificou que a relação entre produção de CH₄ e o consumo de MS ou de EB, é mais significativa (respectivamente, $r^2 = 0,72$ e $0,74$) do que quando comparada ao PC ($r^2 = 0,26$) em estudo com 108 novinhos de corte em crescimento.

O aumento do plano nutricional resultou em resposta quadrática ($P=0,001$) sobre a produção de CH₄, expressa em g/kg de MS, MO e FDN_{ing}, para as novilhas Holandês (Tabela 18). Para as novilhas Girolando, verificaram-se respostas distintas em função da oferta de alimentos para a produção de CH₄ expressa em g/kg de MS, MO e FDN_{ing} (Tabela 18). Verificou-se melhor ajuste ($r^2 = 0,80$) para resposta quadrática ($P=0,013$) sobre a produção de CH₄ (g/kg FDN_{ing}) em função do aumento da oferta de alimentos, enquanto que, para as variáveis expressas em g/kg de MS e MO_{ing}, não houve ajuste para resposta linear nem para quadrática (Tabela 18), apresentando valor médio de 26,11 (g/kg MS) e 27,80 (g/kg MO), respectivamente para as novilhas Girolando (Tabela 18).

Não houve ajuste para resposta linear nem para quadrática, para a produção de CH₄, expressa g/dia, g/kg de MS, MO e FDN_{ing}, e, MS e MO_{dig} para às novilhas Gir (Tabela 18).

Tabela 18. Efeito da oferta de alimentos dentro da composição genética sobre a produção de metano (CH₄) por novilhas Holandês, Girolando e Gir

Item	Holandês					Girolando				Gir			
	Equação	r ²	P-valor		Equação	r ²	P-valor		Equação	r ²	P-valor		
			L	Q			L	Q			L	Q	
Mcal/dia													
CH ₄ g/dia	Y= -23,27 + 154,08x	0,84	0,001	0,233	Y= 38,05 + 114,68x	0,65	0,007	1,000	Ŷ= 128,03	-	0,064	0,995	
CH ₄ g/kgMS _{ing} ¹	Y= -36,49 + 92,27x – 32,20x ²	0,80	0,134	0,008	Ŷ= 26,11	-	0,063	0,065	Ŷ= 26,97	-	0,172	0,222	
CH ₄ g/kgMO _{ing} ²	Y= -38,58 + 97,65x – 34,01x ²	0,80	0,160	0,009	Ŷ= 27,81	-	0,068	0,060	Ŷ= 29,18	-	0,200	0,252	
CH ₄ g/kg FDN _{ing} ³	Y= -239,06 + 461,99x -161,37x ²	0,90	0,022	0,001	Y= 375,81 – 387,54x ² + 120,45x	0,80	0,001	0,013	Ŷ= 80,34	-	0,150	0,301	
g/kg MS _{dig} ⁴	Y= -4,38 + 22,55x	0,82	0,001	0,637	Y= 3,44 + 18,00x	0,69	0,004	0,866	Ŷ= 18,11	-	0,068	0,910	
g/kg MO _{dig} ⁵	Y= -4,65 + 22,24x	0,83	0,003	0,720	Y= 2,81+ 17,82x	0,71	0,003	0,854	Ŷ= 17,60	-	0,078	0,851	
L- Efeito	Linear.	Q	–	Efeito	quadrático.	¹ Matéria	seca	ingerida;	² Matéria	orgânica	ingerida;	³ Fibra	em detergente neutro ingerida.

O aumento da ingestão de alimentos leva ao aumento da produção de CH₄ devido ao maior aporte de substratos para a fermentação ruminal e consequente aumento no fornecimento de hidrogênio para a metanogênese (Hegarty et al., 2007). No entanto, o aumento na produção de CH₄ não tem a mesma magnitude do incremento no consumo, assim, a produção de CH₄ por unidade de MS ou nutriente ingerida diminui com o aumento do nível de ingestão (Ramin & Huhtanen, 2013).

Um dos desafios de mensurar a produção de CH₄ usando câmaras respirométricas, a menos que os animais sejam ambientados, é que eles irão reduzir o consumo nas câmaras em relação ao ambiente natural, e, além da produção de CH₄ aumentar com incremento no consumo, a produção de CH₄ aumenta após a refeição, sendo seguido por redução gradual (Freetly & Brown-Brandl, 2013). No presente estudo, todos os animais foram previamente adaptados para minimizar possíveis influências.

O efeito linear decrescente ($P=0,043$) verificado para a produção de CH₄ (g/kg GPC) ($Y= 459,49 - 129,04x$) em resposta ao aumento da oferta de alimentos independente da composição genética avaliada (Tabela 16) corrobora com os estudos de (Beauchemin et al., 2008; Pinares-Patiño et al., 2009; Clark, 2013), que demonstraram que aumentando a produtividade animal há uma redução na proporção de CH₄ produzido por unidade de produto. A produção de CH₄ e a eficiência de utilização de energia são inversamente relacionadas, sendo que as perdas pela produção de CH₄ impactam negativamente na produtividade dos ruminantes, já que representam considerável perda de energia do animal para o ambiente (Ramin & Huhtanen, 2013).

Existe consenso na literatura que as estratégias de mitigação de GEE na pecuária devam envolver a seleção de animais mais eficientes quanto à utilização da energia dietética, assim como o aumento da produtividade, o que resulta em menores intensidades de emissões de CH₄ por unidade de produto final. No presente trabalho o aumento do ganho de peso conferido pelo incremento do plano nutricional conferiu reduções de até 45% na emissão de CH₄ g/kg PC (22% quando o nível de ingestão passou de 11 para 14 g/kg PC e de 23% de 14 para 19 g/kg PC) e não houve diferenças entre as composições genéticas, assim fica comprovado o potencial de mitigação de CH₄ pela melhoria da eficiência de produção em condições tropicais e que animais zebuínos ou mestiços (Holandês × Gir) não emitem mais que animais taurinos da raça Holandês. Além do incremento do plano nutricional conferir menor emissão de CH₄

(g/kg PC), pode ser fator importante para reduzir a idade ao primeiro parto, reduzindo a pegada de carbono do leite em sistemas de produção.

3.4. Exigências Nutricionais

Nas Figuras 1, 2 e 3 estão demonstradas as equações de regressão linear ($P < 0,001$) obtidas pelo logaritmo da produção de calor em função do CEM para novilhas Holandês, Gir e Girolando.

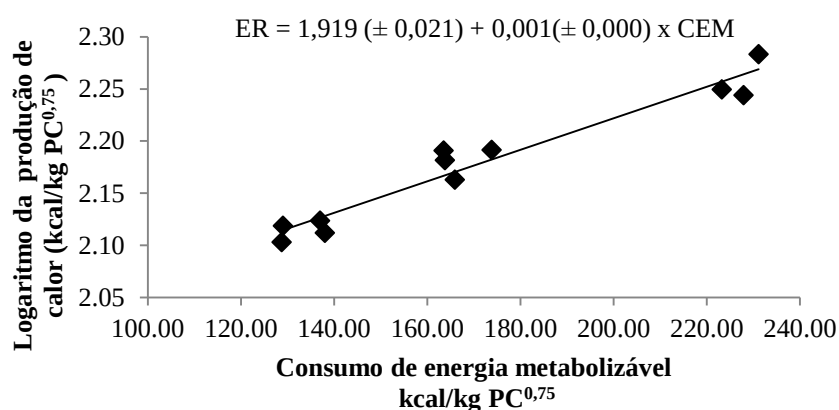


Figura 1. Logaritmo da produção de calor em função do consumo de energia metabolizável (Kcal/kg PC^{0,75}/dia) em novilhas Holandês

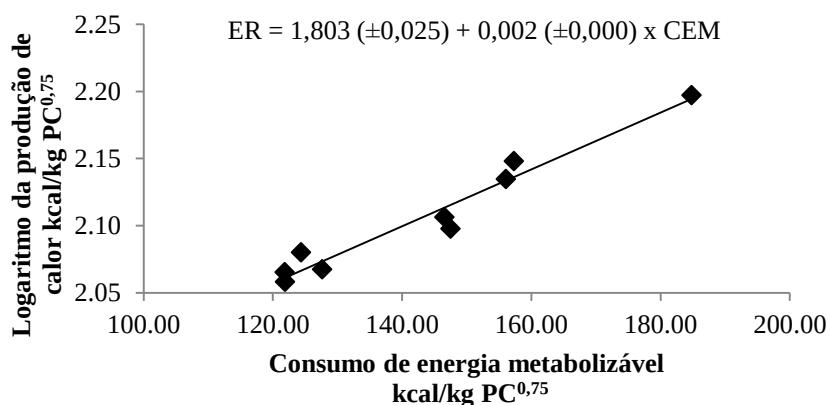


Figura 2. Logaritmo da produção de calor em função do consumo de energia metabolizável (Kcal/kg PC^{0,75}/dia) em novilhas Gir

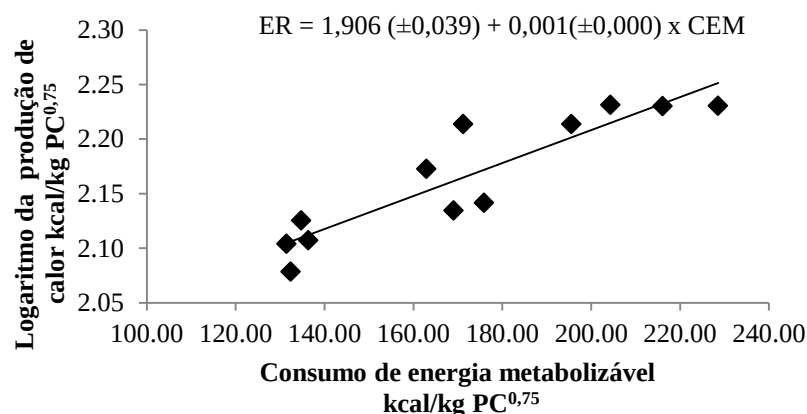


Figura 3. Logaritmo da produção de calor em função do consumo de energia metabolizável (Kcal/kg PC^{0,75}/dia) em novilhas Girolando

Os dados encontrados no presente trabalho (Tabela 19) são próximos aos indicados pelos comitês de alimentação animal (NRC 2001; CSIRO 2007 e CNCPS - Fox et al., 2004) que consideram os valores de EL_m de animais mestiços, intermediários aos valores das raças puras que originaram o cruzamento.

Tabela 19. Parâmetros da regressão do logaritmo da produção de calor (kcal/kg PC^{0,75}) em função do consumo de energia metabolizável (kcal/kg PC^{0,75}) de novilhas pertencentes aos grupamentos genéticos Holandês, Girolando e Gir pela técnica respirometria calorimétrica

Composição genética	Intercepto (a)	Coefficiente (b) (x1000)	N	r ²	EPM	EL _m	EM _m	km
Holandês	1,92 ± 0,02	1,51 ± 0,0001	11	0,95	0,0369	83,06	130,1	0,64
Girolando	1,91 ± 0,05	1,51 ± 0,0002	12	0,82	0,0353	80,59	123,25	0,65
Gir	1,80 ± 0,02	2,12 ± 0,0002	9	0,95	0,0174	63,55	106,1	0,60

¹Os valores representam média ± desvio padrão. EL_m, Energia Líquida de manutenção; EM_m, Energia Metabolizável de manutenção; km, eficiência de utilização da energia metabolizável para manutenção; EPM, erro padrão residual; r², coeficiente de determinação

Apesar da diferença de 3,06% na EL_m das novilhas Holandês em relação as novilhas Girolando, as mesmas apresentaram valores de km similares (0,64 vs 0,65) (Tabela 19), o que indica a possibilidade de adoção das recomendações do NRC (2001) para formulação de dietas para novilhas leiteiras mestiças F1 de Gir com Holandês. O

valor médio de 0,63 para a km verificada no presente estudo encontra-se próximo ao reportado por Fox et al. (2004) que recomendaram valor fixo de 0,64; e próximo ao reportado por OSS et al. (no prelo), de 0,62, para machos para machos 7/8 Holandês × 1/8 Gir em crescimento em condições tropicais.

O valor médio de EL_m (75,73 kcal/kg $PC^{0,75}$) para fêmeas em crescimento e os valores médios individuais para as novilhas Holandês (83 Kcal/kg $PC^{0,75}$) e Girolando (81 Kcal/kg $PC^{0,75}$) obtidos no presente estudo (Tabela 19), encontram-se próximos ao reportado por Oss et al. (no prelo) de 74,8 kcal/ $PC^{0,75}$ para machos 7/8 Holandês × 1/8 Gir em crescimento; as recomendações propostas pelo BCNRM (2016) de 77 kcal/ $PCJ^{0,75}$ /dia para machos castrados e fêmeas de corte; aos valores reportados por Marcondes et al. (2010) de 78 Kcal/ $PCVZ^{0,75}$ para fêmeas de corte e Marcondes et al. (2016), de 75 kcal/ $PCVZ^{0,75}$ /dia para zebuínos puros, cruzados de corte e cruzados de leite. Já a El_m recomendada pelo NRC (2001) é de 86 Kcal / $PC^{0,75}$ para animais em crescimento e a do AFRC (1993) foi de 83,5 Kcal / $PC^{0,75}$, para machos castrados e fêmeas. Chizzotti et al. (2008) ao estudarem as exigências de 389 animais Nelore puros ou cruzados com Angus, Red Angus, Simental, Limousin ou Brangus, não observaram efeitos de grupos genéticos e estimaram a EL_m em 75 kcal/ $PCVZ^{0,75}$ /dia.

Dong et al. (2015) também não constataram diferença nos valores de EM_m entre vacas Holandês puras (0,69 MJ/kg $PC^{0,75}$) e não Holandês (0,68 MJ/kg $PC^{0,75}$), que incluía *Norwegian* e mestiças Jersey × Holandês e *Norwegian* × Holandês. De modo semelhante Xue et al. (2011) encontraram valores similares de EM_m para animais Holandês (n= 8) e mestiços Holandês × Jersey (n= 8), 0,71 e 0,67 MJ/kg $PC^{0,75}$ respectivamente.

O valor médio obtido para animais da raça Gir (64 kcal/ $PC^{0,75}$) foram inferiores aos valores supracitados e são mais próximos da recomendação do BCNRM (2016) que indica a El_m de 69 kcal/ $PCj^{0,75}$ para animais zebuínos, exceto para o Nelore. A proximidade entre os valores encontrados para animais Holandês e Girolando, com as recomendações do NRC (2001), assim como nos valores encontrados para as novilhas Gir, com as recomendações do BCNRM (2016) reforçam a aplicabilidade dos valores estimados para fêmeas de origem leiteira em condições tropicais, contudo para os animais da raça Gir, evidencia-se a necessidade da realização de mais trabalhos para a ampliação do banco de dados com intuito de se chegar a um valor consensual.

Na terceira edição do BR-CORTE (2016), Marcondes et al., (2016) indicaram não haver diferenças quanto à EL_m entre animais cruzados e zebuínos de diferentes classes sexuais. Por outro lado, o modelo de cálculo da km , indicou há existência de efeitos raciais sobre a km . No presente estudo, constatou-se diferença de 8,33 e 6,66% para km , respectivamente para animais Girolando e Holandês, em relação aos animais da raça Gir, e de 30,7%, para os valores de EL_m para as novilhas Holandês em comparação as novilhas Gir (Tabela 19). A diferença encontrada para as novilhas Holandês em comparação as novilhas Gir, em termos de EL_m e km , reforçam a importância para a determinação de valores de exigência nutricionais de energia de manutenção para zebuínos de origem leiteira criados em condições tropicais.

O NRC (2000) sugere que animais *Bos taurus* necessitam de maior energia para manutenção e ganho de peso em relação aos *Bos indicus*. Variações nas exigências de energia para manutenção são atribuídas a inúmeros fatores, como: a raça, o sexo, a idade, a composição corporal e o nível nutricional do animal (Silva & Leão, 1979; Solis et al., 1988), a condição fisiológica e o nível nutricional (Koong et al., 1985), a estação do ano, a temperatura, a nutrição prévia (Ferrel & Jenkins, 1985), o peso corpóreo, o nível de produção, a atividade, o ambiente (Fox et al., 1988), as diferenças genéticas (Ferrel & Jenkins, 1984), a atividade de pastejo, as condições de clima (CSIRO, 2007) e podem também ser explicadas, em parte, por variações nas proporções de vários órgãos e vísceras, atividade metabólica, e pelas diferenças nas taxas de *turnover* proteico (Freetly et al., 2003; Chizzotti et al., 2008).

Diferenças na musculatura, na deposição de gordura ou na produção de leite podem mudar a proporção de tecidos metabolicamente ativos (Koong et al., 1985), e, como o processo de deposição proteica é dinâmico, em que as proteínas celulares estão em contínua degradação e renovação, (*turnover*), por proteínas recentemente sintetizadas (Hawkins, 1991), processos os quais envolvem gasto energético, animais que possuem diferenças na composição, como por exemplo, do músculo esquelético, podem apresentar diferenças nas exigências de energia para manutenção e ganho de peso (Harris & Milne, 1981), ou seja, a menor EL_m para as novilhas Gir pode ser atribuída à menor atividade e tamanho desses tecidos internos, assim como a menor reciclagem de proteína dos animais zebuínos em relação às raças taurinas (Valadares Filho et al., 2005).

4. CONCLUSÕES

O aumento da oferta de alimentos resultou em redução de produção de calor como proporção da energia bruta ingerida independente da composição genética.

Animais zebuínos ou mestiços (Holandês × Gir) não emitem mais metano em relação a animais taurinos criadas em condições tropicais, mas possuem menor exigência de EL_m e EM_m .

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) PECUS-Rumen Gases, Nutrição de Precisão, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasília, Brasil), Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de Minas Gerais (FAPEMIG), FAPEMIG-PPM, CAPES-PVE, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. 1993. **Energy and Protein Requirements of Ruminants**. Wallingford UK: Agricultural and Food Research Council. CAB International.

AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL - ARC. 1980. **The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock**. London: Agricultural Research Council. The Gresham Press.

ARCHIBEQUE, S.L.; FREETLY, H.C.; COLE, N.A.; Ferrell, C.L. The influence of oscillating dietary protein concentrations on finishing cattle. II. Nutrient retention and ammonia emissions. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1496–1503, 2007. DOI:10.2527/jas.2006-208

ARNDT, C.; POWELL, J.M.; AGUERRE, M.J.; CRUMP, P.M.; WATTIAUX, M.A. Feed conversion efficiency in dairy cows: Repeatability, variation in digestion and metabolism of energy and nitrogen, and ruminal methanogens. **Journal of Dairy Science**, v.98, p.3938-3950, 2015b. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8449>

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST - AOAC. AGRICULTURAL CHEMISTS, 1990. **Official methods of analysis**. 16th - Washington, D.C.: 1117p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST - AOAC. AGRICULTURAL CHEMISTS, 1995. **Official methods of Analysis**. 16th. Washington, D.C.: 2000p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST - AOAC. AGRICULTURAL CHEMISTS, 1996. **Official Methods of Analysis**. 16th. Gaithersburg, M.D.

BEAUCHEMIN, K.A.; KREUZER, M.; O'MARA, F.; McALLISTER, T.A. Nutritional management for enteric methane abatement: a review. **Animal Production**, v.48, p.21-27, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.1071/EA07199>

BEECHER, M.; BUCKLEY, F.; WATERS, S.M.; BOLAND, T.M.; ENRIQUEZ-HIDALGO, D.; DEIGHTON, M.H.; O'DONOVAN, M.; LEWIS, E. Gastrointestinal tract size, total-tract digestibility, and rumen microflora in different dairy cow genotypes. **Journal of Dairy Science**, v.97, p.3906-3917, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2013-7708>

BEEF CATTLE NUTRIENT REQUIREMENTS MODEL – BCNRM. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. Eighth Revised Edition. Washington, D.C: The National Academies Press. 2016. 494 p.

BORGES, A.L.C.C; SILVA, R.R.; FERREIRA, A.L.; LAGE, H.F.; VIVENZA, P.A.D.; CARVALHO, P.H.A.; FONSECA, M.P.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. **Respirometria e exigências nutricionais de zebuínos e cruzados de leite, em diferentes níveis de alimentação e estádios fisiológicos**. In: VALADARES FILHO, S.C; COSTA E SILVA, L.F.; GIONBELLI, M.P.; ROTTA, P.P.; MARCONDES, M.I; CHIZZOTTI, M.L.; PRADOS, L.F. Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados: BR-CORTE. 3ed. Viçosa: UFV, DZO. 2016. p.163-190.

BROUWER, E. Report of Sub-Committee on Constants and Factors. Proc 3rd Symp. On Energy Metabolism, **Eaap Publ**, v.11, p.441-443, 1965.

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, p.1588-1597, 2008. DOI: 10.2527/jas.2007-0309

CLARK, H. Nutritional and host effects on methanogenesis in the grazing ruminant. **Animal**, v.7,p.41-48, 2013. DOI: 10.1017/S1751731112001875

COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION (C.S.I.R.O). 2007. **Nutrient requirements of domesticated ruminants**. Victoria: Australia Agricultural Council, CSIRO publications, 266p.

DONG, L.F.; YAN, T.; FERRIS, C.P.; MCDOWELL, D.A. Comparison of maintenance energy requirement and energetic efficiency between lactating Holstein-Friesian and other groups of dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.98, p.1136-1144, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8629>

ELLIS, J.L.; KEBREAB, E.; ODONGO, N.E.; MCBRIDE, B.W.; OKINE, E.K.; FRANCE, J. Prediction of methane emission from dairy and beef cattle. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.3456–3467, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2006-675>

FERREL, D. J.; JENKIS, T. G. Energy utilization by mature, non-pregnant, non-lactating cows of different types. **Journal of Animal Science**, v.58, p.234, 1984. DOI: 10.2527/jas1984.581234x

FERREL, D. J.; JENKIS, T. G. Energy utilization by Hereford and Simmental males and females. **Animal Production**, v.41,p.53-61, 1985.

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, p.1475-1495, 1988. DOI: 10.2527/jas1988.6661475x

FOX, D.G.; TEDESCHI, L.O.; TYLUTKI, T.P.; RUSSEL, J.B.; VAN AMBURGH, M.E.; CHASE, L.E.; PELL, A.N.; OVERTON, T.R. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal Feed Science and Technology**, v.112, p.29–78, 2004. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.10.006>

FREETLY, H.C.; NIENABER, J.A.; BROWN-BRANDL, T.M. Relationship between aging and nutritionally controlled growth rate on heat production of heifers. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1847-1852, 2003. DOI:10.2527/2003.8171847x

FREETLY, H.C.; & BROWN-BRANDL, T.M. 2013. Enteric methane production from beef cattle that vary in feed efficiency. **Journal of Animal Science**, v.91, p.4826-4831. DOI: 10.2527/jas.2011-4781

HALES, K.E.; BROWN-BRANDL, T.M.; FREETLY, H.C. Effects of decreased dietary roughage concentration on energy metabolism and nutrient balance in finishing beef cattle. **Journal Animal Science**, v.92, p.264-271, 2014. DOI: 10.2527/jas.2013-6994

HALL, M.B.; JENNINGS, J.P.; LEWIS, B.A. et al. Evaluation of starch analysis methods for feed samples. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.81, p.17-21, 2000. DOI: 10.1002/1097-0010(20010101)81:1<17::AID-JSFA758>3.0.CO;2-B

HARRIS, C.I.; MILNE, G. The urinary excretion of N-methyl-histidine by cattle: validation as an index of muscle protein breakdown. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.45, p.411-429, 1981. DOI: <https://doi.org/10.1079/BJN19810116>

HAWKINS, A.J.S. Protein turnover: a functional appraisal. **Functional Ecology**, Oxon, v.5, p.222 - 233, 1991. DOI: 10.2307/2389260

HEGARTY, R.S.; GOOPY, J.P.; HERD, R.M.; MCCORKELL, B. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. **Journal of Animal Science**, v.85, p.1479-1486, 2007. DOI: 10.2527/jas.2006-236

HUNTINGTON, G.B., REYNOLDS, C.K. Oxygen consumption and metabolite flux of bovine portal-drained viscera and liver. **Journal of Nutrition**, v.117, p.1167-1173, 1987.

HYNES, D.N.; STERGIADIS, S.; GORDON, A.; YAN, T. Effects of concentrate crude protein content on nutrient digestibility, energy utilization, and methane emissions in

lactating dairy cows fed fresh-cut perennial grass. **Journal Dairy Science**, v.99, p.8858-8866, 2016b. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-11509>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2015. Indicadores IBGE: Estatística da produção pecuária, 2015: disponível em: <http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=3006>. Acesso em 10 de outubro de 2015.

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE – INRA. **Alimentation des Ruminants**. INRA Publ., Versailles, 1978.

JIAO, H.P.; YAN, T.; MCDOWELL, D.A.; CARSON, A.F.; FERRIS, C.P.; EASSON, D.L.; WILLS, D. Enteric methane emissions and efficiency of use of energy in Holstein heifers and steers at age of six months. **Journal of Animal Science**, v.91, p.356-362, 2013. DOI: 10.2527/jas.2012-5259

JOHNSON, K.A.; JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2483–2492, 1995. DOI: 10.2527/1995.7382483x

KOONG, L.J.; FERREL, C.L.; NIENABER, J.A. Assessment of interrelationships among levels of intake and production in growing animals. **Journal of Nutrition**, v.115, p.1383-1390, 1985.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347- 358, 1996. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](http://dx.doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3)

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, p.793-806, 1968. DOI: 10.2527/jas1968.273793x

MACHADO, F.S.; TOMICH, T.R.; FERREIRA, A.L.; CAVALCANTI, L.F.L.; CAMPOS, M.M.; PAIVA, C.A.V.; RIBAS, M.N.; PEREIRA, L.G.R. Technical note: A facility for respiration measurements in cattle. **Journal of Dairy Science**, v.99, p.1-8, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-10298>

MARCONDES, M.I; CHIZZOTTI, M.L; VALADARES FILHO, S.C; GIONBELLI, M.P.; PAULINO, P.V.R.; PAULINO, M.F. **Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte**. 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: UFV, DZO. 2010. p.85-112.

MARCONDES, M.I; DA SILVA, A.L.; GIONBELLI, M.P.; VALADARES FILHO, S.C. **Exigências nutricionais de energia para bovinos de corte**. In: VALADARES FILHO, S.C; COSTA E SILVA, L.F.; GIONBELLI, M.P.; ROTA, P.P.; MARCONDES, M.I; CHIZZOTTI, M.L.; PRADOS, L.F. Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados: BR-CORTE. 3ed. Viçosa: UFV, DZO. 2016. p.163-190.

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

MUÑOZ, C.; S. HUBE, J.M.; MORALES, T.Y.; UNGERFELD, E.M. Effects of concentrate supplementation on enteric methane emissions and milk production of grazing dairy cows. **Livestock Science**, v.175, p.37–46, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2015.02.001>

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of beef cattle**. 7ed. Washington, D.C., 2000. 249p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC, 2001.

OLIVEIRA FILHO, C.A.A.; MACHADO, F.S.; FERREIRA, A.L.; TOMICH, T.R.; MARURÍCIO, R.M.; CAMPOS, M.M.; SILVA, C.F.P.G.; OSS, D.B.; AZEVEDO, J.A.G.; PEREIRA, L.G.R. Consumo, digestibilidade e desempenho de novilhas leiteiras de distintas composições genéticas em planos nutricionais crescentes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, no prelo.

OSS, D.B.; MACHADO, F.S.; TOMICH, T.R.; PEREIRA, L.G.R.; CAMPOS, M.M.; CASTRO, M.M.D.; DA SILVA, T.E.; MARCONDES, M.I. Nutrient requirements of dairy crossbreed cattle. **Journal of Dairy Science**, no prelo.

PINARES-PATIÑO, C.S.; WAGHORN, G.C.; HEGARTY, R.S.; HOSKIN, S.O. Effects of intensification of pastoral farming on greenhouse gas emissions in New Zealand. **New Zealand Veterinary Journal**, v.57, p.252-261, 2009. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/00480169.2009.58618>

RAMIN, M.; HUHTANEN, P. Development of equations for predicting methane emissions from ruminants. **Journal of Dairy Science**, v.96, p.2476-2493, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6095>

RIBEIRO, L.G; MACHADO, F.S ; CAMPOS, M.M.; GUIMARAES JR, R ; TOMICH, T.R.; REIS, L.G.; COOMBS, C. Enteric methane mitigation strategies in ruminants: a review. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v.28, p.124-143, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.17533/udea.rccp.v28n2a02>

ROTTA, P.P.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; COSTA E SILVA, L.F.; PAULINO, M.F.; MARCONDES, M.I.; LOBO, A.A.G.; VILLADIEGO, F.A.C. Digesta sampling sites and marker methods for estimation of ruminal outflow in bulls fed different proportions of corn silage or sugar cane. **Journal of Animal Science**, v.92. p.2996-3006, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.2527/jas.2013-7364>.

SHIBATA, M.; TERADA, F. Factors affecting methane production and mitigation in ruminants. **Animal Science Journal**, v.81, p.2–10, 2010. DOI: 10.1111/j.1740-0929.2009.00687.x

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

SILVA, M.V.G.B.; CANAZA-CAYO, A.W. ; LOPES, P.S. ;COBUCI, J.A.; MARTINS, M. F.; PAIVA, L.C.; CEMBRANELLI, M.A.R.; Ferreira, M.B.D.; PANETTO, J.C.C. Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando: do teste de progénie às avaliações genômicas. **Informe Agropecuário** (Belo Horizonte), v.36, p.35-40, 2015.

SOLIS, J.C.; BYERS, F.M.; SCHELLING, G.T.; LONG, C.R.; GREENE, L.W. Maintenance requirements and energetic efficiency of cows of different breed types. **Journal of Animal Science**, v.66, p.764-773, 1988. DOI: 10.2527/jas1988.663764x

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS.(SAS®).Versão 9.1.3. User's Guide. Statistic; **Statistical Analysis Systems Institute**. Inc., Cary, NC, 2001.

VALADARES, R.F.D.; GONCALVES, L.C.; RODRÍGUEZ, N.M.; SAMPAIO, I.B.; VALADARES FILHO, S.C. Metodologia de coleta de urina em vacas utilizando sondas de Folley. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.26, p.1279-1282, 1997.

VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; SAINZ, R.D. Desafios metodológicos para determinação das exigências nutricionais de bovinos de corte no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia, GO. **Anais...** Goiânia, GO: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005. p.261-287.

VALADARES FILHO, S.C.; MARCONDES, M.I.; CHIZZOTI, M.L.; PAULINO, P.V.R. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados: BR-CORTE**. 2ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 193p.

VALADARES FILHO, S.C; COSTA E SILVA, L.F.; GIONBELLI, M.P.; ROTTA, P.P.; MARCONDES, M.I; CHIZZOTTI, M.L.; PRADOS, L.F. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados: BR-CORTE**. 3ed. Viçosa: UFV, DZO. 2016. p.163-190.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Non starch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991. DOI: [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

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

VALLIMONT, J.E.; DECHOW,C.D.; DAUBERT, J.M.; DEKLEVA, M.W.; BLUM, J.W.; BARLIEB, C.M.; LIU, W.; G.A.; VARGA, A.G.; HEINRICHS, A.J.; BAUMRUCKER, C.R. 2011. Short communication: Heritability of gross feed efficiency and associations with yield, intake, residual intake, body weight, and body condition score in 11 commercial Pennsylvania tie stalls. **Journal of Dairy Science**, v.94, p.2108–2113. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2010-3888>

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

XUE, B.; YAN,T.; FERRIS,C.F.;MAYNE,C.S. Milk production and energy efficiency of Holstein and Jersey-Holstein crossbred dairy cows offered diets containing grass silage. **Journal Dairy Science**, v.94, p.1455–1464, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2010-3663>

YAN, T.; PORTER, M.G. & MAYNE, C.S. Prediction of methane emission from beef cattle using data measured in indirect open circuit respiration calorimeters. **Animal**, v.3, p.1455–1462, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1017/S175173110900473>

YAN, T.; MAYNE, C.S.; GORDON, F.G.; PORTER, M.G.; AGNEW, R.E.; PATTERSON, D.C.; FERRIS, C.P.; KILPATRICK, D.J. Mitigation of enteric methane emissions through improving efficiency of energy utilization and productivity in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.2630-2638, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2929>

V – CONCLUSÕES FINAIS

Animais zebuínos são nutricionalmente mais eficientes em condições de restrição alimentar (menor oferta de alimentos), no entanto, em maiores níveis de oferta de alimentos são equivalentes a taurinos e cruzados.

O aumento da oferta de alimentos resultou em redução de produção de calor como proporção da energia bruta ingerida independente da composição genética.

Animais zebuínos ou mestiços (Holandês × Gir) não emitem mais metano em relação a animais taurinos criadas em condições tropicais, mas possuem menor exigência de EL_m e EM_m .

A realização de novos experimentos envolvendo diferentes raças leiteiras europeias e zebuínas e cruzamentos em diferentes estádios fisiológicos é importante para que as exigências nutricionais sejam estabelecidas para aplicação em condições brasileiras e que possam trazer impactos positivos à pecuária nacional.