

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**Consumo, digestibilidade, utilização da energia e emissão de metano
entérico em vacas Holandês e Girolando F1 submetidas a diferentes
planos nutricionais durante o período de transição**

**JOÃO PEDRO MATIELLO
Médico Veterinário/UDESC**

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

Área de Concentração: Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil
Março, 2018

CIP - Catalogação na Publicação

Matiello, João Pedro

Consumo, digestibilidade, utilização da energia e emissão de metano entérico em vacas Holandês e Girolando F1 submetidas a diferentes planos nutricionais durante o período de transição / João Pedro Matiello. -- 2018.

69 f.

Orientadora: Vivian Fischer.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Gado leiteiro. 2. Período de transição. 3. Emissão de metano. 4. Uso da energia. 5. Clima tropical. I. Fischer, Vivian, orient. II. Título.

João Pedro Matiello
Médico Veterinário

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM ZOOTECNIA

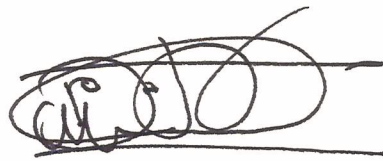
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovada em: 22.03.2018
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 02/05/2018
Por



VIVIAN FISCHER
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador



DANILO PEDRO STREIT JR.
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia



Luiz Gustavo Ribeiro Pereira
EMBRAPA



Elisa Cristina Modesto
UFRGS



Alexandre de Mello Kessler
UFRGS



CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de Agronomia

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes”.

Martin Luther King

Dedico este trabalho a meus pais, Pedro e Maria, por quem cheguei até aqui, e por quem seguirei em frente até o fim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família, meus pais, Pedro e Maria, e minha irmã, Julia, por terem sido e continuarem sendo os maiores pilares do homem que sou hoje. Vocês me ensinaram os melhores valores e que respeitá-los jamais terá um preço. Amo vocês!

Agradeço à minha namorada, amiga e companheira, Anna Laetícia, por estar sempre ao meu lado, em todos os momentos. Você me mostrou que não podemos mudar o início, mas que sempre podemos recomeçar em busca de um novo final. Te amo muito!

Agradeço à minha orientadora, Prof^a Vivian Fischer, por ter me aceitado como orientado e me acompanhado durante a difícil caminhada que foi o mestrado. Pelos ensinamentos repassados e pelo exemplo de ética e de ser humano, muito obrigado!

Agradeço aos meus amigos, por terem tornado o mestrado mais fácil e leve, por terem me suportado e me auxiliado em todos os momentos. Dentre todos, agradeço especialmente aos meus companheiros de pós, Luciano, Haendel, Evelyn, Fernando, Anne, Lorena, Guilherme, Roberta, Angélica, Naiane, Elissa e Luiz Augusto por terem sido parte ativa de todo o meu processo de formação humana e profissional ao longo destes 2 anos.

Agradeço aos meus colegas e amigos de Embrapa, por terem participado da parte experimental e auxiliado em uma etapa muito importante para a realização desse trabalho. Agradeço também aos funcionários da Embrapa que não mediram esforços para que o experimento fosse conduzido da melhor maneira possível.

Agradeço aos pesquisadores da Embrapa, pela idealização e pela contribuição imensurável à realização deste trabalho.

Agradeço especialmente às pessoas que, sem as quais, este trabalho não teria sido realizado: Eddy, Polinarte, Elissa, Sheila e Anne Rosi.

Agradeço à UFRGS, ao CNPq e à Embrapa por todo o suporte financeiro, tecnológico e intelectual para a realização desse trabalho.

A todos aqueles que contribuíram, com palavras ou ações, direta ou indiretamente, para que eu chegasse até este momento, meu muito obrigado.

¹ CONSUMO, DIGESTIBILIDADE, UTILIZAÇÃO DA ENERGIA E EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO EM VACAS HOLANDÊS E GIROLANDO F1 SUBMETIDAS A DIFERENTES PLANOS NUTRICIONAIS DURANTE O PERÍODO DE TRANSIÇÃO

Autor: João Pedro Matiello

Orientadora: Prof^a Dr^a Vivian Fischer

Os relatórios científicos relacionados com o período de transição das vacas leiteiras são principalmente realizados com animais de raças europeias e em climas temperados. Países com clima tropical estão ganhando importância como fornecedores de alimentos para o mundo e o estudo de raças adaptadas e integradas nessas regiões pode contribuir para o desenvolvimento de práticas de manejo alimentar que melhorem a eficiência bioeconômica dos sistemas de produção. Vinte e quatro animais da raça Holandesa (H) e Girolando F1 - ½ Holandês Gir (F1) foram utilizados durante o período pré-parto (12 H e 12 F1) e 16 animais no período pós-parto (8 H e 8 F1). Os animais foram alimentados com ração totalmente misturada, seguindo dois planos nutricionais antes do parto, com ofertas de 1,69 e 1,89% do peso vivo, com base na matéria seca. Após o parto, os animais foram alimentados *ad libitum*. Testes de digestibilidade aparente e avaliações em câmaras respirométricas foram realizados 21 dias antes do parto previsto e 21 dias após o parto. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado e os dados foram analisados por ANOVA e a comparação das médias entre os grupos foi realizada pelo teste de Tukey, com nível de significância de 5%. No período pré parto, houve algumas diferenças entre as composições raciais, com maior escore de condição corporal para os animais F1, sem diferença no consumo de matéria seca. Os animais submetidos ao plano 1,89 % apresentaram maior digestibilidade da matéria seca. A emissão e o rendimento do metano entérico foram semelhantes entre as duas composições raciais. Durante o período pós parto, os animais H apresentaram maior consumo de todos os nutrientes, com maior produção de leite e maior emissão de metano por unidade de peso corporal e peso metabólico. Não houve diferença na emissão de metano entérico por quilograma de leite ou leite corrigido para gordura entre composições raciais e planos nutricionais. A partição energética de ambas as composições foi similar, mas o maior escore de condição corporal, menor produção de leite e emissão de metano entérica total semelhante sugerem que os animais Girolando F1 criados em condições tropicais são menos eficientes energeticamente quando submetidos a planos nutricionais recomendados para manutenção de raças europeias.

Palavras-chave: gado leiteiro, período de transição, emissão de metano, uso da energia, clima tropical.

¹ Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (69p.), Março, 2018.

² INTAKE, DIGESTIBILITY, ENERGY USE AND EMISSION OF ENTERIC METHANE IN HOLSTEIN AND GIROLANDO F1 COWS SUBMITTED TO DIFFERENT NUTRITIONAL PLANS DURING THE TRANSITION PERIOD

Author: João Pedro Matiello

Adviser: Prof^a Dr^a Vivian Fischer

Scientific reports related to the transition period of dairy cows are mainly carried out with animals of European breeds and in temperate climates. Countries with a tropical climate are gaining importance as suppliers of food to the world and the study of breeds adapted and integrated in these regions can contribute to the development of food management practices that improve the bioeconomic efficiency of production systems. Twenty-four animals of Holstein (H) and Girolando F1 – ½ Holstein ½ Gir (F1) breed composition were used during the prepartum period (12 H and 12 F1), and 16 animals during the postpartum period (8 H and 8 F1). The animals were fed a total mixed ration, following two nutritional plans before calving, with offers of 1.69 and 1.89% of body weight, on a dry matter basis. After calving, the animals were fed *ad libitum*. Apparent digestibility assays and evaluations in respirometric chambers were performed 21 days before the expected calving and 21 days after calving. A completely randomized design was used and the data were analyzed by ANOVA and the comparison of the means between the groups was done by the Tukey's test, with significance level of 5 %. In the prepartum period, there were some differences between the breed composition, with a higher body condition score for F1 animals, with no difference in the dry matter intake. The animals subjected to the 1.89% plan presented higher digestibility of dry matter. The emission and yield of enteric methane was similar between both racial compositions. During the postpartum period, H animals presented higher intake of all nutrients, with higher milk production, and higher methane emission per unit of body weight and metabolic weight. There was no difference in the emission of enteric methane per kilogram of milk or fat corrected milk between breed compositions and nutritional plans. The energy partition of both compositions was similar, but the higher body condition score, lower milk yield, and similar total enteric methane emission suggest that Girolando F1 animals raised under tropical conditions are less energy efficient when subjected to nutritional plans recommended for the maintenance level of European breeds.

Keywords: dairy cattle, transition period, methane emission, energy use, tropical climate.

² Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (69p.), March, 2018.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| CAPÍTULO I | 11 |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL | 12 |
| 2. Revisão bibliográfica | 13 |
| 3. Hipótese e objetivo | 20 |
| CAPÍTULO II | 21 |
| Consumo, digestibilidade, utilização da energia e emissão de metano entérico em vacas Holandês e Girolando F1 submetidas a diferentes planos nutricionais durante o período de transição | 22 |
| CAPÍTULO III | 50 |
| 3.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 51 |
| 3.2 Referências | 52 |
| 3.3 Apêndice | 58 |
| VITA | 69 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Peso corporal (PC), escore de condição corporal (ECC) e idade ao início das mensurações de novilhas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais durante o período de transição | 27 |
| Tabela 2. Composição química da dieta experimental no pré e no pós parto.. | 28 |
| Tabela 3. Consumo e digestibilidades no período pré parto de novilhas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais..... | 43 |
| Tabela 4. Balanço de nitrogênio no período pré parto de novilhas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais..... | 43 |
| Tabela 5. Partição energética no período pré parto de novilhas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais..... | 44 |
| Tabela 6. Emissão de metano no período pré parto de novilhas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais..... | 45 |
| Tabela 7. Consumo e digestibilidades no período pós parto de primíparas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais.... | 46 |
| Tabela 8. Balanço de nitrogênio no período pós parto de primíparas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais..... | 46 |
| Tabela 9. Partição energética no período pós parto de primíparas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais..... | 47 |
| Tabela 10. Emissão de metano no período pós parto de primíparas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais..... | 48 |
| Tabela 11. Produção de leite, produção de leite corrigida para 4% de gordura e energia contida no leite de primíparas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais..... | 49 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

| | |
|------|--------------------------------|
| % | Porcentagem |
| AGVs | Ácidos graxos voláteis |
| g | Gramas |
| F1 | Girolando 1/2 Holandês 1/2 Gir |
| h | Horas |
| H | Holandês |
| kg | Quilogramas |
| l | Litros |
| m | Metros |
| Mcal | Megacalorias |
| ° C | Graus Celsius |

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

Com o aumento previsto da população mundial e a necessidade cada vez maior de se produzir alimentos em larga escala, o Brasil está diante da oportunidade de se consolidar ainda mais como uma das principais potências agrícolas do mundo. Além da produção destacada de grãos e de carne, o Brasil é o quarto maior produtor mundial de leite, embora não esteja entre os países com maior produtividade por animal. A melhoria nos índices de produtividade passa pelo conhecimento das exigências nutricionais do rebanho leiteiro nacional, composto majoritariamente por animais com origem nas raças Gir e Holandês.

O aumento da eficiência produtiva deve ser objetivo da criação de animais para assegurar abundância de alimentos e manter a lucratividade. Mais recentemente, emergiu o conceito de agricultura sustentável, o que incluiu os objetivos de manter e proteger os recursos naturais, promover o desenvolvimento sustentável e elevar o bem-estar dos animais e dos produtores. Dentro do setor leiteiro, avanços foram alcançados nas práticas de manejo, nutrição, saúde e genética visando o aumento da eficiência bioeconômica dos sistemas de produção. A utilização de genótipos que se adaptem ao clima e às práticas de manejo dos sistemas de produção é um dos principais caminhos a se seguir. Um dos principais limitantes para a produção de leite em clima tropical advém da dificuldade de adaptação das raças de origem europeia e do menor mérito genético das raças zebuínas em relação às taurinas. A raça Gir é conhecida por sua rusticidade, tolerância ao calor e parasitas, sendo um importante recurso genético para a produção de leite nos trópicos, já que possui linhagens leiteiras melhoradas e vem, há anos, passando por processos de seleção para a produção de leite.

Quase todo o excedente de produção de leite é gerado em zonas não tropicais, parte em função do melhoramento realizado nas raças locais há muito tempo e outra parte advindo do maior aporte de recursos, visto que alguns dos maiores produtores possuem políticas de subsídio aos produtores. Nas zonas de clima tropical, mesmo com elevadas densidades populacionais, a produção de leite ainda não está no mesmo patamar dos maiores produtores. O Brasil, devido ao seu território e poderio econômico frente aos demais países tropicais, assume papel central no desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias que venham a elevar a produção de alimentos nesse tipo de ambiente, de maneira a atender à crescente demanda global por alimentos.

O período de transição em vacas leiteiras, compreendido entre as três semanas anteriores ao parto e as três semanas posteriores a ele, é um momento chave para se compreender o metabolismo desses animais. Uma série de modificações fisiológicas ocorre nessa fase, envolvendo o final da gestação e o preparo para a parição, as quais terão impacto em toda a lactação do animal. Grande parte dos estudos científicos realizados até hoje foi baseada na criação de animais taurinos em condições de clima temperado, gerando uma lacuna de conhecimento acerca não só do período de transição, mas também do metabolismo e da fisiologia de animais leiteiros de origem zebuína em condições

de clima tropical. Essa lacuna dificulta a adoção de melhores práticas de manejo e a melhoria dos índices produtivos.

A pegada de carbono dos produtos consumidos pelos humanos passou a ser informação comum nos rótulos dos alimentos e para o leite e produtos lácteos, a emissão de metano entérico é representativamente importante. É formado naturalmente no trato gastrointestinal por *Archaea* metanogênicas e funciona como via de eliminação do excesso de hidrogênio da fermentação, porém é considerado gás causador de efeito estufa e representa perdas energéticas que pode chegar a 12% da energia consumida pelos ruminantes. A emissão de metano é influenciada pela quantidade e composição da dieta, sendo maior quando são fornecidas maiores quantidades de alimentos com elevados teores de carboidratos fibrosos. Dados gerados em condições tropicais são escassos e geralmente não contemplam a comparação de animais de diferentes composições raciais.

A utilização de calorimetria respirométrica para avaliação e determinação das exigências nutricionais de ruminantes não é recente, mas teve seu interesse renovado com a crescente demanda por maior sustentabilidade da pecuária. A calorimetria indireta permite avaliar a emissão de metano e a produção de calor pelos animais sem recorrer a métodos como o abate comparativo, que envolve o abate de animais. Apesar disso, a estrutura necessária para a realização de estudos calorimétricos apresenta custo elevado de implantação e manutenção, exigindo também conhecimento específico para condução dos experimentos.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o consumo, a digestibilidade, a utilização da energia e a emissão de metano entérico em vacas primíparas das composições raciais Holandês e Girolando F1 (1/2 Holandês e 1/2 Gir) sob diferentes planos alimentares durante o período de transição.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Produção de leite

A produção brasileira de leite, após anos de crescimento linear, vem caindo desde 2014, alcançando 33,625 bilhões de litros em 2016 (IBGE, 2017). Em 2017, com uma produção total nos três primeiros trimestres de 17,7 bilhões de litros (IBGE, 2017), espera-se uma retomada no crescimento do setor lácteo, visto que todos os trimestres avaliados cresceram na comparação com os respectivos trimestres de 2016. O estado de Minas Gerais é o maior produtor nacional, com 8,97 bilhões de litros/ano, concentrando 26,7% de toda a produção de leite no país (IBGE, 2017). A despeito da expressiva quantidade produzida, o Brasil tem uma média geral de 1709 litros/vaca/ano (IBGE, 2017) abaixo de países como os EUA, com uma média de 10.330 litros/vaca/ano, Holanda com 7.861 litros/vaca/ano, Reino Unido com 7.557 litros/vaca/ano e Alemanha com 7.127 litros/vaca/ano, o que representa uma baixa produtividade por animal.

De acordo com a FAO (2015), os países tropicais, notadamente o Brasil, desempenharão papel fundamental na produção de alimentos de forma sustentável. Para tanto, o desenvolvimento de tecnologias que possibilitem o

aumento da produção com redução do número de animais, área ocupada e utilização de recursos se faz necessária. A eficiência da produção de alimentos, que passa também pela diminuição dos custos produtivos, agregação de valor e diminuição do impacto ambiental também depende da implementação dessas tecnologias. Um importante componente dos custos produtivos é a alimentação do rebanho (Collard et al., 2000), e, para a adoção de medidas racionais no manejo alimentar de vacas leiteiras, que visem gerar retorno econômico e reduzir o impacto ambiental, é importante conhecer as exigências nutricionais de bovinos leiteiros, puros e mestiços em condições tropicais.

As condições econômicas na produção de leite desafiam os produtores a encontrar maneiras de elevar a lucratividade das propriedades para se manterem competitivos (White et al., 2002). Uma das maneiras de se elevar os lucros é o aumento da produtividade, a qual é definida como produção de leite por unidade de recurso utilizado (VandeHaar e St-Pierre, 2006). Vacas que produzem mais leite possuem uma maior eficiência produtiva porque uma maior parte dos nutrientes ingeridos é usada para a síntese de leite, diluindo os custos de manutenção (Baumgard et al., 2017).

Ao mesmo tempo em que possui uma elevada representatividade econômica, o rebanho bovino leiteiro brasileiro não possui informações relacionadas à esfera com estratégias de nutrição adequadas ao panorama nacional, utilizando por vezes dados de publicações estrangeiras, como o NRC (2001), o qual contém equações voltadas a animais de origem europeia e criados em sistemas intensivos ou semi-intensivos. Recentemente, Valadares Filho et al. (2016) publicaram resultados de avaliação de eficiência energética em animais cruzados (Holandês x Zebu) com aptidão leiteira, utilizando-se de calorimetria indireta. Tais dados vêm somar com os esforços de instituições de pesquisa e de universidades brasileiras na busca por uma pecuária mais competitiva e sustentável.

2.2 Composição racial

Os bovinos (*Bos taurus*) estão entre as primeiras espécies de animais domesticadas pelo ser humano, assim como os ovinos, os caprinos, os suínos e os cães. São divididos em duas subespécies, *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus*, que diferenciam o rebanho em animais de origem europeia e asiática, notadamente indiana, respectivamente. Os animais dessas subespécies possuem características morfológicas distintas, refletindo a diferença de ambiente no qual evoluíram e a orientação da seleção, para a produção de leite, carne ou ambos. Os animais das duas subespécies podem acasalar livremente entre si, produzindo descendentes férteis, sendo que os benefícios do cruzamento incluem a heterose e o potencial de introduzir características desejáveis de outra raça (Xue et al., 2011).

A raça Holandês tem origem incerta na Europa, e existem registros de animais malhados de preto e branco desde 2000 a. C. A partir do século XV, com uma melhoria nas condições de criação, a população bovina europeia cresceu exponencialmente, sofrendo ocasionais perdas com surtos de doenças

e, mais especificamente no caso da raça holandesa, inundações nas áreas pertencentes aos Países Baixos. A partir do século XVIII o rebanho bovino moderno dos Países Baixos começou a ser formado, tendo o seu melhoramento acelerado a partir da segunda metade do século XIX, registrando-se animais malhados de preto e branco ou vermelho e branco, voltados à produção de leite. Apesar do registro dos animais na Europa ter começado apenas em meados dos anos 1800, animais oriundos dos Países Baixos chegaram ao Brasil ainda no século XVI, após a chegada dos portugueses, sendo que o registro de animais no Brasil se iniciou em 1935. A raça Holandês se caracteriza por ser extremamente especializada, porém necessita de adequadas condições de clima e temperatura (Marques, 1976), sendo a raça de origem europeia mais difundida mundialmente para a exploração leiteira.

No início do século XX, com vistas a melhorar o rebanho brasileiro, principalmente o de corte, foi introduzida no Brasil a raça Gir, que apresenta animais mais rústicos, mais adaptados ao clima tropical e às condições de manejo encontradas na maior parte do Brasil do que os animais de origem europeia. A raça Gir é originária da região de Kathiawar, na Índia, e é considerada uma das raças zebuínas mais antigas domesticadas. Destaca-se fisicamente por ter cabeça com perfil ultra-convexo e os chifres voltados para trás e para baixo, sendo uma raça de dupla aptidão, servindo tanto para a produção de carne quanto de leite (Ledic, 2000; Faria et al., 2001).

Na década de 1930, após a observação de alguns animais de elevada produção leiteira, se iniciou uma seleção destes animais, a qual culminou na formação do atual Gir Leiteiro. Na década de 1940, iniciou-se o cruzamento de animais Gir com animais da raça Holandês, obtendo-se produtos chamados de Girolando. O objetivo do cruzamento entre raças é a associação de características produtivas das raças de origem europeia (taurinas) com a resistência e rusticidade das raças de origem asiática (zebuínas), gerando um animal mais adaptado ao clima tropical e com boa produtividade (Ruas et al., 2008). Esses animais possuíam características diferentes das suas raças formadoras, aliando características produtivas da raça Holandês com a rusticidade e adaptabilidade da raça Gir, o que resultou em uma rápida disseminação da nova raça. Embora a Raça Girolando tenha procurado fixar a combinação de 5/8 Holandês e 3/8 Gir, na prática ela é o produto do cruzamento do Holandês com o Gir com variados graus de sangue. Animais F1 possuem o maior grau de heterose entre os diferentes graus de sangue Holandês/Gir, apresentando melhores resultados econômicos frente a animais com maior grau de sangue europeu ou zebu (Madalena, 1990), com melhores índices de longevidade, taxa de mortalidade e descarte.

2.3 Ingestão alimentar e digestibilidade

A ingestão de alimentos pode ser definida como um comportamento auto-regulatório que promove a homeostase energética em animais adultos não produtivos (Mertens, 1996). Quando ocorrem mudanças nas exigências energéticas associadas a crescimento, ganho de peso, necessidades reprodutivas ou lactação, o controle de ingestão, adicionalmente à homeostase, passa a ser controlado por mecanismos homeorréticos (Bauman, 2000).

O principal mecanismo de controle fisiológico direto são provavelmente a distensão e o enchimento ruminal, as quais contribuem para terminar a refeição, especialmente quando a dieta é rica em fibras e pobre em energia (Bines, 1971). De acordo com Allen (1996), como a fibra em detergente neutro (FDN) normalmente fermenta e passa pelo rúmen-retículo mais lentamente do que os outros constituintes não fibrosos da dieta, ela tem um maior efeito de enchimento, constituindo, assim, no melhor parâmetro para predição da ingestão voluntária de matéria seca. Por outro lado, é improvável que a distensão afete o consumo quando dietas ricas em energia e pobres em fibra são ofertadas.

A capacidade de consumo alimentar dos ruminantes se deve, também, à variação genética (Weston, 1982), porém é difícil determinar seus efeitos. Além disso, o escore de condição corporal pode influenciar o consumo de alimentos. Garnsworthy e Topps (1982) postulam que o nível de gordura corporal tem um efeito inibitório sobre a ingestão de alimentos, quando ofertadas dietas completas *ad libitum*.

A ingestão é uma atividade consciente, o que permite inferir que outras atividades conscientes podem interagir para afetar o consumo de maneira que não são reguladas por qualquer mecanismo físico ou fisiológico de *feedback* (Mertens, 1996). As interações sociais entre animais dentro de um grupo podem estimulá-los a começar ou terminar uma refeição. Da mesma forma, as interações com o homem, como a frequência, tempo e método de alimentação ou cuidados e manipulação podem alterar o comportamento ingestivo.

Diferentes níveis de consumo têm sido observados quando se comparam animais leiteiros de origem europeia, zebuína e seus cruzamentos, observando-se menor consumo e pior conversão alimentar nos zebuínos (Alves et al., 2004). Uma menor capacidade do trato gastrointestinal e menores exigências de manutenção e produção desses animais podem ser responsáveis pelo menor consumo por unidade de tamanho metabólico (Peron et al., 1993), mas, as diferenças nas dietas fornecidas dificultam a comparação e distorcem os resultados quanto ao efeito do grupo genético.

Entre os fatores que influenciam diretamente a digestibilidade de um alimento, o nível de consumo é o mais importante (Forbes, 1995). Essa relação é inversamente proporcional, e envolve outros fatores como a taxa de passagem ruminal (Merchen, 1988), a qual está também inversamente relacionada com a digestibilidade.

2.4 Período de transição

O período que engloba os últimos 21 dias do período seco e os primeiros 21 dias de lactação é chamado de período de transição (Drackley, 1999). Nesse período, as vacas leiteiras, em especial as de alta produção, estão expostas a muitas alterações metabólicas e fisiológicas que ocorrem com a finalidade de sustentar a gestação, preparar para a parição e depois garantir o início da lactação. Esse período é marcado por mudanças metabólicas, envolvendo alterações no fígado, tecido adiposo, músculo esquelético, e ação de muitos hormônios que estão envolvidos na lactogênese e manutenção da lactação (Head & Gulay, 2001). Durante o período de transição, a nutrição se destaca como forma de prevenir doenças, pois é de suma importância para minimizar déficits energéticos e manter condição corporal adequada para que os animais tenham um bom final de gestação e período de lactação (Filho, 2011).

A compreensão das alterações hormonais e metabólicas nesse período é de fundamental importância para otimizar as recomendações nutricionais (Juchem et al., 2004). Para minimizar as alterações metabólicas, algumas alternativas têm sido sugeridas, como aumentar a densidade de nutrientes na dieta de vacas secas nos últimos 21 dias antes do parto, proporcionar conforto ambiental para minimizar a diminuição do apetite e incluir aditivos na dieta no pré e pós-parto (Juchem et al., 2004). Segundo Rebhun (2000) o consumo de matéria seca de uma vaca diminui no final da gestação de 14 para 12 kg com 3 semanas pré parto para 8 a 10 kg no dia do parto, acompanhado por um aumento da mobilização lipídica a partir de depósitos de gordura corporal e aumento da concentração de ácidos graxos não-esterificados (AGNEs), propiciando desenvolver uma lipidose hepática e cetose severas.

De acordo com Grummer & Rastani (2004), há uma redução de aproximadamente 30% no consumo alimentar nas últimas três semanas de gestação, passando de cerca de 1,9% do peso corporal (PC) no dia 21 pré-parto, a 1,3% do PC no dia anterior ao parto. Novilhas apresentam uma diminuição no CMS similar à observada no consumo de vacas, consumindo 1,7% e 1,3% do PC em MS aos 21 dias pré-parto e na véspera do parto, respectivamente. O teor de FDN da dieta parece ser o fator nutricional mais importante para amenizar o declínio no consumo (Hayirli et al. (2002). Devido ao menor consumo alimentar próximo ao parto, juntamente com uma maior exigência energética, a diminuição dos teores de FDN e o aumento da concentração energética da dieta podem ser maneiras de se satisfazer as necessidades energéticas dos animais. Duffield et al. (2009) acrescentaram que a capacidade da vaca em consumir energia suficiente durante esse período é um dos mais importantes contribuintes para o sucesso ou falha da lactação.

Uma importante ferramenta para o controle do manejo nutricional de rebanhos leiteiros e monitoramento de vacas recém-paridas é a avaliação do escore de condição corporal (ECC). Para vacas da raça Holandês, o ECC recomendado ao parto é de 3 pontos, em uma escala de 1 a 5, (Roche et al., 2009; Akbar et al., 2015) enquanto que para vacas zebuínas e cruzadas é de 3,5 pontos (Lopes et al., 2015). A condição corporal excessiva, além de estar negativamente relacionada com o consumo e o apetite no pós-parto (Drackley & Cardoso, 2014), está associada ao acúmulo de triglicerídeos no fígado (Drackley

et al., 2005). Além disso, vacas que parem com um ECC inferior a 3 apresentam menores produtividade e desempenho reprodutivo, ao passo que um ECC igual a superior a 3,5 está associado com menor produção leiteira e maior risco de ocorrência de distúrbios metabólicos (Roche et al., 2009).

2.5 Produção de calor

A manutenção da vida depende da transferência de energia de processos catabólicos para processos anabólicos, mas a conversão nunca é completa (Russel, 1986). A partição do calor produzido em termos metabólicos e fisiológicos é o aspecto mais difícil e controverso de todos os sistemas de determinação de exigências nutricionais (Ferrell e Oltjen, 2008). Os principais contribuintes para a produção de calor em um animal alimentado podem estar relacionados ao processamento da dieta, ao trabalho realizado para mastigação do alimento, ao peristaltismo do aparelho digestivo, ao calor da fermentação e ao incremento calórico associado à transformação dos nutrientes (Lawrence e Fowler, 1997). Parte da energia é dissipada na forma de calor. Quando a produção de calor aumenta, resta menos energia para o trabalho químico envolvido com os processos fisiológicos e a eficiência diminui.

Os processos metabólicos de uma vaca leiteira em lactação fornecem a energia para sustentar a vida, para síntese de novos tecidos e para lactação e secreção do leite. Porém, ocorrem perdas de energia sob a forma de metano entérico, gases respiratórios, fezes e urina (Kadzere et al., 2002). A produção de calor pode ser definida como a soma total das transformações de energia dentro do metabolismo de um animal por unidade de tempo (Yousef, 1985). Kadzere et al. (2002) descrevem que a produção de calor é controlada pelos sistemas nervoso e endócrino, diretamente através da modificação do apetite e dos processos digestivos e indiretamente através de alterações da atividade de enzimas respiratórias e síntese proteica. Outros fatores que influenciam a produção de calor em mamíferos incluem tamanho corporal, meio ambiente, espécie animal, raça e disponibilidade de alimentos e água (Kadzere et al., 2002). Webster et al. (1976) descrevem outros mecanismos de geração de calor, incluindo o custo de comer e ruminar, o calor produzido pela fermentação no rúmen e o aumento do calor produzido pelos tecidos do fígado e pelo intestino como incremento de calor.

2.6 Emissão de metano

Os ruminantes e a sua microbiota ruminal evoluíram de forma conjunta, explorando um nicho baseado na conversão de carboidratos complexos de plantas em energia que beneficia ambos, o hospedeiro e os micro-organismos simbióticos. Dentre esses micro-organismos existem bactérias, protozoários e fungos. O ambiente ruminal é anaeróbio, onde a degradação de material vegetal ocorre mais rapidamente comparado com outros ambientes anaeróbios como pântanos e estuários, além de ter produtos finais diferentes. No rúmen-retículo e intestino grosso, carboidratos simples e complexos são hidrolisados em sacarídeos de 5 e 6 carbonos através da atividade enzimática microbiana. Esses sacarídeos são fermentados em ácidos graxos voláteis através de vias complexas que geram equivalentes redutores (hidrogênio metabólico), o qual é

convertido em H_2 , e o H_2 é então convertido em metano através da seguinte reação: $CO_2 + 8 H \rightarrow CH_4 + 2 H_2O$. A dissolução do H_2 inibe as vias da fermentação ruminal e, se não for removido pelos micro-organismos metanogênicos, reduzirá o total de carboidratos degradados, a taxa de crescimento microbiano e a síntese de proteína microbiana (McAllister e Newbold, 2008). A biohidrogenação de ácidos graxos oferece um caminho alternativo à metanogênese. A degradação de proteína alimentar e sua incorporação em proteína microbiana podem resultar em maior consumo ou produção de hidrogênio (Hungate, 1966; Czerkawski, 1986). Como consequência das complexas vias metabólicas em que o H_2 está envolvido no retículo-rúmen, mudanças na produção de AGVs, biohidrogenação, metabolismo microbiano de nitrogênio e crescimento microbiano serão alterados, e assim, a produção total de metano.

O metano (CH_4) é um gás de efeito estufa que permanece na atmosfera por 9 a 15 anos. O metano é cerca de 20 vezes mais efetivo em aprisionar o calor na atmosfera do que o dióxido de carbono (CO_2) e é emitido por uma série de fontes naturais relacionadas aos seres humanos, as chamadas fontes antropogênicas. O metano de origem antropogênica é responsável por 50 a 65% do total mundial de emissões (Kirschke et al., 2013). A pecuária é o maior contribuinte para o seu acúmulo na atmosfera. A fermentação entérica dos ruminantes é responsável pela maior parte das emissões totais de metano na pecuária, especialmente na Europa, América do Norte, Nova Zelândia e Austrália, onde ovinos, bovinos de corte e leite são fontes primárias de alimentos para os humanos. Globalmente, o setor pecuário é responsável por 37% de todas as emissões de metano antropogênico (Steinfeld et al., 2006). Porém, em uma base mundial, animais leiteiros, incluindo animais não lactantes e gado de corte oriundo de raças leiteiras, contribuem com somente 4% de todas as emissões antropogênicas de gases de efeito estufa (GEE) (Gerber et al., 2010). Em muitos países desenvolvidos, a contribuição da produção de leite para as emissões de GEE é menor, devido à alta produtividade dos rebanhos (Hagemann et al., 2011). Entretanto, em países desenvolvidos onde a agricultura pastoril é uma porção significativa da economia (Irlanda e Nova Zelândia) ou em países em desenvolvimento com grandes rebanhos (Brasil e Índia), a criação de ruminantes pode ser um grande contribuinte para as emissões individuais de GEE. O gado ruminante perde aproximadamente 6% da energia ingerida como metano através de eructação (Johnson et al., 1995). O metano contém 55,22 MJ/kg (Brouwer, 1965), e representa uma perda significativa da energia consumida pelos animais dentro do sistema produtivo.

Ao presente momento, existe uma crescente pressão para reduzir as emissões de gases de efeito estufa em todos os setores da economia e, portanto, se verifica um interesse crescente na pesquisa científica para reduzir a emissão de metano entérico pelos ruminantes. Muitas alternativas já se provaram eficazes para diminuir a emissão de metano entérico pelos ruminantes, como o uso de aditivos alimentares (óleos essenciais e ionóforos), defaunação (eliminação de protozoários) e imunização (Moss et al., 2000; Boadi et al., 2004). Embora algumas dessas estratégias possuam potencial, elas ainda não demonstraram bom funcionamento prático. Existe pequena informação na

literatura sobre as emissões de metano de vacas leiteiras lactantes com diferentes capacidades de partição energética e eficiência de utilização de energia. A produção de metano varia em função da população de ruminantes, de seu nível produtivo e dos sistemas de manejo de dejetos e, por consequência, os países ou regiões com maiores rebanhos contribuirão com maiores quantidades totais de metano. A criação de ruminantes desempenhará um papel fundamental no futuro em termos da segurança alimentar mundial porque existem muito mais áreas pastoreáveis, inúteis para a alimentação humana, do que áreas cultiváveis (Gill et al., 2010) e os ruminantes podem transformar pastagens em alimentos de alta qualidade para os seres humanos.

Para identificar estratégias efetivas de mitigação, medições precisas e repetíveis são necessárias. Vários métodos diretos e indiretos foram usados para quantificar as emissões de metano *in vivo*, sendo que a mais técnica mais comum é a calorimetria respirométrica (circuito fechado ou aberto) e a de gases marcadores (hexafluoreto de enxofre - SF₆) (Kebreab et al., 2006). Comparações entre os sistemas de mensuração identificaram uma série de diferenças (Muñoz et al., 2012), e o uso de câmaras respirométricas permanece como padrão ouro nas pesquisas que envolvem animais confinados.

Estudos sobre o metabolismo energético de ruminantes demonstraram que animais mais eficientes perdem menos calor (Nkrumah et al., 2006; Castro Bulle et al., 2007), e emitem menos metano por kg de produto produzido, seja leite ou carne (Hegarty et al., 2007). Dentro desse conceito é possível afirmar que a determinação da emissão de metano e da produção de calor é importante para se conhecer a eficiência dos rebanhos nas condições tropicais, sejam eles compostos de animais taurinos, zebuínos ou mestiços.

3. Hipótese e objetivo

Hipótese

- A composição racial influencia o consumo, a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, a utilização da energia e a emissão de metano entérico de vacas primíparas sob diferentes planos nutricionais durante o período de transição.

Objetivo geral

- O objetivo do presente estudo foi avaliar o consumo, a digestibilidade, a utilização da energia e a emissão de metano entérico em vacas primíparas das composições raciais Holandês e Girolando F1 (½ Holandês e ½ Gir) sob diferentes planos nutricionais durante o período de transição.

CAPÍTULO II

CONSUMO, DIGESTIBILIDADE, UTILIZAÇÃO DA ENERGIA E EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO EM VACAS HOLANDÊS E GIROLANDO F1 SUBMETIDAS A DIFERENTES PLANOS NUTRICIONAIS DURANTE O PERÍODO DE TRANSIÇÃO ³

³Artigo a ser enviado ao Journal Animal (Cambridge, online)

Consumo, digestibilidade, utilização da energia e emissão de metano entérico em vacas Holandês e Girolando F1 submetidas a diferentes planos nutricionais durante o período de transição

J.P. Matiello¹, V. Fischer¹, L.G.R. Pereira², F.S. Machado², A.R. Guadagnin¹, E.F. Vizzotto¹ e S.C.B. Stivanin¹

¹*Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Avenida Bento Gonçalves, 7712, 91540-000, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.*

²*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Gado de Leite, Avenida Eugênio do Nascimento, 610, 36038-330, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil.*

Metabolismo de vacas leiteiras em condições tropicais

Abstract

Energy metabolism in the transition period of dairy cows in the tropics is not well established. Energy assessment involves the determination of energy use, methane emissions, and heat production. The objective of this study was to evaluate the intake, digestibility, energy partition, nitrogen balance and methane emission during the transition period. Twenty-four animals of Holstein (H) and Girolando F1 – ½ Holstein ½ Gir (F1) breed composition were used during the prepartum period (12 H and 12 F1), and 16 animals during the postpartum period (8 H and 8 F1). The animals were fed a total mixed ration, following two nutritional plans before calving, with offers of 1.69 and 1.89% of body weight, on a dry matter basis. After calving, the animals were fed *ad libitum*. Apparent digestibility assays and evaluations in respirometric chambers were performed 21 days before the expected calving and 21 days after calving. A

completely randomized design was used and the data were analyzed by ANOVA and the comparison of the means between the groups was done by the Tukey's test, with significance level of 5 %. In the prepartum period, there were some differences between the breed composition, with a higher body condition score for F1 animals, with no difference in the dry matter intake. The animals subjected to the 1.89% plan presented higher digestibility of dry matter. The emission and yield of enteric methane was similar between both racial compositions. There was no difference in energy partition and nitrogen balance between racial compositions and nutritional plans. During the postpartum period, H animals presented higher intake of all nutrients, with higher milk production, and higher methane emission per unit of body weight and metabolic weight. There was no difference in the emission of enteric methane per kilogram of milk or fat corrected milk between breed compositions and nutritional plans. The energy partition of both compositions was similar, but the higher body condition score, lower milk yield, and similar total enteric methane emission suggest that Girolando F1 animals raised under tropical conditions are less energy efficient when subjected to nutritional plans recommended for the maintenance level of European breeds.

Palavras-chave: gado leiteiro, período de transição, emissão de metano, calorimetria, clima tropical.

Implicações

O período de transição de vacas leiteiras é um momento de grandes mudanças metabólicas e fisiológicas no organismo desses animais, sendo extremamente importante para a saúde, produção e rentabilidade dos animais. A falta de informações sobre as exigências nutricionais durante o período de transição de animais Girolando,

criados em condições tropicais implica em ineficiência produtiva. O estudo das diferenças na partição energética e de nitrogênio entre composições raciais submetidas a diferentes planos nutricionais em ambiente tropical permitirá melhor compreensão do metabolismo e da fisiologia de vacas leiteiras durante o período de transição.

Introdução

O contínuo crescimento do consumo e da população exige que a produção de alimentos cresça exponencialmente nos próximos anos. Nos últimos 50 anos, a produção de alimentos já se elevou de maneira a diminuir a proporção de pessoas que sofrem com a fome, mesmo com a duplicação da população (Godfray, 2010). O mundo está enfrentando novos desafios, como a perspectiva de crescimento da população para um nível de 9 bilhões de pessoas em 2050 (Evans, 2009). Ao mesmo tempo em que o consumo de alimentos se eleva, os produtores lidam com recursos cada vez mais escassos ou caros, tendo que diminuir o impacto ambiental de suas atividades (Tilman et al., 2001).

O aumento da demanda por produtos lácteos nos próximos 50 anos se dará, além do aumento da renda per capita, porque os produtos lácteos atendem eficientemente as necessidades nutricionais humanas do ponto de vista das práticas agrícolas (Britt et al., 2018). A produção de leite utiliza menos área para produzir 1 g de proteína prontamente digestível do que outras criações animais e alguns produtos vegetais (Clark & Tilman, 2017). Para se atender a essa demanda, deve existir um balanço entre produção interna e importações, possibilitando a expansão da pecuária leiteira em locais onde existe capacidade de expansão agrícola (Gerosa & Skoet, 2012). Tilman et al. (2001) estimam que o ambiente tropical pode contribuir

com até 1 bilhão de novos hectares para a produção de alimentos até 2050. Para o desenvolvimento de uma produção de alimentos mais eficiente e sustentável, novas práticas que visem reduzir o uso de recursos e potencializem a geração de produtos devem ser elaboradas de maneira holística, com vários pontos a serem melhor compreendidos (Foley, 2011).

A introdução de raças leiteiras mais especializadas em ambiente tropical acabou por trazer problemas de adaptabilidade a esses animais. Animais bem adaptados são caracterizados por pequena perda de produção durante os períodos de estresse, com melhor eficiência reprodutiva, maior resistência a doenças, maior longevidade e menor mortalidade do que os animais não adaptados (McManus et al., 2009). Animais altamente produtivos de origem europeia sempre produzirão leite de maneira menos eficiente do que animais resistentes ao calor, quando criados em locais de elevada temperatura e umidade (Mellado et al., 2011). Buscando-se conciliar as características do ambiente tropical e as características de produtividade dos animais, a utilização de mestiços de animais de origem europeia e zebuína é uma alternativa viável (Azevedo et al., 2005), tanto do ponto de vista econômico quanto em relação ao bem-estar animal (Madalena et al., 2012).

O período de transição, compreendido entre as três semanas anteriores ao parto e as três semanas subsequentes ao mesmo (Drackley, 1999), é crítico para determinar o bem-estar e a produtividade das vacas leiteiras durante a lactação subsequente. Não há outro momento na vida produtiva de uma vaca leiteira com mais mudanças endócrinas do que o período de transição (Grummer et al., 2004). Ao mesmo tempo em que o perfil hormonal se altera, mudanças metabólicas essenciais ocorrem para facilitar a mobilização de nutrientes das reservas maternas, priorizando

a síntese de leite (Grummer et al., 2004). A adoção de práticas de manejo inadequadas durante este período leva ao aparecimento de vários distúrbios metabólicos, com impacto direto sobre a produção de leite, imunidade e fertilidade dos animais (Drackley & Cardoso, 2014). Em relação a outros períodos da vida produtiva de uma vaca leiteira, existe pouco conhecimento sobre como funcionam os processos fisiológicos durante a transição, normalmente baseado em animais criados sob sistema intensivo, em ambiente subtropical ou temperado.

Existe uma necessidade de se aprimorar o conhecimento sobre os mecanismos que regulam o metabolismo energético das vacas leiteiras, de maneira a se melhorar a eficiência da produção de leite, a saúde e o bem-estar animal (Derno et al., 2009). A utilização de câmaras respirométricas para este fim, além de auxiliar a identificar animais mais eficientes, permite quantificar a emissão de metano entérico e desenvolver estratégias mais eficientes para a mitigação de sua emissão (Machado et al., 2016).

Para se determinar as exigências nutricionais de vacas leiteiras de diferentes composições raciais, criadas em ambiente tropical, foi realizado um experimento com vacas Holandês, Gir e Girolando F1 ($\frac{1}{2}$ Holandês e $\frac{1}{2}$ Gir) durante todo o período gestacional. O objetivo do presente estudo foi avaliar o consumo, a digestibilidade, a utilização da energia e a emissão de metano entérico em vacas primíparas das composições raciais Holandês e Girolando F1 ($\frac{1}{2}$ Holandês e $\frac{1}{2}$ Gir) sob diferentes planos alimentares durante o período de transição.

Material e métodos

Local e animais

O experimento foi realizado nas dependências do Complexo Multiusuário de Bioeficiência e Sustentabilidade da Pecuária, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), em Coronel Pacheco, MG, Brasil. Todos os procedimentos foram aprovados pelo Comitê de Ética da Embrapa Gado de Leite, sob o número de protocolo 25/2015. O período de avaliações e coleta de dados iniciou em 28/03/2016 e foi encerrado em 30/12/2016. Foram utilizadas 24 novilhas gestantes no período pré-parto, sendo 12 novilhas ½ Sangue Holandês e Gir e 12 novilhas Holandês. No período pós-parto foram utilizadas 16 vacas, sendo 8 vacas ½ Sangue Holandês e Gir e 8 vacas Holandês (Tabela 1). A redução do número de animais avaliados deu-se em virtude da retirada de animais que não sustentaram uma produção diária de 5 kg de leite aos 21 dias pós parto.

Tabela 1. Peso corporal (PC), escore de condição corporal (ECC) e idade ao início das mensurações de novilhas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais durante o período de transição

| Atributos/Planos Nutricionais | Composição Racial | | | |
|----------------------------------|-------------------|----------------|-----------------------|----------------|
| | Holandês | | F1 (½ Holandês ½ Gir) | |
| | 1,69% | 1,89% | 1,69% | 1,89% |
| PC Pré parto (kg) | 730,71 ± 89,48 | 760,33 ± 55,92 | 780,45 ± 37,59 | 840,5 ± 100,29 |
| PC Pós parto (kg) | 598,25 ± 47,12 | 602,19 ± 66,56 | 664,17 ± 79,25 | 778,3 ± 74,73 |
| ECC Pré parto | 3,88 ± 0,38 | 4 ± 0,27 | 4,3 ± 0,45 | 4,68 ± 0,24 |
| ECC Pós parto | 3,13 ± 0,35 | 3,25 ± 0,35 | 4 ± 0,25 | 4,15 ± 0,34 |
| Idade (anos) | 4 ± 0 | 4,17 ± 0,41 | 4,4 ± 0,55 | 4 ± 1 |

O ECC foi avaliado em uma escala de 1 a 5.

Dieta experimental

Os animais foram divididos em dois planos nutricionais durante a gestação: do início até os 190 dias de gestação, metade dos animais de cada grupo genético foi alimentada ao nível de manutenção, fornecendo-se uma dieta basal na forma de ração totalmente misturada (RTM) ofertada em 1,26% do PC, e dos 190 dias até o parto, forneceu-se uma dieta basal ofertada em 1,69% do PC. Os demais animais receberam uma dieta basal ofertada em 1,89% do PC, do início ao final da gestação. O valor de 1,26% do PC foi estimado de acordo com o NRC (2001), como sendo a exigência diária de manutenção dos animais, e foi elevada aos 190 dias de gestação em virtude do aumento das exigências para a manutenção da gestação e crescimento fetal (NRC, 2001). No pós parto, todos os animais receberam a mesma dieta ofertada *ad libitum*. A composição da dieta pode ser observada na tabela 2.

Tabela 2. Composição química da dieta experimental no pré e no pós parto

| Composição da RTM | | |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|
| Ingredientes (kg/100kg MS) | Dieta Pré parto | Dieta Pós parto |
| Silagem de milho | 44,6 | 62 |
| Silagem de sorgo | 37,4 | - |
| Grão de milho moído | 11,6 | 14,2 |
| Farelo de soja | 5,6 | 19,8 |
| Mistura mineral | 0,6 | 1 |
| Calcário | 0,1 | 0,6 |
| Bicarbonato de sódio | - | 1 |
| Ureia | - | 0,6 |
| Sulfato de amônio | - | 0,4 |
| Óxido de magnésio | - | 0,3 |
| Fosfato bicálcio | - | 0,1 |
| Composição bromatológica | | |
| Energia bruta (Mcal/kg MS) | 4,4 | 4,4 |
| Extrato etéreo (%) | 3,5 | 3,3 |
| Proteína bruta (%) | 13,5 | 16,5 |
| Fibra em detergente neutro (%) | 46,8 | 32,4 |
| Fibra em detergente ácido (%) | 28,3 | 18,2 |

Determinação de consumo e coeficientes de digestibilidade

Os animais foram alojados em baias individuais do tipo *tie-stall* (2,5 x 1,2 m), com piso emborrachado (WingFlex, Kraiburg TPE GmbH & Co., Walkraiburg, Alemanha). Os animais possuíam acesso à água *ad libitum*. A dieta era ajustada semanalmente para o conteúdo de matéria seca da silagem. Os animais foram alimentados duas vezes por dia, às 0800 h e às 1600 h, e as sobras foram removidas e pesadas todos os dias antes do fornecimento da RTM.

Para estimar as digestibilidades e o balanço de nitrogênio foram realizados dois ensaios de digestibilidades aparente *in vivo*, o primeiro realizado 21 dias antes da data prevista do parto e o segundo aos 21 dias pós parto. A produção fecal foi determinada através da coleta total de fezes durante 5 dias no período pré parto e por 3 dias no período pós parto. Recipientes plásticos apropriadamente identificados foram usados para coleta individual de fezes. O material fecal produzido por cada animal foi pesado duas vezes por dia, às 0830 h e às 1630 h, e depois da homogeneização do conteúdo de cada recipiente, aproximadamente 500 g foram amostrados. Amostras da TMR e das sobras foram feitas diariamente, durante todo o período dos ensaios, armazenadas em câmara fria a -10 °C para posterior processamento e análise. Após o descongelamento, dieta, sobras e fezes foram secas em estufas de ventilação forçada a 55 °C por 72 h e moídas em moinho de facas do tipo Wiley (A. H. Thomas, Philadelphia, PA, EUA). Fezes e sobras foram misturadas em pool individual de cada ensaio para cada animal, baseado na quantidade diária das mesmas.

A coleta total de urina foi realizada com o uso de sondas intravesicais de Foley (RÜSCH Foley Catheter, Teleflex Medical Europe Ltd, Co. Westmeath, Irlanda) nos primeiros 2 dias da coleta de fezes. As sondas foram conectadas a mangueiras que

conduziam a urina para recipientes plásticos de polietileno, que foram mantidos imersos em gelo. Após 24 h de coleta, a urina foi pesada e teve seu volume mensurado, sendo homogeneizada para amostragem de 50 mL, as quais foram armazenadas em câmara fria a -10 °C para análise do conteúdo de energia e de nitrogênio.

As amostras de silagem de milho e sorgo, concentrado, sobras e fezes foram analisadas quanto aos teores de matéria seca e matéria mineral, de acordo com o método 930.15 descrito no AOAC, 1990; de energia bruta, utilizando um calorímetro adiabático (IKA – C5000, IKA Works, Staufen, Alemanha); de proteína bruta, de acordo com o método 984.13, descrito no AOAC, 1990; de extrato etéreo, utilizando um aparelho do tipo Soxhlet e de fibra em detergente neutro, utilizando a metodologia proposta por Van Soest (1991). As amostras de urina foram analisadas quanto ao teor de energia e proteína brutas da mesma maneira que as demais amostras.

O consumo de matéria seca foi realizado diretamente, através da diferença entre a quantidade ofertada e as sobras. Os coeficientes de digestibilidades foram determinados através da seguinte equação: % digestibilidades = $((\text{Consumo} - \text{Sobras}) / \text{Consumo}) * 100$. O balanço de nitrogênio foi calculado de acordo com a equação: $N \text{ Retido} = N \text{ ingerido} - (N \text{ fecal} + N \text{ urinário} + N \text{ leite})$.

Respirometria e emissão de metano entérico

Depois da realização dos ensaios de digestibilidades aparente, o consumo de oxigênio (O₂) e emissão de dióxido de carbono (CO₂) e metano entérico (CH₄) foram mensurados com o uso de 4 câmaras respiratórias de sistema aberto, de acordo com as especificações e procedimentos descritos por Machado et al. (2016).

Iniciando no momento do fornecimento da RTM, dois períodos de 22 h dentro das câmaras respirométricas foram obtidos por cada animal, aleatoriamente colocados dentro das câmaras. O consumo de matéria seca dentro das câmaras foi mensurado e comparado com a média dos ensaios de digestibilidade de cada animal, e quando o consumo caiu mais de 5 %, a leitura dentro da câmara foi repetida. O procedimento para determinar o consumo de matéria seca foi idêntico ao realizado durante os ensaios de digestibilidade. Os animais foram pesados antes da entrada nas câmaras. Dentro de cada período de 22 h, as trocas gasosas obtidas para cada ciclo de 200 segundos foram usadas para calcular as trocas diárias, extrapolando-se os dados obtidos. O ar dentro das câmaras respirométricas foi mantido a 24 °C, com umidade relativa de 60 %.

Partição energética

O consumo de energia bruta (CEB) e as energias fecal (EB Fezes) e urinária (EB Urina) diários foram obtidos através da multiplicação do consumo de matéria seca (CMS) e da matéria seca das fezes e da urina pelo seu respectivo conteúdo energético. O consumo de energia digestível (CED) foi calculado como a diferença entre o CEB e a EB Fezes. O consumo de energia metabolizável (CEM) foi calculado como a diferença entre o CED e a soma da EB Urina e da energia do metano entérico (EB Metano), assumida como 9,45 Kcal/L (Brouwer, 1965). A retenção de energia (E Ret) foi calculada como a diferença entre o CEM e a produção de calor (PC Total). A PC Total foi determinada com base no consumo de O₂ (L/dia), emissão de CO₂ e CH₄ (L/dia), e excreção de nitrogênio urinário (g/dia), usando a equação de Brouwer (1965).

Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o uso do software SAS (versão 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA). Os dados foram analisados usando-se ANOVA e um delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2x2, usando-se o procedimento MIXED, considerando o animal como unidade experimental, e as composições raciais H e F1 e planos nutricionais 1,69% e 1,89% como efeitos fixos, de acordo com o seguinte modelo:

$Y_{ijk} = m + CR_i + PN_j + CRPN_{ij} + E_{ijk}$, onde:

m = média geral; CR_i = Composição Racial; PN_j = Plano Nutricional; $CRPN_{ij}$ = Composição Racial*Plano Nutricional; E_{ijk} = erro.

A comparação entre as médias foi realizada utilizando-se o teste de Tukey, com o nível de significância de 5% para todos os testes.

Resultados

Período pré-parto

A digestibilidade da matéria seca (DMS) foi maior ($P < 0,05$) para o plano nutricional 1,89%. A produção de calor por unidade de peso metabólico (PCPM) foi inferior ($P < 0,05$) para os animais F1 submetidos ao plano nutricional 1,89% em relação aos animais H do mesmo plano nutricional. A emissão de metano por kg de FDN consumido (CH_4 FDN) foi maior ($P < 0,05$) para o plano nutricional 1,89%. O ECC foi diferente ($P < 0,05$) entre as composições raciais, com valores de 3,94 para os animais H e 4,49 para os animais F1. As demais variáveis avaliadas não apresentaram diferença ($P > 0,05$).

Período pós-parto

O CMS, o consumo de matéria seca por unidade de peso metabólico (CMSPM), o consumo de nitrogênio (CN) e o consumo de energia bruta (CEB) foram superiores ($P < 0,05$) para os animais H. A PCPM foi superior ($P < 0,05$) para os animais H e para os submetidos ao plano nutricional 1,69%, quando comparados com os animais F1 e ao plano 1,89%, respectivamente. As emissões de metano por unidade de peso corporal (CH_4 PC) e por unidade de peso metabólico (CH_4 PM) foram superiores ($P < 0,05$) para os animais H. A produção de leite foi superior ($P < 0,05$) para os animais H quando comparada com os animais F1. O ECC foi diferente ($P < 0,05$) entre as composições raciais, com valores de 3,98 para os animais H e 4,81 para os animais F1. As demais variáveis avaliadas não apresentaram diferença ($P > 0,05$).

Discussão

Período pré parto

Os principais controles fisiológicos de curto prazo que regulam o consumo voluntário são provavelmente a distensão e o enchimento ruminal (Mertens, 1996), porém Conrad et al. (1964) sugeriram que existe um limite na digestibilidade no qual a limitação do CMS pela distensão e enchimento é substituída pela limitação através da satisfação energética. As dietas fornecidas no período pré parto não foram capazes de promover diferenças no CMS provavelmente devido à pequena diferença de quantidade ofertada entre as mesmas e à limitação física proporcionada por uma elevada relação volumoso:concentrado, o que resultou em torno de 47 % de FDN.

Com a redução da ingestão de alimento, Gonçalves et al. (1991) verificaram elevação da DMS. O NRC (2001) reporta que menores CMS estão associados com maior aproveitamento devido ao maior tempo de retenção dos nutrientes. Rennó et al.

(2005) não notaram efeito de grupo genético sobre os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, em trabalho com animais Holandês, Gir, Guzerá e seus cruzamentos meio-sangue, o que condiz com os resultados do presente estudo.

A menor PCPM pode estar relacionada com fatores como adaptação climática e termorregulação (Freetly et al., 2003), com os animais F1 submetidos ao plano 1,89 % com menor PCPM provavelmente devido ao menor CMS desses animais.

A expressão das métricas de metano por unidade de peso metabólica foi realizado em função das grandes diferenças de peso corporal (White & Seymour, 2005). Os animais submetidos ao plano 1,89 % apresentaram maior produção numérica de metano total, o que, amparado por consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) e digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) estatisticamente iguais entre os planos nutricionais, permite inferi-la como causa provável de sua maior CH₄FDN.

A adoção de diferentes planos nutricionais durante a gestação não se mostrou eficaz para modificar o ECC dos animais. Em relação ao metabolismo, as vacas de raças taurinas apresentam maior deposição de gordura visceral quando comparadas às zebuínas, as quais apresentam maior deposição subcutânea (Carvalho et al., 2009). A adoção de planos nutricionais voltados para a manutenção de animais taurinos pode refletir em maior ganho de peso e ECC em animais mestiços, visto que animais F1 Holandês x Gir apresentam exigência de manutenção intermediária em relação às raças puras parentais (Borges et al., 2015), como observado nesse estudo. Um maior ECC à época de parição está associado com maior incidência de desordens metabólicas (Garnsworthy et al., 2008) e problemas reprodutivos (Drackley, 2016).

Período pós-parto

O consumo de alimentos está relacionado com os níveis de produção de leite (Xue et al., 2011). No período pós-parto, com uma dieta *ad libitum*, o maior CMS e CMSPM dos animais H em relação aos animais F1 pode ser explicado pela maior produção de leite das vacas H, uma vez que todos os animais receberam a mesma dieta durante o pós parto, à vontade, e foram mantidos no mesmo ambiente. O CN e o CEB estão diretamente relacionados com esse maior CMS. O menor CMS dos animais F1 pode estar relacionado com o maior ECC pré parto, consoante com Grummer et al. (2004).

De acordo com Johnson et al. (1995), uma maior DMS está diretamente ligada à maior produção de CH₄. Ao passo que o CMS e o CMSPM foram maiores para os animais H, e sua DMS foi semelhante à dos animais F1, se espera que o CH₄ seja maior, o que não foi verificado nesse estudo, haja vista que o CH₄ foi semelhante para ambas as composições raciais. Pode-se supor que a perda energética dos animais F1 na forma de CH₄ durante o período pós parto foi maior do que a dos animais H. As maiores CH₄PC e CH₄PM dos animais H estão relacionadas com o seu menor peso corporal.

A emissão de metano por quilograma de leite produzido (CH₄ Leite) foi semelhante entre as composições raciais, mesmo com menor produção de leite dos animais F1. Esse fato reforça a suposição de que a perda energética na forma de CH₄ foi maior para os animais F1 do que para os animais H. Diversos fatores influenciam a quantidade de leite produzido durante a lactação, e dentre eles, estão quantidade de tecido secretório, fotoperíodo, calor, variações de quantidade ou qualidade da dieta, persistência da lactação e o potencial genético do animal (Collier, 2017). Em vacas leiteiras, cerca de 75% das diferenças na produção de leite são ligadas ao

ambiente, enquanto 25% se devem à genética da vaca (Mitchell et al., 1961). O ambiente inclui o manejo do animal, contato físico, o local onde o animal habita ou circula, o manejo alimentar e fatores estressantes ao bem-estar como doenças e stress climático. Outro fator envolvido com a produção de leite, principalmente em animais zebuínos, é a presença do bezerro durante a ordenha. Apesar de que as vacas utilizadas tenham como origem mães pertencentes a um rebanho onde a separação do bezerro é o procedimento padrão, o estresse devido à separação realizada no momento do primeiro parto pode ter influenciado na menor produção e persistência de lactação. Na criação de animais mestiços normalmente existe a necessidade do contato do bezerro com a mãe ou a amamentação natural durante a ordenha, como estímulo para a ejeção do leite (Combellas et al., 2003). Além disso, apesar de os animais serem condicionados para o contato com a sala de ordenha e com os funcionários, não se pode afirmar que houve uma habituação satisfatória dos animais ao manejo de ordenha durante a gestação, o que também pode ter contribuído para um maior estresse e uma menor produção dos animais F1.

A emissão de metano entérico é um problema global tratando-se de poluição atmosférica, sendo mais apropriado que o impacto ambiental do CH_4 seja expresso por unidade de leite produzido (Chagunda et al., 2009). Robinson et al. (2010) descreveram a correção do leite para gordura como sendo uma variável que se ajusta ao seu constituinte mais importante economicamente a fim de criar um valor de produção de leite que pode ser usado para comparar a produção de diferentes vacas ou grupos de vacas. A CH_4 Leite e a emissão de metano por quilograma de leite corrigido para 4 % de gordura (CH_4 LCG 4%) semelhantes entre os animais H e F1 sugerem que os mesmos possuem impacto ambiental similar, mesmo que a produção total de leite tenha sido maior nos animais H.

A maior PCPM dos animais H pode estar ligada ao maior CMS desses animais, somado à maior produção de leite, quando comparados aos animais F1. Em relação aos animais submetidos ao plano 1,69 %, a maior necessidade energética para síntese de leite, somada ao maior CMS numérico desses animais, pode ter elevado a PCPM, consoante com Moe (1981).

Existem diferenças com relação à partição de nutrientes no início da lactação. O alto mérito genético das raças taurinas para produção de leite parece ser a resposta para as principais diferenças metabólicas entre as raças no período de transição. A partição de nutrientes das raças taurinas durante a transição prioriza a produção de leite (Gaugnard et al., 2012). A gordura visceral é metabolizada de forma mais rápida e em maiores quantidades que a subcutânea, e é uma das razões por que os animais taurinos têm maiores perdas de peso e ECC após o parto quando comparados aos zebuínos (Thompson et al., 1983). Nos animais zebuínos, por outro lado, além da produção de leite ser mais baixa, ela não é uma das prioridades durante a partição de nutrientes após o parto (Borges et al., 2015).

A ausência de diferenças entre a partição energética e o balanço de nitrogênio em ambos os períodos avaliados demonstra que animais H e F1, quando submetidos a um plano nutricional recomendado para manutenção ou superior à manutenção de animais taurinos, possuem metabolismo semelhante. Porém, o rendimento e intensidade da emissão de metano semelhantes entre as composições raciais, quando somados aos maiores ECC e PC e à menor produção de leite dos animais F1, sugere que a perda energética dos últimos é superior, tornando-os menos eficientes nessas condições.

A hipótese de trabalho foi que a composição racial influencia o consumo, a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, a utilização da energia, a emissão de metano entérico e o balanço de nitrogênio de vacas primíparas sob diferentes planos nutricionais durante o período de transição. A hipótese foi parcialmente aceita, ao observar-se que as composições raciais variaram em consumo, produção de metano entérico e utilização da energia, sendo semelhantes em rendimento e intensidade de metano entérico e em relação ao balanço de nitrogênio.

Conclusões

Animais Holandês e Girolando F1 apresentaram poucas diferenças no período pré parto, sendo o ECC superior dos animais F1 devido à sobrealimentação ocorrida em função da utilização de planos nutricionais voltados a animais taurinos. No pós parto, a diferença de ECC se manteve, causando impacto direto no menor consumo e produção de leite desses animais. As métricas de utilização de energia semelhantes entre as composições raciais sugerem metabolismo semelhante entre ambas. Porém, avaliando as perdas energéticas superiores dos animais F1 na forma de deposição de gordura corporal durante o período de transição e da intensidade de produção de metano entérico durante o pós parto, se conclui que os animais F1 criados em condições tropicais, quando submetidos a planos nutricionais recomendados, no mínimo, para a manutenção de animais taurinos, são menos eficientes no uso da energia consumida. Os planos nutricionais utilizados não foram capazes de promover grandes alterações durante o período de transição.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e foi realizado com o auxílio do

Centro Nacional de Pesquisa em Gado Leiteiro da Embrapa, seus funcionários e colaboradores.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

Avaliação do Comitê de Ética

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Embrapa sob o número de protocolo 25/2015.

Referências

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Washington, DC, USA.

Azevedo M et al. 2005. Estimativas de níveis críticos para vacas leiteiras $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, e $\frac{7}{8}$ Holandês-Zebu em lactação. Revista Brasileira de Zootecnia, 34, 2000-2008.

Borges ALCC et al. 2015. Desempenho nutricional de bovinos leiteiros. Informe Agropecuário, 36, 88-99.

Britt JH et al. 2018. Invited review: Learning from the future – a vision for dairy farms and cows in 2067. Journal of Dairy Science, 101, 1-20.

Brouwer E. 1965. Report of sub-committee on constants and factors. In: Symposium of Energy Metabolism held at European Association for Animal Production, EAAP Academic, London England.

Carvalho BC et al. 2009. Avaliação de diferentes manejos pré parto sobre o peso e o escore de condição corporal de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu. Revista Brasileira de Ciência Veterinária, 16, 62-67.

Chagunda MGG et al. 2009. Effect of genotype and feeding regime on enteric methane, non-milk nitrogen and performance of dairy cows during the winter feeding period. Livestock Science, 122, 323-332.

Clark M, Tilman D 2017. Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. *Environmental Research Letters*, 12, 1-12.

Collier R et al. 2017. Regulation of factors affecting milk yield. In: *Nutrients in dairy and their implications for health and disease*, 3-17.

Combellas J et al. 2003. Effect of calf stimulation during milking on milk yield and fat content *Bos indicus* x *Bos taurus* cows. *Livestock Production Science*, 79, 227-232.

Conrad HR et al. 1964. Regulation of feed intake in dairy cows 1. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *Journal of Dairy Science*, 47, 54-62.

Derno M et al. 2009. Technical note: a new facility for continuous respiration measurements in lactating cows. *Journal of Dairy Science*, 92, 2804-2808.

Drackley JK 1999. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *Journal of Dairy Science*, 82, 2259-2273.

Drackley JK, Cardoso FC 2014. Prepartum and postpartum nutritional management to optimize fertility in high-yielding dairy cows in confined TMR systems. *Animal*, 8, 5-14.

Drackley JK 2016. The importance of BCS management to cow welfare, performance and fertility. *WCDS Advances in Dairy Technology*, 28, 195-206.

Evans A 2009. *The feeding of the nine billion: global food security*. Chatam House, London, England.

Freetly HC et al. 2003. Relationship between aging and nutritionally controlled growth rate on heat production of heifers. *Journal of Animal Science*, 81, 1847-1852.

Foley JA et al. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478, 337-342.

Garnsworthy PC et al. 2008. Integration of physiological mechanisms that influence fertility in dairy cows. *Animal*, 2, 1144-1152.

Gerosa S, Skoet J 2012. Milk availability: trends in production and demand and medium-term outlook. In: ESA Working Paper No. 12-01. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Godfray HCJ et al. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327, 812-818.

Gonçalves LC et al. 1991. Consumo e digestibilidade da matéria seca e da energia em zebuínos e taurinos, seus mestiços e bubalinos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 20, 384-395.

Graugnard DE et al. 2012. Blood immunometabolic índices and polymorphonuclear neutrophil function in peripartum dairy cows are altered by level of dietary energy prepartum. *Journal of Dairy Science*, 95, 1749-1758.

Grummer RR, Rastani RR 2004. Why reevaluate dry period length? *Journal of Dairy Science*, 87, 77-85.

Johnson KA, Johnson DE 1995. Methane emissions from cattle, *Journal of Animal Science*, 73, 2483-2492.

Machado FS et al. 2016. Technical note: a facility for respiration measurements in cattle. *Journal of Dairy Science*, 99, 4899-4906.

Madalena FE et al. 2012. Dairy cattle genetics and its applications in Brazil. *Livestock Research for Rural Development*, 24, 1-49.

McManus C et al. 2009. Heat tolerance in Brazilian sheep: physiological and blood parameters. *Tropical Animal Health Production*, 41, 95-101.

Mellado M et al. 2011. Lactation performance of Holstein and Holstein x Gyr cattle under intensive condition in a subtropical environment. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14, 927-931.

Mertens DR 1996. Methods in modelling feeding behaviour and intake in herbivores. In: *Annales de zootechnie*, 153-164, EDP Sciences, Les Ulis, France.

Mitchell RG et al. 1961. Heritability, phenotypic and genetic correlations between type ratings and milk and fat production in Holstein-Friesian cattle. *Journal of Dairy Science*, 44, 1502-1510.

Moe PW 1981. Energy metabolism of dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 64, 1120-1139.

National Research Council (NRC). 2001. *Nutrients Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, DC, USA.

Rennó LN et al. 2005. Níveis de ureia na ração de novilhos de quatro grupos genéticos: consume e digestibilidades totais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 1775-1785.

Robinson PH, Erasmus LJ 2010. Feed efficiency and lactating cows: expressing and interpreting it. In: *Proceedings of the 31^o Western Nutrition Conference*, Saskatoon, SK. Animal Nutrition Association of Canada, Ottawa, ON, Canada. p. 289-295.

Thompson WR et al. 1983. Influence of body composition on energy requirement of beef cows during winter. *Journal of Animal Science*, 56, 1241-1252.

Tilman D et al. 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*, 292, 281-284.

Van Soest PJ et al. 1991. Methods for dietary fiber, neutral-detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.

White CR, Seymour RS 2005. Allometric scaling of mammalian metabolism. *Journal of Experimental Biology*, 208, 1611-1619.

Xue B et al. 2011. Milk production and energy efficiency of Holstein and Jersey-Holstein crossbred dairy cows offered diets containing grass silage. *Journal of Dairy Science*, 94, 1455-1464.

Tabela 3. Consumo e digestibilidades no período pré parto de novilhas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais

| Var/Trat | Comp. Racial | | Plano Nut. | | Comp. Racial x Plano Nut. | | | | EPM | Efeito (p-valor) | | |
|----------|--------------|-------|------------|---------|---------------------------|----------|---------|---------|--------|------------------|---------|---------|
| | Hol | F1 | 1,69 | 1,89 | Hol*1,69 | Hol*1,89 | F1*1,69 | F1*1,89 | | CR | PN | CR x PN |
| CMS | 11,32 | 10,65 | 11,13 | 10,84 | 10,91 | 11,72 | 11,34 | 9,96 | 0,4228 | 0,4456 | 0,7426 | 0,2166 |
| CMSPM | 78,98 | 69,94 | 76,76 | 72,16 | 77,19 | 80,76 | 76,32 | 63,56 | 3,0517 | 0,1374 | 0,4398 | 0,1772 |
| CFDN | 4,36 | 4,37 | 4,40 | 4,32 | 4,21 | 4,50 | 4,59 | 4,15 | 0,13 | 0,9671 | 0,7899 | 0,2012 |
| DMS | 59,06 | 58,97 | 56,77 B | 61,25 A | 57,26 | 60,85 | 56,28 | 61,66 | 0,9827 | 0,9619 | 0,0261* | 0,6356 |
| DFDN | 31,07 | 34,83 | 29,36 | 36,54 | 28,94 | 33,21 | 29,79 | 39,87 | 2,3464 | 0,4294 | 0,1395 | 0,5405 |

CMS: consumo voluntário de matéria seca (kg/dia), CMSPM: consumo de matéria seca em função do peso metabólico (g/kg PM), CFDN: consumo de fibra em detergente neutro (kg/dia), DMS: digestibilidade da matéria seca (%), DFDN: digestibilidade da FDN (%). EPM: erro padrão da média. Foram utilizadas as letras A e B para a diferenciação entre tratamentos quando $P \leq 0,05$, com maiúsculas para diferenciação de ofertas dentro das composições raciais e minúsculas entre composições raciais. *: $P \leq 0,05$ e $> 0,01$; **: $P \leq 0,01$.

Tabela 4. Balanço de nitrogênio no período pré parto de novilhas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais

| Var/Trat | Comp. Racial | | Plano Nut. | | Comp. Racial x Plano Nut. | | | | EPM | Efeito (p-valor) | | |
|-------------|--------------|--------|------------|--------|---------------------------|----------|---------|---------|--------|------------------|--------|---------|
| | Hol | F1 | 1,69 | 1,89 | Hol*1,69 | Hol*1,89 | F1*1,69 | F1*1,89 | | CR | PN | CR x PN |
| CN | 196,97 | 179,81 | 195,91 | 180,86 | 194,35 | 199,58 | 197,47 | 162,14 | 8,1494 | 0,287 | 0,352 | 0,209 |
| N Fecal | 85,94 | 78,57 | 88,33 | 76,18 | 86,67 | 85,21 | 90,00 | 67,14 | 3,7858 | 0,3086 | 0,1005 | 0,1451 |
| N Dig | 51,89 | 49,84 | 51,08 | 50,65 | 51,44 | 52,34 | 50,73 | 48,96 | 1,9417 | 0,6284 | 0,9185 | 0,7516 |
| N Urina | 68,26 | 63,42 | 63,39 | 68,28 | 62,86 | 73,66 | 63,93 | 62,91 | 2,7865 | 0,4031 | 0,3985 | 0,3096 |
| N Ret | 26,31 | 20,03 | 28,05 | 18,29 | 29,08 | 23,55 | 27,03 | 13,04 | 5,4373 | 0,5875 | 0,4018 | 0,7136 |
| N Ret/N Dig | 0,24 | 0,05 | 0,28 | 0,01 | 0,29 | 0,18 | 0,26 | -0,16 | 0,1050 | 0,3914 | 0,2171 | 0,4604 |

CN: consumo de nitrogênio (g/dia), N Fecal: nitrogênio fecal (g/dia), N Dig: digestibilidade do nitrogênio (%), N Urina: nitrogênio urinário (g/dia), N Ret: nitrogênio retido (g/dia). EPM: erro padrão da média. Foram utilizadas as letras A e B para a diferenciação entre tratamentos quando $P \leq 0,05$, com maiúsculas para diferenciação de ofertas dentro das composições raciais e minúsculas entre composições raciais. *: $P \leq 0,05$ e $> 0,01$; **: $P \leq 0,01$.

Tabela 5. Partição energética no período pré parto de novilhas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais

| Var/Trat | Comp. Racial | | Plano Nut. | | Comp. Racial x Plano Nut. | | | | EPM | Efeito (p-valor) | | |
|----------------|--------------|----------|------------|--------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|------------------|--------|---------|
| | Hol | F1 | 1,69 | 1,89 | Hol*1,69 | Hol*1,89 | F1*1,69 | F1*1,89 | | CR | PN | CR x PN |
| CEB | 49,52 | 45,21 | 48,25 | 46,48 | 49,64 | 49,39 | 46,85 | 43,57 | 1,9279 | 0,4763 | 0,7673 | 0,7996 |
| EB Fezes | 20,35 | 17,80 | 20,90 | 17,26 | 21,60 | 19,10 | 20,19 | 15,41 | 0,7311 | 0,2545 | 0,1177 | 0,5965 |
| CED | 29,17 | 27,40 | 27,35 | 29,22 | 28,05 | 30,29 | 26,65 | 28,16 | 1,4591 | 0,6775 | 0,6587 | 0,9308 |
| EB Urina | 0,71 | 0,70 | 0,67 | 0,73 | 0,67 | 0,76 | 0,68 | 0,71 | 0,0256 | 0,8274 | 0,3968 | 0,6854 |
| EB Metano | 3,22 | 3,35 | 2,96 | 3,62 | 2,73 | 3,71 | 3,18 | 3,52 | 0,1578 | 0,7545 | 0,1381 | 0,4467 |
| CEM | 25,24 | 23,35 | 23,72 | 24,87 | 24,65 | 25,82 | 22,78 | 23,92 | 1,7609 | 0,6534 | 0,7821 | 0,997 |
| PCPM | 182,19 A | 164,18 B | 173,19 | 173,18 | 174,6 Aa | 189,79 Aa | 171,78 Aa | 156,57 Ab | 3,8936 | 0,0092** | 0,9989 | 0,0233* |
| PC Total | 30,60 | 30,71 | 29,88 | 31,42 | 29,13 | 32,07 | 30,63 | 30,78 | 0,5333 | 0,931 | 0,1689 | 0,2036 |
| E Ret | -0,28 | -0,67 | -0,57 | -0,38 | 0,54 | -1,09 | -1,68 | 0,34 | 1,3710 | 0,9019 | 0,9526 | 0,575 |
| Uso da Energia | | | | | | | | | | | | |
| ED/EB | 0,60 | 0,62 | 0,59 B | 0,63 A | 0,59 | 0,62 | 0,59 | 0,64 | 0,0100 | 0,561 | 0,048* | 0,902 |
| Met EM/EB | 0,50 | 0,52 | 0,49 | 0,53 | 0,49 | 0,51 | 0,49 | 0,54 | 0,0144 | 0,5978 | 0,2177 | 0,674 |
| EM/ED | 0,86 | 0,85 | 0,87 | 0,84 | 0,88 | 0,84 | 0,85 | 0,85 | 0,0108 | 0,657 | 0,4011 | 0,6092 |

CEB: consumo de energia bruta (Mcal/dia), EB Fezes: energia fecal (Mcal/dia), CED: consumo de energia digestível (Mcal/dia), EB Urina: energia urinária (Mcal/dia), EB Metano: energia do metano entérico (Mcal/dia), CEM: consumo de energia metabolizável (Mcal/dia), PCPM: produção de calor por unidade de peso metabólico (Mcal/dia/kg PM), PC Total: produção total de calor (Mcal/dia), E Ret: energia retida (Mcal/dia), ED/EB (%), Met EM/EB: metabolizabilidade (%), EM/EM (%). EPM: erro padrão da média. Foram utilizadas as letras A e B para a diferenciação entre tratamentos quando $P \leq 0,05$, com maiúsculas para diferenciação de ofertas dentro das composições raciais e minúsculas entre composições raciais. *: $P \leq 0,05$ e $> 0,01$; **: $P \leq 0,01$.

Tabela 6. Emissão de metano no período pré parto de novilhas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais

| Var/Trat | Comp. Racial | | Plano Nut. | | Comp. Racial x Plano Nut. | | | | EPM | Efeito (p-valor) | | |
|-------------------------|--------------|--------|------------|---------|---------------------------|----------|---------|---------|---------|------------------|---------|---------|
| | Hol | F1 | 1,69 | 1,89 | Hol*1,69 | Hol*1,89 | F1*1,69 | F1*1,89 | | CR | PN | CR x PN |
| CH ₄ | 244,69 | 262,50 | 231,63 | 275,56 | 207,48 | 281,89 | 255,78 | 269,22 | 11,9685 | 0,4712 | 0,0914 | 0,227 |
| CH ₄ PC | 0,34 | 0,33 | 0,31 | 0,35 | 0,29 | 0,38 | 0,33 | 0,33 | 0,0125 | 0,8455 | 0,123 | 0,123 |
| CH ₄ PM | 1,74 | 1,74 | 1,63 | 1,86 | 1,52 | 1,96 | 1,74 | 1,75 | 0,0652 | 0,9821 | 0,1039 | 0,1296 |
| CH ₄ MS | 23,25 | 26,45 | 21,01 | 28,68 | 18,92 | 27,57 | 23,11 | 29,79 | 1,9821 | 0,434 | 0,0765 | 0,8072 |
| CH ₄ FDN | 55,67 | 61,03 | 52,12 B | 64,57 A | 48,04 | 63,29 | 56,20 | 65,86 | 2,8759 | 0,3478 | 0,0425* | 0,6198 |
| CH ₄ MS Dig | 40,60 | 44,92 | 38,09 | 47,42 | 35,04 | 46,15 | 41,14 | 48,69 | 3,2658 | 0,5497 | 0,2081 | 0,8043 |
| CH ₄ FDN Dig | 188,10 | 179,68 | 192,46 | 175,32 | 183,11 | 193,09 | 201,82 | 157,55 | 12,7733 | 0,766 | 0,5467 | 0,3459 |

CH₄: emissão de metano (g/dia), CH₄PC: emissão de metano por unidade de peso corporal (g/kg PC), CH₄PM: emissão de metano por unidade de peso metabólico (g/kg PM), CH₄MS: emissão de metano em função do CMS (g/kg CMS), CH₄FDN: emissão de metano em função do FDN consumido (g/kg FDN), CH₄MS Dig: emissão de metano em função da MS digestível (g/kg MS dig), CH₄FDN Dig: emissão de metano em função da FDN digestível (g/kg FDN dig). EPM: erro padrão da média. Foram utilizadas as letras A e B para a diferenciação entre tratamentos quando P≤0,05, com maiúsculas para diferenciação de ofertas dentro das composições raciais e minúsculas entre composições raciais. *: P≤0,05 e >0,01; **: P≤0,01.

Tabela 7. Consumo e digestibilidades no período pós parto de primíparas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais

| Var/Trat | Comp. Racial | | Plano Nut. | | Comp. Racial x Plano Nut. | | | | EPM | Efeito (p-valor) | | |
|----------|--------------|----------|------------|--------|---------------------------|----------|---------|---------|--------|------------------|--------|---------|
| | Hol | F1 | 1,69 | 1,89 | Hol*1,69 | Hol*1,89 | F1*1,69 | F1*1,89 | | CR | PN | CR x PN |
| CMS | 19,52 A | 16,21 B | 18,19 | 17,54 | 20,65 | 18,38 | 15,74 | 16,69 | 0,7500 | 0,024* | 0,6192 | 0,2231 |
| CMSPM | 141,21 A | 102,00 B | 128,33 | 114,87 | 152,55 | 129,86 | 104,12 | 99,88 | 6,7085 | 0,0007** | 0,1444 | 0,2937 |
| CFDN | 7,05 | 6,09 | 6,77 | 6,37 | 7,46 | 6,64 | 6,07 | 6,11 | 0,29 | 0,1063 | 0,4940 | 0,4485 |
| DMS | 69,33 | 70,62 | 69,60 | 70,34 | 67,49 | 71,17 | 71,71 | 69,52 | 0,8167 | 0,4394 | 0,6538 | 0,0951 |
| DFDN | 50,76 | 54,23 | 52,76 | 52,23 | 47,01 | 54,51 | 58,50 | 49,95 | 2,1107 | 0,4197 | 0,901 | 0,0787 |

CMS: consumo voluntário de matéria seca (kg/dia), CMSPM: consumo de matéria seca em função do peso metabólico (g/kg PM), CFDN: consumo de fibra em detergente neutro (kg/dia), DMS: digestibilidade da matéria seca (%), DFDN: digestibilidade da FDN (%). EPM: erro padrão da média. Foram utilizadas as letras A e B para a diferenciação entre tratamentos quando $P \leq 0,05$, com maiúsculas para diferenciação de ofertas dentro das composições raciais e minúsculas entre composições raciais. *: $P \leq 0,05$ e $> 0,01$; **: $P \leq 0,01$.

Tabela 8. Balanço de nitrogênio no período pós parto de primíparas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais

| Var/Trat | Comp. Racial | | Plano Nut. | | Comp. Racial x Plano Nut. | | | | EPM | Efeito (p-valor) | | |
|-------------|--------------|----------|------------|--------|---------------------------|----------|---------|---------|---------|------------------|--------|---------|
| | Hol | F1 | 1,69 | 1,89 | Hol*1,69 | Hol*1,89 | F1*1,69 | F1*1,89 | | CR | PN | CR x PN |
| CN | 365,00 A | 253,09 B | 308,42 | 309,67 | 392,50 | 337,50 | 224,33 | 281,84 | 24,2860 | 0,0243* | 0,9772 | 0,2163 |
| N Fecal | 100,00 | 74,00 | 92,50 | 81,50 | 115,00 | 85,00 | 70,00 | 78,00 | 7,5554 | 0,093 | 0,4528 | 0,2059 |
| N Dig | 72,20 | 70,56 | 69,49 | 73,28 | 70,59 | 73,82 | 68,38 | 72,74 | 1,4387 | 0,6017 | 0,2417 | 0,8565 |
| N Urina | 238,98 | 220,24 | 232,74 | 226,48 | 233,92 | 244,04 | 231,55 | 208,92 | 10,3693 | 0,4146 | 0,7864 | 0,474 |
| N Ret | -36,33 | -90,65 | -83,99 | -42,99 | -24,95 | -47,72 | -143,04 | -38,26 | 23,9582 | 0,317 | 0,4445 | 0,245 |
| N Ret/N Dig | -0,23 | -0,76 | -0,68 | -0,31 | -0,13 | -0,32 | -1,23 | -0,30 | 0,1481 | 0,0739 | 0,1919 | 0,0644 |

CN: consumo de nitrogênio (g/dia), N Fecal: nitrogênio fecal (g/dia), N Dig: digestibilidade do nitrogênio (%), N Urina: nitrogênio urinário (g/dia), N Ret: nitrogênio retido (g/dia). EPM: erro padrão da média. Foram utilizadas as letras A e B para a diferenciação entre tratamentos quando $P \leq 0,05$, com maiúsculas para diferenciação de ofertas dentro das composições raciais e minúsculas entre composições raciais. *: $P \leq 0,05$ e $> 0,01$; **: $P \leq 0,01$.

Tabela 9. Partição energética no período pós parto de primíparas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais

| Var/Trat | Comp. Racial | | Plano Nut. | | Comp. Racial x Plano Nut. | | | | EPM | Efeito (p-valor) | | |
|----------------|--------------|----------|------------|----------|---------------------------|----------|---------|---------|--------|------------------|---------|---------|
| | Hol | F1 | 1,69 | 1,89 | Hol*1,69 | Hol*1,89 | F1*1,69 | F1*1,89 | | CR | PN | CR x PN |
| CEB | 70,13 A | 51,54 B | 55,46 | 66,20 | 73,01 | 67,25 | 37,92 | 65,15 | 3,1341 | 0,0386* | 0,1912 | 0,0595 |
| EB Fezes | 19,73 | 13,65 | 16,43 | 16,94 | 22,44 | 17,02 | 10,43 | 16,87 | 1,2055 | 0,0669 | 0,8643 | 0,0726 |
| CED | 50,40 | 37,89 | 39,03 | 49,26 | 50,58 | 50,23 | 27,49 | 48,29 | 2,4006 | 0,0818 | 0,1425 | 0,1312 |
| EB Urina | 1,27 | 1,03 | 1,04 | 1,26 | 1,15 | 1,40 | 0,93 | 1,13 | 0,0800 | 0,2428 | 0,271 | 0,9088 |
| EB Metano | 4,05 | 3,01 | 3,53 | 3,53 | 4,60 | 3,51 | 2,47 | 3,55 | 0,2249 | 0,1042 | 0,9898 | 0,0936 |
| CEM | 45,08 | 33,85 | 34,46 | 44,47 | 44,83 | 45,34 | 24,09 | 43,61 | 2,7035 | 0,0991 | 0,1349 | 0,1531 |
| PCPM | 214,03 A | 176,99 B | 203,81 A | 187,21 B | 220,35 | 207,72 | 187,27 | 166,70 | 6,2467 | 0,0001** | 0,0271* | 0,5553 |
| PC Total | 25,91 | 23,02 | 24,35 | 24,57 | 26,58 | 25,24 | 22,13 | 23,91 | 0,6172 | 0,1145 | 0,8965 | 0,3668 |
| E Ret | -7,40 | -8,50 | -12,56 | -3,33 | -7,77 | -7,02 | -17,34 | 0,35 | 2,1709 | 0,812 | 0,0697 | 0,0963 |
| Uso da Energia | | | | | | | | | | | | |
| ED/EB | 0,72 | 0,74 | 0,71 | 0,75 | 0,69 | 0,75 | 0,73 | 0,75 | 0,0125 | 0,383 | 0,138 | 0,3427 |
| Met EM/EB | 0,58 | 0,58 | 0,56 | 0,61 | 0,55 | 0,61 | 0,57 | 0,60 | 0,0167 | 0,9638 | 0,2871 | 0,7454 |
| EM/ED | 0,88 | 0,88 | 0,87 | 0,89 | 0,87 | 0,89 | 0,87 | 0,89 | 0,0050 | 0,7046 | 0,2199 | 0,844 |

CEB: consumo de energia bruta (Mcal/dia), EB Fezes: energia fecal (Mcal/dia), CED: consumo de energia digestível (Mcal/dia), EB Urina: energia urinária (Mcal/dia), EB Metano: energia do metano entérico (Mcal/dia), CEM: consumo de energia metabolizável (Mcal/dia), PCPM: produção de calor por unidade de peso metabólico (Mcal/dia/kg PM), PC Total: produção total de calor (Mcal/dia), E Ret: energia retida (Mcal/dia), ED/EB (%), Met EM/EB: metabolizabilidade (%), EM/EM (%). EPM: erro padrão da média. Foram utilizadas as letras A e B para a diferenciação entre tratamentos quando $P \leq 0,05$, com maiúsculas para diferenciação de ofertas dentro das composições raciais e minúsculas entre composições raciais. *: $P \leq 0,05$ e $> 0,01$; **: $P \leq 0,01$.

Tabela 10. Emissão de metano no período pós parto de primíparas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais

| Var/Trat | Comp. Racial | | Plano Nut. | | Comp. Racial x Plano Nut. | | | | EPM | Efeito (p-valor) | | |
|-------------------------|--------------|--------|------------|--------|---------------------------|----------|---------|---------|---------|------------------|--------|---------|
| | Hol | F1 | 1,69 | 1,89 | Hol*1,69 | Hol*1,89 | F1*1,69 | F1*1,89 | | CR | PN | CR x PN |
| CH ₄ | 365,13 | 317,47 | 358,30 | 324,31 | 403,47 | 326,79 | 313,12 | 321,83 | 17,0760 | 0,1596 | 0,3109 | 0,1997 |
| CH ₄ PC | 0,52 A | 0,37 B | 0,49 | 0,04 | 0,60 | 0,45 | 0,39 | 0,34 | 0,0349 | 0,016* | 0,0937 | 0,3786 |
| CH ₄ PM | 2,55 A | 1,89 B | 2,45 | 1,99 | 2,92 | 2,19 | 1,99 | 1,80 | 0,1612 | 0,0292* | 0,109 | 0,3226 |
| CH ₄ MS | 20,32 | 22,06 | 21,69 | 20,69 | 21,01 | 19,64 | 22,37 | 21,75 | 0,5652 | 0,1586 | 0,4034 | 0,7532 |
| CH ₄ FDN | 55,86 | 56,70 | 56,65 | 55,91 | 57,93 | 53,79 | 55,37 | 58,04 | 1,9247 | 0,8449 | 0,8649 | 0,4396 |
| CH ₄ MS Dig | 29,35 | 31,23 | 31,14 | 29,44 | 31,10 | 27,60 | 31,18 | 31,28 | 0,7581 | 0,2239 | 0,2678 | 0,2431 |
| CH ₄ FDN Dig | 113,39 | 107,83 | 111,19 | 110,03 | 127,70 | 99,07 | 94,67 | 121,00 | 6,8981 | 0,6887 | 0,9336 | 0,0665 |
| CH ₄ Leite | 12,48 | 18,41 | 13,63 | 17,25 | 13,96 | 10,99 | 13,31 | 23,51 | 1,9588 | 0,098 | 0,2936 | 0,07 |
| CH ₄ LCG 4% | 11,19 | 16,88 | 12,67 | 15,40 | 12,82 | 9,56 | 12,51 | 21,25 | 2,0285 | 0,1529 | 0,4757 | 0,1337 |

CH₄: emissão de metano (g/dia), CH₄PC: emissão de metano por unidade de peso corporal (g/kg PC), CH₄PM: emissão de metano por unidade de peso metabólico (g/kg PM), CH₄MS: emissão de metano em função do CMS (g/kg CMS), CH₄FDN: emissão de metano em função do FDN consumido (g/kg FDN), CH₄MS Dig: emissão de metano em função da MS digestível (g/kg MS dig), CH₄FDN Dig: emissão de metano em função da FDN digestível (g/kg FDN dig), CH₄Leite: emissão de metano em função da produção de leite (g/kg Leite), CH₄LCG 4%: emissão de metano em função da produção de leite corrigida pra 4% de gordura (g/kg LCG 4%). EPM: erro padrão da média. Foram utilizadas as letras A e B para a diferenciação entre tratamentos quando P≤0,05, com maiúsculas para diferenciação de ofertas dentro das composições raciais e minúsculas entre composições raciais. *: P≤0,05 e >0,01; **: P≤0,01.

Tabela 11. Produção de leite, produção de leite corrigida para 4% de gordura e energia contida no leite de primíparas Holandês e ½ Holandês ½ Gir submetidas a diferentes planos nutricionais

| Var/Trat | Comp. Racial | | Plan. Nut. | | Comp. Racial x Plan. Nut. | | | | EPM | Efeito (p-valor) | | |
|--------------------|--------------|---------|------------|-------|---------------------------|--------|---------|---------|------|------------------|--------|---------|
| | H | F1 | 1,69 | 1,89 | H*1,69 | H*1,89 | F1*1,69 | F1*1,89 | | CR | PN | CR x PN |
| Produção de Leite | 24,43 A | 16,44 B | 22,19 | 18,68 | 24,67 | 24,20 | 19,72 | 13,16 | 1,59 | 0,0035** | 0,1322 | 0,1863 |
| Produção de LCG 4% | 27,37 A | 18,49 B | 24,15 | 21,70 | 26,84 | 27,90 | 21,47 | 15,51 | 1,85 | 0,0101* | 0,4112 | 0,2464 |
| Energia Leite | 80,62 A | 55,45 B | 72,27 | 63,80 | 80,02 | 81,22 | 64,51 | 46,39 | 5,44 | 0,0142* | 0,3491 | 0,2878 |

Produção de Leite: produção diária média de leite (kg/dia), Produção de LCG 4%: produção diária média de leite corrigido a 4% de gordura (kg/dia), Energia Leite: conteúdo de energia do leite, calculado de acordo com o NRC (2001) (MJ/dia). EPM: erro padrão da média. Foram utilizadas as letras A e B para a diferenciação entre tratamentos quando $P \leq 0,05$, com maiúsculas para diferenciação de ofertas dentro das composições raciais e minúsculas entre composições raciais. *: $P \leq 0,05$ e $> 0,01$; **: $P \leq 0,01$.

CAPÍTULO III

3.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pecuária leiteira tem se desenvolvido muito nos últimos anos, com índices de produtividade extremamente elevados em sistemas tecnificados. Ao mesmo tempo, os custos de produção e o impacto ambiental da atividade se elevam constantemente. Com a crescente demanda por alimentos, a criação de bovinos leiteiros deve buscar melhorar seus índices de eficiência produtiva em cada sistema, se adequando ao ambiente onde está instalado, para diminuir os custos e o impacto causado pela atividade.

A utilização de animais mestiços representa uma alternativa para a produção de leite em ambiente tropical, dado que esses animais apresentam maior tolerância ao calor. As informações existentes sobre o metabolismo de vacas leiteiras durante a gestação e o período de transição são baseadas na criação de animais de raças europeias em clima temperado, com recomendações que, quando aplicadas a animais mestiços criados em clima tropical, não se mostram eficientes. A determinação das exigências nutricionais de animais mestiços criados em clima tropical é essencial para que a pecuária leiteira nesse ambiente cresça em produtividade e reduza seu impacto ambiental, indo de encontro às necessidades contemporâneas.

3.2 Referências

AKBAR, H. et al. Body condition score at calving affects systemic and hepatic transcriptome indicators of inflammation and nutrient metabolism in grazing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 98, n. 2, p. 1019-1032, 2015.

ALLEN, M. S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 74, n. 12, p. 3063-3075, 1996.

ALVES, D. D. et al. Desempenho produtivo de bovinos zebu e cruzados holandês-zebu nas fases de recria e terminação. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 385-391, 2004.

BAUMAN, D. E. Regulation of nutrient partitioning during lactation: homesotasis and homeorhesis revisited. In: CRONJÉ, P. B. **Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction**. New York: CAB Publishing, 2000. p. 311-327.

BAUMGARD, L. H.; COLLIER, R. J.; BAUMAN, D. E. A 100-Year Review: Regulation of nutrient partitioning to support lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 100, n. 12, p. 10353-10366, 2017.

BINES, J. A. Metabolic and physical control of food intake in ruminants. **Proceedings of the Nutrition Society**, Cambridge, v. 30, n. 2, p. 116-122, 1971.

BOADI, D. et al. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: update review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 84, n. 3, p. 319-335, 2004.

BROUWER, E. Report of Sub-Committee on Constants and Factors. In: BLAXTER, K. L. SYMPOSIUM ON ENERGY METABOLISM, 3., 1965, London. **Proceedings...** London: Academic Press, 1965. p. 441-443.

CASTRO BULLE, F. C. et al. Growth, carcass quality and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residual feed intakes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 85, n. 4, p. 928-936, 2007.

COLLARD, B. L. et al. Relationship between energy balance and health traits of dairy cattle in early lactation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 83, n. 11, p. 2683-2690, 2000.

CZERKAWSKI, J. W. **An introduction to rumen studies**. Oxford: Pergamon Press, 1986. 246 p.

DRACKLEY, J. K. Biology of dairy cows during the transition period: The final frontier? **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 82, n. 11, p. 2259-2273, 1999.

DRACKLEY, J. K. et al. Physiological and pathological adaptations in dairy cows that may increase susceptibility to periparturient diseases and disorders. **Italian Journal of Animal Science**, Bologna, v. 4, n. 4, p. 323-344, 2005.

DRACKLEY, J. K.; CARDOSO, F. C. Prepartum and postpartum nutritional management to optimize fertility in high-yielding dairy cows in confined TMR systems. **Animal**, Cambridge, v. 8, n. s1, p. 5-14, 2014.

DUFFIELD, T. F. et al. Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 92, n. 2, p. 571-580, 2009.

FARIA, F, J. C. et al. Intervalo de gerações e tamanho efetivo da população da raça Gir Mocho. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Viçosa. [**Anais...**] Viçosa: [SBZ], 2001. p. 482-483.

FERRELL, C. L.; OLTJEN, J. W. Net energy systems for beef cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 86, p. 2779-2794, 2008.

FORBES, J. M. Voluntary feed intake. In: **Voluntary feed intake and diet selection in farm animals**. Wallingford: CABI International, 1995.

GARNSWORTHY, P. C.; TOPPS, J. H. The effect of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets. **Animal Science**, Penicuik, v. 35, n. 1, p. 113-119, 1982.

GERBER, P. et al. **Greenhouse gas emissions from the dairy sector: a life cycle assessment**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010.

GILL, M.; SMITH, P.; WILKINSON, J. M. Mitigating climate change: the role of domestic livestock. **Animal**, Cambridge, v. 4, n. 3, p. 323-333, 2010.

GRUMMER, R. R.; RASTANI, R. R. Why Reevaluate Dry Period Length? **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, supl., p. 77–85, 2004.

HAGEMANN, M. et al. Benchmarking of greenhouse gas emissions of bovine milk production systems for 38 countries. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 166-167, p. 46-58, 2011.

HAYIRLI, A. et al. Animal and dietary factors affecting feed intake during the prepartum transition period in Holsteins. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 12, p. 3430-3443, 2002.

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

HUNGATE, R. E. **The rumen and its microbes**. New York: Academic Press, 1966. 544 p.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estatísticas da Produção Pecuária**. Disponível em: <http://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro-ovos_201701caderno.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2018.

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

JUCHEM, S. O. et al. Production and Blood Parameters of Holstein Cows Treated Prepartum with Sodium Monensin or PropyleneGlycol. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 87, n. 3, p. 680–689, 2004.

KADZERE, C. T. et al. Heat stress in lactating dairy cows: a review. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 77, n. 1, p. 59-91, 2002.

KEBREAB, E. et al. Methane and nitrous oxide emissions from Canadian animal agriculture: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 86, n. 2, p. 135-157, 2006.

KIRSCHKE, S. et al. Three decades of global methane sources and sinks. **Nature Geoscience**, London, v. 6, p. 813-823, 2013.

LAWRENCE, T. L. J.; FOWLER, V. R. **Growth of farm animals**. Brighton: CAB International, 1997. 321 p.

LEDIC, I. L. **Gir: o grande trunfo da nossa pecuária leiteira**. São Paulo: Editora Peirópolis, 2000. 95 p.

LOPES, B. C. et al. Escore da condição corporal: ferramenta para o manejo reprodutivo de fêmeas leiteiras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 36, n. 286, p. 88-99, 2015.

MADALENA, F. E. et al. Dairy production and reproduction in Holstein-Friesian x Guzera crosses. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 73, n. 7, p. 1872-1886, 1990.

MARQUES, D. C. **Criação de bovinos**. 3. ed. São Paulo: Livraria Nobel, 1976. 664 p.

MCALLISTER, T. A.; NEWBOLD, C. J. Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 48, n. 2, p. 7-13, 2008.

MERCHEN, N. R. Digestion, absorption and excretion in ruminants. In: CHURCH, D. C. **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. New Jersey: Prentice Hall, 1988. p. 172-201.

MERTENS, D. R. Methods in modelling feeding behaviour and intake in herbivores. In: **Annales de zootechnie**. Les Ulis: EDP Sciences, 1996. p. 153-164.

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

MUÑOZ, C. et al. Comparison of the sulfur hexafluoride tracer and respiration chamber techniques for estimating methane emissions and correction for rectum methane output from dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 95, n. 6, p. 3139-3148, 2012.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington D. C.: National Academy Press, 2001. 405 p.

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

FAO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **Metas globais para 2030 colocam a fome e a agricultura no centro das políticas mundiais**. Disponível em: <<http://www.fao.org/news/story/pt/item/332711/icode/>>. Acesso em: 4 abr. 2018.

PERON, A. J.; FONTES, C. A. A.; LANA, R. P. Tamanho de órgãos internos e distribuição da gordura corporal em novilhos de cinco composição racial submetidos a alimentação restrita e ad libitum. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 22, n. 5, p. 813-819, 1993.

REBHUN, W. C. **Doenças do gado leiteiro**. São Paulo: Roca, 2000. 654 p.

ROCHE, J. R. et al. Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 92, n. 12, p. 5769– 5801, 2009.

RUAS, J. R. et al. A importância da raça Gir na formação do rebanho leiteiro nacional. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 243, p. 53-61, 2008.

RUSSELL, J. B. Heat production by ruminal bacteria in continuous culture and its relationship to maintenance energy. **Journal of Bacteriology**, Washington D. C., v. 168, n. 2, p. 694-701, 1986.

STEINFELD, H. et al. **Livestock's long shadow-environmental issues and options**. Rome: FAO, 2006.

VALADARES FILHO, S. D. C. et al. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados: BR-CORTE**. 3. ed. Viçosa: DZO-UFV, 2016. 347 p.

VANDEHAAR, M. J.; ST-PIERRE, N. Major advances in nutrition: relevance to the sustainability of the dairy industry. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 89, n. 4, p. 1280-1291, 2006.

WEBSTER, A. J. F.; OSUJI, P. O.; WEEKES, T. E. C. Origins of the heat increment of feeding in sheep. In: SYMPOSIUM OF ENERGY METABOLISM, 7., 1976, Rome. **Proceedings**... Rome: EAAP Publication, 1976. p. 45-53.

WESTON, R. Animal factors affecting feed intake. In: **Nutritional Limits to Animal Production from Pastures**. Sta. Lucia: Queens, 1982. p. 183-198.

WHITE, S. L. et al. Milk production and economic measures in confinement or pasture systems using seasonally calved Holstein and Jersey cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 85, n. 1, p. 95-104, 2002.

XUE, B. et al. Milk production and energy efficiency of Holstein and Jersey-Holstein crossbred dairy cows offered diets containing grass silage. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 94, n. 3, p. 1455-1464, 2011.

YOUSEF, M. K. **Stress physiology in livestock: basic principles**. Boca Raton: CRC Press, 1985. 217 p. v. 1.

3.3 Apêndice

animal – an International Journal of Animal Bioscience is a peer-reviewed journal, published monthly in English, in both print and online formats (12 issues making a volume). Special issues or supplements may also be produced upon agreement with the Editorial Board. There are no page charges, except for reproduction of illustrations printed in colour and for the Open Access option that requires payment of an Article Processing charge. The scope of the journal, the expected standards of published articles, the article types published by animal, the ethics policy, the evaluation procedures and peer-review criteria, the handling of misconducts as well as procedures for complaints and appeals are presented in the Publication policies available at <https://www.cambridge.org/core/journals/animal/information/instructions-contributors>.

Submitted manuscripts should not have been published previously, except in a limited form (e.g. abstract or short communication to a symposium or part of MSc or PhD theses) and should not be under consideration for publication by another journal. Book reviews are not accepted.

Scientific writing

A good quality of scientific writing is required. The research must be understandable by a general scientific readership and by specialists. The research problem is identified, existing knowledge relevant to the problem is analysed, the hypothesis is clear. The reporting is complete. The central message is identified. Arguments and evidence are presented in a clear, logical and balanced way from the most general to the specific points. Discussion connects all results obtained in an organised and proper way with a clear interpretation. Sentences are simple, short and direct, the style is concise and precise.

English

A good quality of written English is required. Spelling may be in British or American English, but must be consistent throughout the paper. Care should be exercised in the use of agricultural terminology that is ill-defined or of local familiarity. If the English is not good enough, the manuscript will be sent back to the authors with a recommendation that authors have their manuscripts checked by an English language native speaker before re-submission. Cambridge University Press lists a number of third-party services specialising in language editing and / or translation at: <https://www.cambridge.org/core/services/authors/language-services> and suggests that authors contact them as appropriate. Use of any of these services is at the author's own expense. The copy-editor will not perform language editing.

Manuscript layout

Manuscripts should be prepared using a standard word processing programme such as Microsoft Word, and presented in a clear, readable format with easily identified sections and headings. A style sheet is available on our website at

<https://www.cambridge.org/core/journals/animal/information/instructions-contributors>.

Manuscript layout directions

Typed with double-line spacing with wide margins (2.5 cm)

Lines must be continuously numbered; the pages must also be numbered
Arial 12 should be used for the text, and Arial 11 for tables and references

Sections should typically be assembled in the following order: Title, Authors, Authors' affiliations including department and post/zip codes, Corresponding author, Short title, Abstract, Keywords, Implications, Introduction, Material and methods, Results, Discussion, Acknowledgements, Declaration of interest, Ethics committee, Software and data repository resources, References, Tables, List of figure captions

Use of small paragraphs with less than 6 to 8 lines must be avoided

Footnotes in the main text are to be avoided

The manuscript complies with the section specific requirements set out below

Full title

The title needs to be concise and informative. It should:

attract the attention of a potential reader scanning a journal or a list of titles;

provide sufficient information to allow the reader to judge the relevance of a paper to his/her interests;

incorporate keywords or phrases that can be used in indexing and information retrieval, especially **the animal species** on which the experiment has been carried out;

avoid inessentials such as 'A detailed study of ...', or 'Contribution to ...';

not include the name of the country or of the region where the experiment took place;

not include Latin names, if there is a common name, or abbreviations.

Full title directions

No more than 170 characters including spaces

Include "Review:", "Invited review:" or "Animal board invited review:" before the full title if required (see Table 1)

Title of an invited opinion paper should start with "Opinion paper:"

Title of a short communication should start with "Short communication:"

Authors and affiliations

The names and affiliations of the authors should be presented as follows:
Example

J. Smith^{1,a}, P.E. Jones², J.M. Garcia^{1,3} and P.K. Martin Jr² [initials only for first names]

¹Department of Animal Nutrition, Scottish Agricultural College, West Main Road, Edinburgh EH9 3JG, UK

²Animal Science Department, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7621, USA

³Laboratorio de Producción Animal, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, C. Miguel Servet, 177, 50013, Zaragoza, Spain

^aPresent address: Dairy Science Laboratory, AgResearch, Private Bag 11008, Palmerston North, New Zealand (for any author of the list whose present address differs from that at which the work was done)

Corresponding author: John Smith. E-mail: John.Smith@univ.co.uk.

The corresponding author who submits and manages the manuscript during the submission/review process must be registered on Editorial Manager. He or she can be different from the corresponding author indicated in the manuscript who will be the correspondent for the published paper. Only one corresponding author is indicated in the manuscript.

Short title (max 50 characters including spaces)

Authors should provide a short title (after the corresponding author line) with the same specifications as the full title for use as a running head. If the short title is not appropriate, it could be modified by the Editorial Office, with the author's agreement.

Abstract (max 400 words, single paragraph)

The abstract should be complete and understandable, without reference to the paper. It is important to attract the attention of potential readers. The context and the rationale of the study are presented succinctly to support the objectives. Experimental methods and main results are summarised but should not be overburdened by numerical values or probability values. The abstract ends with a short and clear conclusion. Citations and references to tables and figures are not acceptable. Abbreviations used in the abstract must be defined in the abstract.

Keywords (5 keywords)

Keywords are essential in information retrieval and should not repeat words in the title with respect to indicating the subject of the paper.

Keyword directions

Five keywords

Keywords should be short and specific

The animal species or type is among the keywords but differently from the title

The use of non-standard abbreviations in the list of keywords is not allowed

Implications (max 100 words)

Implications must explain the expected impact that the results may have on practice, when they will be applied. Impact may be economic, environmental or social. Implications should not be limited to presenting the context and objectives, and should not be an "abstract of the abstract". They are written in simple English suitable for non-specialists or even non-science readers. Use of non-standard abbreviations is discouraged.

Introduction

The introduction briefly outlines the context of the work, presents the current issues that the authors are addressing and the rationale to support the objectives, and clearly defines the objectives. For hypothesis-driven research, the hypothesis under test should be clearly stated. Increasing the knowledge on a subject is not an objective per se.

Material and methods

Material and methods should be described in sufficient detail so that others can repeat the experiment. Reference to previously published work may be used to give details of methods, provided that references are readily accessible and in English.

Critical methodologies, including mathematical equations and statistical models must be described in detail either in the Material and Methods section or in the Supplementary Materials. For these critical methodologies, results from quality control tests must be reported (e.g. intra/inter-assay CV, recovery tests...).

If a proprietary product is used as a source of material in experimental comparisons, it should be described using the appropriate chemical name. If the trade name is helpful to the readers, provide it in parentheses after the first mention. Authors who have worked with proprietary products, including equipment, should ensure that the manufacturers or suppliers of these products have no objections to publication if the products, for the purpose of experimentation, were not used according to the manufacturer's instructions.

Statistical analysis of results

The statistical analysis of results should be presented in a separate sub-section of the "Material and methods" section. The statistical design and the models of statistical analysis must be described, as well as each of the statistical methods used. Sufficient statistical details must be given to allow replication of the statistical analysis. The experimental unit must be defined (e.g. individual animal, group/pen of animals). Generally, and when there are more than 2 treatments, an analysis of variance with F-tests is preferred to multiple t-tests. A statistical guide for authors is available on the website at <https://www.cambridge.org/core/journals/animal/information/instructions-contributors>. The publication of Lang and Altman (2013)² can also be used as a reference.

Statistics directions

In the text, the probability of significance is indicated by the following conventional standard abbreviations (which need not be defined): $P > 0.05$ for non-significance and $P < 0.05$, $P < 0.01$ and $P < 0.001$ for significance at these levels. Exact level of probability (e.g. $P = 0.07$) can also be used

When data are analysed by analysis of variance, a residual error term, such as the pooled standard error, the residual standard deviation (RSD), or the root mean square error (RMSE) is given for each criteria/item/variable/trait in a separate column (or line)

Treatment means are reported with meaningful decimals. For guidance, the last digit

corresponds to 1/10 of standard error (e.g., for a standard error of 1.2, the mean values should be reported as 15)

In tables, probabilities are indicated in a separate column. The P values (e.g. $P = 0.07$)

are reported or indicated by *, ** and *** for $P < 0.05$, $P < 0.01$ and $P < 0.001$, respectively

In tables, differences between treatments (or comparison of mean values) are indicated using superscript letters with the following conventional standard: a, b for $P < 0.05$; A, B for $P < 0.01$; in most cases, the 0.05 level is sufficient

Results - Discussion

Separation between Results and Discussion is preferred to highlight the interpretation of results. Presentation of Results and Discussion in a single section is possible but discouraged.

Acknowledgements

In this section, the authors may acknowledge (briefly) their support staff, their funding sources (with research funder and/or grant number), their credits to companies or copyrighted material, etc.

Declaration of interest. Papers with a potential conflict of interest must include a description/explanation of the conflict in the Declaration of interest section.

Ethics statement. Where relevant, approval of the work by an ethics committee or compliance of the work with national legislation, as relevant, must be described in this section.

Software and data repository resources. Authors must indicate whether their data or models are deposited in an official repository and give the full reference. They should also indicate the access rights.

References

Citations from international refereed journals or from national refereed journals with at least an English abstract are preferred. Citations from national abstracts/conference proceedings, MSc or PhD thesis, institutional/technical reports, non-English documents that cannot be obtained easily by the reader or

that are not peer-reviewed should be minimized. In general, no more than 3 references can be given for the same statement (except for reviews and meta-analyses).

Citation of references. In the text, references should be cited by the author(s) surname(s) and the year of publication (e.g. Smith, 2012). References with two authors should be cited with both surnames (e.g. Smith and Wright, 2013). References with three or more authors should be cited with the first author followed by et al. (in italics; e.g. Smith et al.). Multiple references from the same author(s) should be as follows: Wright et al. (1993 and 1994), Wright et al. (1993a and 1993b). Names of organisations used as authors (e.g. Agricultural and Food Research Council) should be written in full in the list of references and on first mention in the text. Subsequent mentions may be abbreviated (e.g. AFRC).

"Personal communication" or "unpublished results" should follow the name of the author in the text where appropriate. The author's initials but not his title should be included, and such citations are not needed in the reference list.

In-text citation directions

Cite references by name(s) of author(s) and year of publication

Use Doe (2014) or (Doe, 2014) for single authors

Use Doe and Smith (2014) or (Doe and Smith, 2014) for two authors

Use Doe et al. (2014) or (Doe et al., 2014) for three or more authors

"et al." is in italics

When multiple references are cited, rank them preferably by chronological order using commas and semicolons: (Doe, 1999; Smith and Doe, 2001; Doe et al., 2014 and 2015)

List of references. Literature cited should be listed in alphabetical order by authors' names and references should not be numbered. **It is the author's responsibility to ensure that all references are correct.**

Journal article directions

References from journal articles are formatted as:

Author A, Author B, Author CD and Author E Year. Article title. Full Name of the Journal Volume, first-last page numbers.

No punctuation (i.e. no comma or full stop or semicolon) between the surname and initials of an author, after initials, before publication years, after journal names and before volume numbers

Include "and" (without comma) before the last author for multiple author references

All authors' names are provided, do not use "et al." in the reference list

Publication years are included after the author list without parentheses

No capitals for article titles except initial capital of the first word and words that ordinarily take capitals

Journal names are given in full (not in abbreviated form) and the initial letter of all main

words is capitalised (except little words such as "and", "of", "in", "the"...), e.g. Journal of Animal Science

Issue numbers are not mentioned

Use a comma (","), not a semicolon (";") before page numbers

Page numbers are given in full (e.g. "1488-1496" not "1488-96")

Book directions

References from books or official reports are formatted as: Author(s)/Editor(s)/Institution Year. Book title, volume number if more than 1, edition if applicable. Publisher's name, City, State (2-letter abbreviation) for US places, Country.

The list of author or editor name(s) and publication years are written as for journal articles (all authors are provided; commas between authors, except for the last one; "and" before the last author where there are two or more authors; full stops after publication years)

Example

o Author A, Author B, Author CD and Author E Year.

No capitals for book titles except initial capital of the first word and words that ordinarily take capitals

Detailed publisher information is given and listed as:

Publisher's name, City, State (2-letter abbreviation) for US places, Country.

Please note – if a publisher is based in more than one place, use only the first one. If multiple publishers are list, it is acceptable to use only the first one.

Book chapter directions

References from chapters or parts of books are formatted as:

Author A, Author B, Author CD and Author E Year. Chapter title. In Title of book (ed. A Editor and B Editor), pp. first-last page numbers. Publisher's name, City, State (2- letter abbreviation) for US places, Country.

The list of authors and publication years are written as for journal articles (all authors are provided; commas between authors, except for the last one; "and" before the last author where there are two or more authors; full stops after publication years)

No capitals for chapter and book titles except initial capital of the first word and words that ordinarily take capitals Detailed publisher information are given and listed as:

Publisher's name, City, State (2-letter abbreviation) for US places, Country.

Please note – if a publisher is based in more than one place, use only the first one. If multiple publishers are listed, it is acceptable to use only the first one.

Proceedings/Conference papers directions

References from proceedings or conference papers are formatted as:

Author A, Author B, Author CD and Author E Year. Paper title. Proceedings of the (or Paper presented at the) XXth Conference title, date of the conference, location of the conference, pp. first-last page numbers or poster/article number.

Please note – If proceedings are published in a journal, the article should be formatted as for a journal article. If they have been published as chapters in a book, the article should be formatted as for a chapter in a book.

The list of authors and publication years are written as for journal articles (all authors are provided; commas between authors, except for the last one; "and" before the last author where there are two or more authors; full stops after publication years)

No capitals for paper titles except initial capital of the first word and words that ordinarily take capitals

Conference dates are provided in the format: DD Month YYYY, e.g. 10 August 2014

Conference locations are given and listed as:

City, State (2-letter abbreviation) for US places, Country Tables

Tables should be simple. The same material should not be presented in tabular and graphical form. Please refer to the style sheet available at <https://www.cambridge.org/core/journals/animal/information/instructions-contributors>.

Table directions

Each table is on a separate page at the end of the main text (one table per page)

Tables are typed, preferably in double spacing. Single spacing is possible for long tables

Tables are numbered consecutively using Arabic numbering. They are referred to as Table 1, Table 2, etc., with capital 'T', no italics

Each table has its own explanatory caption. The caption is sufficient to permit the table to be understood without reference to the text. The animal species and the experimental treatments or the issue under study are indicated in each caption. The caption does not contain the protocol or the results

Tables are created in Word using the table function within the programme (without using tabs). Layout can be portrait or landscape

Large tables are discouraged in the manuscript but they may be submitted as Supplementary Material

No vertical lines between columns and no horizontal lines between rows of data

Generally, variables are in rows and treatments in columns

Column headings are concise

Separate columns are included to present the basic statistical results: error terms (preferably residual error terms) and probabilities

Typographical conventions

Title and headings

As illustrated, and detailed above and in the style sheet (see <https://www.cambridge.org/core/journals/animal/information/instructions-contributors>), the animal conventions apply to (a) Title of the paper, Authors' names and addresses; (b) Main section headings, such as Abstract, Implications, Introduction, Material and methods, Results, Discussion, Acknowledgements, Declaration of interest, Ethics committee, Software and data repository resources, References; and (c) two levels of Subheadings.

Title and heading directions

Title – use bold, with an initial capital for the first word only and for words that ordinarily take capitals

Authors' names – use lower case with initials in capitals (e.g. J. Doe)

Authors' addresses – use italics

Headings are left aligned with an initial capital for the first word only, and not numbered

Main section headings – use bold with no full stop at the end; text follows on the next line (e.g. **Abstract**)

Subheading (level 1) – use italics with no full stop at the end; text follows on the next line (e.g. *Experimental design*)

Sub-subheading (level 2) – use italics and end with a full stop; text follows on the same line (e.g. *Milk fatty acid composition. The fatty acid...*)

Abbreviations

Standard abbreviations (Table 2) are not defined. Non-standard abbreviations are defined at first use separately in the abstract and in the main text, they should be written in **bold capitals at first occurrence**. To facilitate understanding of the manuscript, the number of abbreviations should be kept to a minimum (not more than 10 non-standard abbreviations is advised). Abbreviations in the titles, (sub)headings or keywords are discouraged.

Abbreviation directions

Define abbreviations at first appearance in the abstract and in the main text

Authors should avoid excessive use of non-standard abbreviations (a maximum of 10 is advised)

No author-defined abbreviation in the (short) titles, in (sub)headings or in keywords

Abbreviations used in tables and figures must be defined either as footnotes or in the caption

Do not start a sentence with an abbreviation

Capitals

Capitals directions

Initial capitals are used for proper nouns, for adjectives formed from proper names, for generic names and for names of classes, orders and families

Names of diseases are not normally capitalised

Italics

Italics directions

Use italics for:

Authors' addresses (see above)

Subheadings (see above)

Titles for tables (but not captions for figures)

Most foreign words, especially Latin words, e.g. *ad hoc*, *ad libitum*, *et al.*, *in situ*, *inter alia*, *inter se*, *in vitro*, *per se*, *post mortem*, *post partum*, *m. biceps femoris*

but no italics for *c.f.*, *corpus luteum*, *e.g.*, *etc.*, *i.e.*, *NB*, *via*

Mathematical unknowns and constants

Letters used as symbols for genes or alleles e.g. *HbA*, *Tf D* (but not chromosomes or phenotypes of blood groups, transferrins or haemoglobins, e.g. *HbAA*, *TfDD*)

Numerals

Numerals directions

In text, use words for numbers zero to nine and numerals for higher numbers. In a series of two or more numbers, use numerals throughout irrespective of their magnitude

Do not begin sentences with numerals

For values less than unity, 0 is inserted before the decimal point

For large numbers in the text, substitute 10^n for part of a number (e.g. 1.6×10^6 for 1 600 000)

Do not use a comma separator for numbers greater than 999 (e.g. 100 864)

The multiplication sign between numbers should be a cross (x)

Division of one number by another should be indicated as follows: 136/273.

Use numerals if a number is followed by a standard unit of measurement (e.g. 100 g, 6 days, 4th week).

Use numerals for dates, page numbers, class designations, fractions, expressions of time,

e.g. 1 January 2007; type 2

Dates are given with the month written in full and the day in numerals (i.e. 12 January

not 12th January).

For time use 24-h clock, e.g. 0905 h, 1320 h

Units of measurement

The International System of Units (SI) should be used. A list of units is found at <http://physics.nist.gov/cuu/Units/units.html>. Recommendations for conversions and nomenclature appeared in Proceedings of the Nutrition Society (1972) 31, 239-247. Some frequently used units that are not in the SI system are accepted: e.g. l for litre, ha for hectare, eV for electron-volt, Ci for curie. Day, week, month and year are not abbreviated. The international unit for energy (energy value of feeds, etc.) is Joule (or kJ or MJ).

A product of two units should be represented as N·m and a quotient as N/m (e.g. g/kg and not g.kg⁻¹). When there are two quotients, represent as: g/kg per day (not g/kg/day).

Concentration or composition

Composition is expressed as mass per unit mass or mass per unit volume. The term content should not be used for concentration or proportion.

Row items are organized with main items followed by indented sub-items in order, e.g. to group the criteria that share the same type of measurements or the same unit

For any (sub-)item, only the first letter of the first word is in capitals

Units are clearly stated either in the caption (only if a limited number of units are used), or for each (sub-)item. Standard abbreviations for units are used

Footnotes are referenced using superscript numbers

Abbreviations used in a table are defined as footnotes (preferred option) or in the caption

Treatment means are reported with meaningful decimals. For guidance, the last digit corresponds to 1/10 of standard error

Number of decimals for the indicators of residual variability (RSD, SEM, RMSE etc.) are either identical to that chosen for mean values or have one more decimal. The choice is consistent in all the tables

See above (Statistics) for the presentation of statistical results in tables

VITA

João Pedro Matiello, filho de Pedro Matiello e Maria Baggio Matiello, nascido em 17 de abril de 1993 em Xanxerê, região Oeste do estado de Santa Catarina. Coursou o ensino fundamental nas Escolas de Educação Básica Prof^a Antônia Gasino de Freitas em Lajeado Grande - SC e Prof^a Neusa Massolini em Xaxim – SC, entre 1999 e 2005. Em 2006, ingressou no Colégio La Salle de Xanxerê – SC, onde se graduou Técnico em Agropecuária no ano de 2008. Em 2010, ingressou no curso de bacharelado em Medicina Veterinária da Universidade do Estado de Santa Catarina, em Lages – SC, onde foi bolsista de extensão e de iniciação científica do Laboratório de Parasitologia e Doenças Parasitárias, sob orientação da Prof^a Dr^a Amélia Aparecida Sartor e do Prof^o Dr. Anderson Barbosa de Moura. Durante os meses de agosto de 2013 e agosto de 2014 realizou intercâmbio na Università di Bologna, onde ficou sob orientação do Prof^o Dr. Andrea Formigoni na Stalla Didattica UNIBO, em Ozzano dell'Emilia, Bologna, Itália.

Colou grau em dezembro de 2015 e em abril de 2016 ingressou no Curso de Mestrado em Zootecnia, do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sob a orientação da Prof^a Dr^a Vivian Fischer.