

STEFANIE ALVARENGA SANTOS

**CURVAS DE LACTAÇÃO E CONSUMO DE VACAS F1 HOLANDÊS x ZEBU EM
PASTEJO E EM CONFINAMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do Título de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S237c
2011

Santos, Stefanie Alvarenga, 1982-

Curvas de lactação e consumo de vacas F1 Holandês x
Zebu em pastejo e em confinamento / Stefanie Alvarenga
Santos. – Viçosa, MG, 2011.
xviii, 192f. : il. ; 29cm.

Texto em português e inglês.

Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Bovino de leite - Nutrição. 2. Lactação. 3. Pastejo.
4. Holandês (Bovino). 5. Zebu. I. Universidade Federal de
Viçosa. II. Título.

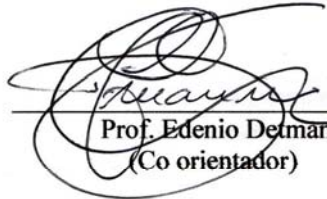
CDD 22. ed. 636.2085

STEFANIE ALVARENGA SANTOS

**CURVAS DE LACTAÇÃO E CONSUMO DE VACAS F1 HOLANDÊS x ZEBU EM
PASTEJO E EM CONFINAMENTO**

Tese apresentada à Universidade Federal
de Viçosa, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para
obtenção do Título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 21 de fevereiro de 2011.



Prof. Edenio Detmann
(Co orientador)



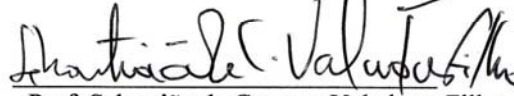
Prof.ª Rilene Ferreira Diniz Valadares
(Co orientadora)



Prof. Odilon Gomes Pereira



Dr. José Reinaldo de Mendes Ruas



Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho
(Orientador)

***“Se, a princípio, a ideia não é absurda, então não há
esperança para ela”***

Albert Einstein

Em memória do meu Pai Pedro, responsável por toda a minha formação

A minha mãe Lúcia pela dedicação

Aos meus irmãos Solange e Gerson

Ao meu sobrinho Raphael

Ao Bruno, por todo amor, confiança e dedicação

A Deus pela concretização dos principais sonhos,

Dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia da pelo apoio e oportunidade na realização do curso de Doutorado.

À Fundação de Amparo à pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e ao INCT de Ciência Animal pela concessão da bolsa e apoio financeiro dessa pesquisa.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais pela oportunidade de realização destes experimentos.

Ao professor Sebastião de Campos Valadares Filho pelos ensinamentos e apoio durante a pós-graduação, pela paciência, amizade e orientação.

Ao professor Edenio Detmann e Professora Rilene Valadares pelas contribuições neste trabalho e pelo apoio.

Ao pesquisador José Reinaldo Ruas pela oportunidade e pelo apoio na realização do experimento na fazenda da EPAMIG em Felixlândia – MG

Ao professor Odilon Pereira pela contribuição dada à realização de período de doutorado *Sandwich* no exterior.

Aos funcionários da fazenda da EPAMIG, Radinho, Marco Antero, Adilson, Doca, Thiago e Wilton, sem os quais este trabalho não teria sido possível. Também ao Arismar e Geraldo, pela resolução dos problemas. À dona Raimunda, Dona Laura e Gigi, pelos cuidados.

Às pessoas que, com seu trabalho, diretamente participaram na execução destes experimentos, Lidiana, Dani, Laura, Paloma e Lays, sempre com bom humor e disposição e por terem se tornado amigas.

Às minhas amigas Nívea e Shirley por sempre estarem presentes independente da distância.

Àos brasileiros em Delaware, que se tornaram amigos preciosos para a vida toda, a Sandra, Eliana e Anna pelo carinho e amizade, ao Biriba, João Paulo e Eduardo, todos unidos praticando a cultura brasileira nos EUA.

Aos meus padrinhos Geralda e Laércio e as primas-irmãs Larissa e Jeanny, pelo carinho e preciosos momentos em família. Aos meus sogros Elizabete e João Lúcio pelo carinho e pelo apoio.

BIOGRAFIA

STEFANIE ALVARENGA SANTOS, filha de Pedro Pereira dos Santos e Lúcia Alvarenga Santos, nasceu dia 28 de abril de 1982, em Vitória no ES.

No ano de 2000, ingressou na Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, onde obteve o título de Zootecnista, colando grau no dia 2 de setembro de 2005.

Em agosto de 2005, iniciou o curso de mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa – UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes, defendendo tese no dia 14 de agosto de 2007.

Em agosto de 2007, iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa – UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes, com período sandwich na Universidade de Delaware nos Estados Unidos, defendendo tese em 21 de fevereiro de 2011.

CONTEÚDO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xiv
Introdução Geral.....	1
Literatura Citada.....	7
Different forage sources for F1 Holstein x Gir dairy cows.....	10
Abstract.....	10
Introduction.....	12
Materials and methods.....	13
Results.....	19
Discussion.....	22
Conclusions.....	37
Literature cited	38
Tables.....	46
Feed intake, milk production and weight change curves for lactating F1 crossbred Holstein x Zebu cows under grazing conditions.....	53
Abstract.....	53
Introduction.....	55
Materials and methods.....	56
Results.....	61
Discussion.....	66
Conclusions.....	79
References.....	79
Tables.....	88

Figures.....	93
Consumo, digestibilidade e eficiência de utilização do nitrogênio para vacas mestiças F1 Holandês x Zebu em sistema de pastejo.....	97
Resumo.....	97
Abstract.....	99
Introdução.....	101
Material e Métodos.....	101
Resultados e Discussão.....	108
Conclusões.....	121
Literatura Citada.....	122
Tabelas.....	129
Figuras.....	133
Curvas de lactação, consumo e variação de peso de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu em sistema de confinamento.....	134
Resumo.....	134
Abstract.....	136
Introdução.....	138
Material e Métodos.....	139
Resultados.	146
Discussão.....	153
Conclusões.....	171
Literatura Citada.....	172
Tabelas.....	181
Figuras.....	187

Conclusões Gerais.....	191
-------------------------------	------------

RESUMO

SANTOS, Stefanie Alvarenga, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2011. **Curvas de lactação e consumo de vacas F1 Holandês x Zebu em pastejo e em confinamento.** Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho. Co-orientadores: Rilene Ferreira Diniz Valadares e Edenio Detmann.

O presente trabalho foi constituído de três experimentos, que foram descritos em quatro capítulos. Para o **capítulo 1** foi objetivo avaliar o efeito de diferentes volumosos sobre o desempenho de vacas em lactação F1 Holandês x Gir em condições tropicais. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, em Felixlândia-MG. Doze vacas mestiças F1 Holandês x Gir foram distribuídas em um quadrado latino 4x4, balanceado para efeito residual, e cada tratamento experimental foi atribuído a um grupo de três vacas. O experimento consistiu de quatro tratamentos e cinco períodos experimentais de 21 dias, com 14 dias de adaptação e sete dias de coleta de dados. Os tratamentos experimentais foram silagem de sorgo, silagem de milho, cana-de-açúcar *in natura* e silagem de cana-de-açúcar ensilada com óxido de cálcio a 1%. Foram utilizados três indicadores (LIPE ® dióxido de titânio, e FDAi) para estimar o consumo individual. Os consumos de matéria seca (MS) e de matéria orgânica (MO) foram maiores ($P < 0,05$) para vacas consumindo silagem de milho ($P < 0,05$) e menores para silagem de sorgo, cana-de-açúcar *in natura* e silagem de cana-de-açúcar, consecutivamente. As digestibilidades da MS e da MO das dietas contendo silagem de milho, silagem de sorgo e cana-de-açúcar *in natura* foram semelhantes ($P > 0,05$) e por sua vez maiores que para a dieta à base de silagem de cana-de-açúcar ($P < 0,05$). A produção de leite de vacas alimentadas com silagem de milho e silagem de sorgo não diferiu ($P > 0,05$) mas foram maiores que a produção de leite de vacas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura* e silagem de cana-de-açúcar, que não diferiram entre si. Houve maior teor de ácidos graxos não-esterificados ($P < 0,05$) no plasma (AGNE) de vacas alimentadas com silagem de cana-de-

açúcar. O balanço de compostos nitrogenados (N) foi maior para vacas alimentadas com silagem de milho e de sorgo, seguido pela cana-de-açúcar *in natura* e silagem de cana-de-açúcar ($P < 0,05$). Concluiu-se que a dieta à base de silagem de cana-de-açúcar proporciona baixo consumo, baixa digestibilidade, baixa eficiência de utilização do N e elevada mobilização de reservas corporais em vacas F1 Holandês x Gir. Esta mobilização suporta uma produção de leite similar a de vacas alimentadas com cana-de-açúcar *in natura*. As silagens de milho e de sorgo proporcionam um desempenho satisfatório e maior eficiência de utilização do N, mesmo com a maior relação entre volumoso e concentrado nestes tratamentos. No **capítulo 2** o objetivo foi desenvolver curvas de lactação, de consumo e variação de peso de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu em sistemas a pasto. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, em Felixlândia-MG, entre os meses de janeiro e maio de 2008. Foram utilizadas 18 vacas F1, sendo seis Holandês x Gir (HGI), seis Holandês x Guzerá (HGU) e outras seis Holandês x Nelore (HNE), que constituíram três tratamentos experimentais. O modelo original de predição de consumo de matéria seca do NRC (2001) não foi adequado para explicar os dados de consumo de matéria seca em condições tropicais de pastejo ($P < 0,05$), entretanto, a estrutura do modelo, quando reparametrizada, foi adequada ($P < 0,05$) para predição de consumo de matéria seca de vacas F1 Holandês x Zebu em condições de pastejo com gramíneas tropicais. Após reparametrização do modelo proposto pelo NRC (2001), foi obtida a seguinte equação: $CMS \text{ (kg/dia)} = (0.6089 * LCG + 0.0244 * PC^{0,75}) + (1 - e^{(-0.2919 * (SL + 5.5772))})$, sendo: LCG: produção de leite corrigido para gordura; PC: peso corporal; SL: semana de lactação. Houve similaridade dos modelos Jenkins & Ferrell (1984) modificado e Wood (1967) para prever a produção de leite de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu em pastagens, quando comparados ao modelo Jenkins & Ferrel (1984) original. O modelo de Wood (1967) apresentou dispersão uniforme em torno do eixo X, sendo então utilizado para estimação

de parâmetros para cada grupo genético, como se segue: $HGI = 17.2667 * t^{0.0652} * e^{-0.00424t}$, $HGU = 18.1470 * t^{0.0332} * e^{-0.00408t}$, $HNE = 14.2836 * t^{0.1059} * e^{-0.00552t}$. Os teores de AGNE apresentaram variação em função dos diferentes grupos genéticos ($P < 0,05$), sendo apresentadas três equações em função dos dias de lactação, como se segue $HGI = 657.42 + 3.6957 * t - 32.4659 * t^{1/2} - 0.1352 * t^{3/2}$; $HGU = 664.73 + 3.6957 * t - 32.4659 * t^{1/2} - 0.1352 * t^{3/2}$; $HNE = 607.70 + 3.6957 * t - 32.4659 * t^{1/2} - 0.1352 * t^{3/2}$. Dentre os modelos matemáticos avaliados, o modelo de Wood (1967) apresenta melhor ajuste aos dados de produção de leite de vacas mestiças F1 sob pastejo em gramíneas tropicais. Utilizando-se este modelo, as vacas do grupo HGI apresentam maior produção acumulada aos 305 dias. O pico de consumo de matéria seca, estimado pela equação do NRC (2001) reparametrizada, ocorre durante a sexta semana de lactação, quando ocorre estabilização do consumo de matéria seca de pasto dos diferentes grupos genéticos. Mesmo assim as vacas passam por uma fase de balanço energético negativo durante a sétima semana em função das características da pastagem tropical. No **capítulo 3** o objetivo foi avaliar o consumo, a digestibilidade e a eficiência de utilização do N para vacas mestiças F1 Holandês x Zebu em sistema de pastejo. O experimento foi conduzido na Fazenda experimental da EPAMIG, em Felixlândia-MG, entre os meses de janeiro e maio de 2008. Foram utilizadas 18 vacas F1, recém-paridas, sendo seis HGI, seis HGU e outras seis HNE, que constituíram os três tratamentos experimentais, distribuídas em amostras aleatórias simples sob as mesmas condições de alimentação: pasto mais concentrado com 22% de proteína bruta (PB). Para estimativa do consumo individual a pasto, foram utilizados dois indicadores. O dióxido de titânio foi usado para estimar a excreção de matéria seca fecal e para consumo individual de pasto, foi utilizada a fibra em detergente ácido indigestível (FDAi). Não houve efeito de grupos genéticos sobre os consumos e coeficientes de digestibilidade dos nutrientes ($P < 0,05$) para nenhum efeito da regressão linear múltipla. Todos os parâmetros das equações de regressão relativos ao consumo

de nutrientes, com exceção dos consumos de MS e MO em % do peso corporal (PC), de carboidratos não-fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) em %PC, foram significativos ($P < 0,05$) e apresentaram comportamento quadrático, com ponto crítico positivo. Os coeficientes de digestibilidade para PB, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e o teor de NDT foram afetados pelo período de lactação ($P < 0,05$), enquanto os coeficientes de digestibilidade da MS, extrato etéreo (EE) e matéria orgânica (MO) não apresentaram efeito do período de lactação ($P > 0,05$). Não houve efeito do grupo genético ($P > 0,05$) para os parâmetros de eficiência de utilização do N. A excreção de uréia na urina (EUU) apresentou comportamento quadrático em função dos dias de lactação ($P < 0,05$) com excreção máxima estimada aos 49 dias. Já o nitrogênio uréico no leite (NUL) e no plasma (NUP) também em comportamento quadrático ($P < 0,05$) apresentaram pico aos 120 e 119 dias, respectivamente. Sendo assim, conclui-se que a utilização de diferentes grupos genéticos de vacas Holandês x Zebu sob pastagens tropicais não promove alteração sobre os consumos, as digestibilidades dos nutrientes e a eficiência de utilização do N, que variaram em função do período de lactação, apresentando em geral comportamento quadrático para os três grupos genéticos. No **capítulo 4** o objetivo foi avaliar curvas de lactação, consumo de nutrientes e variação de peso de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu em sistema de confinamento, bem como a eficiência metabólica da utilização dos nutrientes. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da EPAMIG, em Felixlândia-MG, entre os meses de junho de 2008 e fevereiro de 2009. Foram utilizadas 18 vacas F1 recém-paridas, sendo seis HGI, seis HGU e outras seis HNE, que constituíram três tratamentos experimentais, distribuídas em amostras aleatórias simples, alimentadas com silagem de milho à vontade mais concentrado com 20% de PB. Para estimativa do consumo individual das vacas alimentadas em grupo foram utilizados três indicadores. A LIPE® foi usada para estimar a excreção de matéria seca fecal. Para estimar o consumo

individual de concentrado fornecido no cocho coletivo, na forma de mistura completa, foi utilizado o dióxido de titânio. Para estimativa do consumo individual de volumoso foi utilizada a FDAi. Foram utilizados três modelos matemáticos para ajuste das curvas de lactação e de variação de peso, como se segue: $Y = at^b e^{-ct}$ (Wood, 1967); $Y = ate^{-ct}$ (Jenkins & Ferrel, 1984); $Y = a + bte^{-ct}$. (Jenkins and Ferrell, 1984) com um parâmetro de ajustamento. Não houve efeito ($P > 0,05$) dos grupos genéticos sobre o consumo de matéria seca (MS) e dos demais nutrientes. Os consumos de MS, de MO, de FDNcp, de EE e de NDT apresentaram comportamento quadrático em função dos dias em lactação ($P < 0,05$), sendo o mesmo comportamento observado para os coeficientes de digestibilidade da MS, MO e do EE, assim como os teores de NDT ($P < 0,05$). Foram construídas curvas de lactação para os grupos genéticos $HGI = 19,0764 * t^{0,0166} * e^{-0,00181 * t}$, $HGU = 15,6232 * t^{0,0936} * e^{-0,00274 * t}$ e $HNE = 15,4655 * t^{0,0401} * e^{-0,00305 * t}$, através do modelo matemático obtido por Wood (1967). Através do modelo Jenkins e Ferrell (1984) foi desenvolvida uma equação para estimar a variação de peso dos animais pertencentes aos três grupos de forma conjunta, sendo: $HZE = 511,1 + 1,7925 * t * e^{-0,0105 * t}$. Não houve efeito ($P > 0,05$) dos grupos genéticos sobre a eficiência de utilização dos compostos nitrogenados, porém houve efeito significativo do período de lactação, exceto sobre os compostos nitrogenados microbianos (NM) que apresentaram resposta quadrática ao longo da lactação ($P < 0,05$). Assim, conclui-se que a utilização de diferentes grupos genéticos de vacas Holandês x Zebu em confinamento não promove alteração sobre os consumos e as digestibilidades dos nutrientes, variação de peso e eficiência metabólica. As vacas HGU apresentam produção de leite acumulada aos 305 dias de 4946,81 kg, com pico de lactação de 19,80 kg aos 34 dias, enquanto as vacas HGI apresentam desempenho muito próximo, com pico de lactação de 19,46 kg aos 8 dias e produção acumulada de 4821,78 kg. As vacas HNE apresentam desempenho inferior, com pico de produção de 16,47 kg aos 16 dias e produção acumulada de 3674,98 kg.

ABSTRACT

SANTOS, Stefanie Alvarenga, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2011. **Intake and lactation curves of F1 Holstein x Zebu dairy cows in pasture and feedlot.** Adviser: Sebastião de Campos Valadares Filho. Co-Advisers: Rilene Ferreira Diniz Valadares and Edenio Detmann.

This study was constituted by three experiments, which was described in four chapters. **In the first study**, the objective was to evaluate the effect of different forage sources on the performance of crossbred dairy cows in tropical conditions. The experiment was carried out on the Experimental Farm of the Agricultural Research Company of Minas Gerais, in Felixlândia-MG, Brazil. Twelve crossbred F1 Holstein x Gir cows were allocated to a 4x4 Latin square, balanced for residual effect, and each experimental treatment was assigned to one group of three cows. The experiment consisted of four treatments and five experimental periods of 21 days, with 14 days of adaptation and 7 days of data collection. The treatments were sorghum silage, corn silage, fresh sugarcane and sugarcane silage treated with 1% calcium oxide. The three markers method was used (LIPE ®, titanium dioxide and iADF) to estimate the individual intake and the apparent digestibility of the feed for the cows in each group. The data were subjected to analysis of variance and compared by a Tukey test at 5% probability using the PROC GLM of SAS, version 8.0 for Windows software. The dry matter intake (DMI) and organic matter intake (OMI) were highest ($P<0.05$) for cows consuming corn silage ($P<0.05$) and lower for those consuming sorghum silage, fresh sugarcane and sugarcane silage. The DMI of fresh sugarcane was lower than those of corn silage and sorghum silage ($P<0.05$). There was a decrease in the DMI when cows were fed sugarcane silage ($P<0.05$). The dry matter digestibility (DMd) and organic matter digestibility (OMd) of corn silage, sorghum silage and fresh sugarcane were statistically equal ($P>0.05$) and all were higher than that of the sugarcane silage-based diet ($P<0.05$). The milk yield from cows fed corn silage and sorghum silage were similar ($P>0.05$).

and higher than the milk yields from cows fed sugarcane silage and fresh sugarcane, which were similar to each other. There was a higher content of non-esterified fatty acids ($P < 0.05$) in the plasma of cows fed sugarcane silage. Nitrogen balance was greatest for cows fed corn and sorghum silage, followed by fresh sugarcane and then sugarcane silage ($P < 0.05$). We conclude that the sugarcane silage-based diet provides a low intake, low digestibility, low efficiency of nitrogen utilization and high mobilization of body reserves in F1 Holstein x Gir cows. This mobilization supports a milk production similar to cows fed fresh sugarcane. Corn silage and sorghum silage provide satisfactory cow performance and nitrogen utilization, even with a high forage:concentrate ratio. **In the second study**, the purpose was to develop lactation, feed intake and weight change curves for F1 crossbred Holstein x zebu (HZ) cows under grazing conditions. The experiment was carried out at the Research Farm at the Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), in Felixlândia-MG-Brazil. Eighteen F1 cows were used, divided into three treatments; six were Holstein x Gir (HGI), six were Holstein x Guzerat (HGU), and another six were Holstein x Nelore (HNE), which had recently calved, distributed into simple, random samples under the feeding conditions of *Brachiaria decumbens* pasture plus concentrate with 22% of CP. To estimate individual feed intake at pasture, two indicators were used: titanium dioxide to estimate fecal DM excretion, and the indigestible acid detergent fiber (iADF) to estimate individual pasture intake. The original model for the prediction DMI from the NRC (2001) was not adequate to explain the data for DMI under tropical grazing conditions ($P = 0.1407$), though the model structure, when reparametrized, was adequate ($P < 0.001$). After reparametrization, the following final equation was obtained: $DMI \text{ (kg/d)} = (0.6089 \cdot FCM + 0.0244 \cdot BW^{0.75}) + (1 - e^{(-0.2919 \cdot [WL + 5.5772])})$, where FCM is fat corrected milk yield. BW is body weight, and WL is week of lactation. The modified model by Jenkins and Ferrell (1984) and the model by Wood (1967) showed similarities for the accurate prediction of milk production of F1

HZ cows on pasture, when compared to the original model by Jenkins and Ferrell (1984). The model by Wood (1967) showed uniform dispersion around the x-axis, and so it was used to estimate the parameters for each genetic group, as follows: $HGI = 17.2667 * t^{0.0652} * e^{-0.00424t}$, $HGU = 18.1470 * t^{0.0332} * e^{-0.00408t}$, and $HN = 14.2836 * t^{0.1059} * e^{-0.00552t}$. The NEFA contents varied according to different genetic groups ($P < 0.001$), producing three different equations, as follows: $HGI = 657.42 + 3.6957 * t - 32.4659 * t^{1/2} - 0.1352 * t^{3/2}$; $HGU = 664.73 + 3.6957 * t - 32.4659 * t^{1/2} - 0.1352 * t^{3/2}$; and $HNE = 607.70 + 3.6957 * t - 32.4659 * t^{1/2} - 0.1352 * t^{3/2}$. In conclusion, the model by Wood (1967) provides a better fit to the milk production data of F1 HZ cows grazing on tropical grasses, and the HGI cows have greater cumulative production at 305-d. The peak DMI, estimated by the reparametrized NRC (2001) equation, occurs during the sixth week of lactation, when the DMI by the different genetic groups was stabilized. **In the third study** the objective was to evaluate intake, digestibility and efficiency of N use in F1 Hostein x Zebu dairy cows on grazing system. The experiment was conducted at the experimental farm of EPAMIG in Felixlândia-MG, between January and May 2008. We used 18 F1 cows, six HGI, six HGU and six HNE, which were the three experimental treatments, distributed in simple random samples under the same conditions of supply: pasture plus concentrate containing 22% crude protein (CP). To estimate the individual intake on pasture, we used two markers. Titanium dioxide was used to estimate the excretion of fecal dry matter and we used the acid detergent fiber (iADF) to estimate the individual pasture intake. There was no effect of genetic groups on intake and digestibility of nutrients ($P < 0.05$) for any effect of multiple linear regression. All parameters of the regression equations for consumption of nutrients, except for DM and OM in% of body weight (BW) of non-fiber carbohydrates (NFC) and total digestible nutrients (TDN)% BW, were significant ($P < 0.05$) and presented a quadratic behavior with positive critical point. The digestibility coefficients for CP, neutral detergent fiber corrected for ash and protein

(NDF) and TDN content were affected by the lactation period ($P < 0.05$), while the digestibility of DM, ether extract (EE) and organic matter (OM) presented no effect of lactation ($P > 0.05$). There was no effect of genotype ($P > 0.05$) for the parameters of efficiency of utilization of N. The excretion of urea nitrogen in urine (UNU) presented a quadratic function of days in milking ($P < 0.05$), estimating the maximum excretion at 49 days. Since the milk urea nitrogen (MUN) and plasma (PUN), also in a quadratic behavior ($P < 0.05$) presented peaks at 120 and 119 days, respectively. Thus, we conclude that the use of different genetic groups of Holstein-Zebu cows under tropical pastures does not promote change on intake, digestibility and nutrient utilization efficiency of N, which varied according to the milking period, presenting an general quadratic behavior for the three genetic groups. **In the fourth study**, the objective was to evaluate lactation, intake and body weight change curves of F1 Holstein x Zebu dairy cows in feedlot. The experiment was conducted at the Experimental Farm of EPAMIG in Felixlândia-MG, between the months of June 2008 and February 2009. We used 18 crossbred F1, six HGI, six HGU and six HNE, which were three experimental treatments and distributed in simple random samples, fed corn silage ad libitum plus concentrate with 20% CP. To estimate the intake of individual cows fed group were used three markers. The LIPE ® was used to estimate the excretion of fecal dry matter. To estimate the individual intake of concentrate fed, we used the titanium dioxide. To estimate the individual forage intake, we used the iADF. We used three models to fit the curves of lactation and weight change, as follows: $Y = at^be^{-ct}$ (Wood, 1967); $Y = ate^{-ct}$ (Jenkins & Ferrel, 1984); $Y = a + bte^{-ct}$. (Jenkins and Ferrell, 1984) with a parameter adjustment. There was no effect ($P > 0.05$) of genetic groups on the dry matter (DM) intake and other nutrients. The DM, organic matter, NDF, EE, and TDN intake presented a quadratic function of days in milking ($P < 0.05$), and the same behavior observed for the digestibility of DM, OM and EE, and TDN levels ($P < 0.05$). Lactation curves were constructed for the genetic

groups, as follows: $HGI = 19,0764 * t^{0,0166} * e^{-0,00181 * t}$; $HGU = 15,6232 * t^{0,0936} * e^{-0,00274 * t}$ e $HNE = 15,4655 * t^{0,0401} * e^{-0,00305 * t}$, through the mathematical model obtained by Wood (1967). The model Jenkins and Ferrell (1984) has developed an equation to estimate the weight variation of animals belonged to three groups jointly, as follows: $HZE = 511,1 + 1,7925 * t * e^{-0,0105 * t}$. There was no effect ($P > 0.05$) of genetic groups on the efficiency of utilization of nitrogen compounds, but there was a significant effect of lactation period, except on microbial nitrogen compounds (MN), that was a quadratic model throughout the lactation ($P < 0.05$). Thus, we conclude that the use of different genetic groups of Holstein-Zebu cows in feedlot does not promote change on intake and digestibility of nutrient, weight change and metabolic efficiency. The HGU Cows present a milk produce accumulated in 305 days of 4946.81 kg, with a peak of 19.80 kg of milk at 34 days, while the HGI cows have a similar performance, with peak lactation of 19.46 kg to 8 days and cumulative production of 4821.78 kg. Cows HNE underperform, with peak production of 16.47 kg at 16 days and cumulative production of 3674.98 kg.

Introdução Geral

A captação de leite inspecionado no Brasil em 2008 foi de 19,2 bilhões de litros, e esta produção é crescente a cada ano. Deste total, o estado de Minas Gerais foi responsável por 5,3 bilhões, ou seja, cerca de 28% da produção nacional (IBGE, 2009). Cerca de 65% dos produtores mineiros são de pequeno porte, com produção média de 100 litros/dia, sendo o rebanho predominantemente formado por vacas mestiças. Segundo Diagnóstico da Pecuária Leiteira do Estado de Minas Gerais (2005), 44% das vacas são mestiças Holandês x Zebu, 26% com predominância de sangue Holandês e apenas 8% das vacas são zebuínas. No Brasil, 70% do leite é produzido a partir de vacas mestiças Holandês x Zebu (Miranda e Freitas, 2009)

A produção de fêmeas F1 Holandês x Zebu para a exploração leiteira normalmente é feita a partir de matrizes zebuínas acasaladas com touros Holandeses, explorando-se os efeitos benéficos da heterose. As raças zebuínas mais utilizadas são Gir e Guzerá, visto que esses animais apresentam características leiteiras e são mais dóceis que aqueles provenientes de outras raças zebuínas (Amaral et al., 2004). A raça Gir vem, há anos, passando por processo de seleção para produção de leite, sendo que a linhagem leiteira já conquistou o *status* de raça leiteira. Por outro lado, o efetivo de fêmeas da raça Gir ainda é pequeno, insuficiente para produzir em grande escala animais F1 com a composição Holandês x Gir, e neste contexto, zebuínos de outras raças precisam ser avaliados.

Bovinos da raça Guzerá, também com pequena representatividade numérica, mas, da mesma forma, submetidos ao melhoramento genético para produção de leite, surgem como opção de raça materna. Por outro lado, para filhas provenientes de matrizes da raça Nelore, há uma rejeição no mercado, temendo comportamento mais agressivo e menor produção de leite. Com isso, pesquisas são necessárias com estes diferentes genótipos para que, no futuro, seja possível caracterizar o desempenho dos animais de diferentes grupos genéticos (Ruas et al.,

2004). Em geral as vacas leiteiras originárias de cruzamentos entre a raça Holandês com raças Zebuínas apresentam maior adaptação ao clima tropical, o que possibilita ainda maior eficiência reprodutiva. Segundo Harner et al. (2009), vacas leiteiras em estresse térmico pelo calor podem apresentar queda de 25 a 40% na taxa de concepção. Conforme se eleva a produção de leite e o consumo de matéria seca, ocorre elevação na produção de calor corporal, o que aumenta o impacto do estresse térmico.

As condições mais adequadas para os bovinos de origem europeia correspondem a temperatura média mensal inferior a 20 °C em todos os meses do ano. A temperatura crítica em que ocorre redução no consumo de alimentos e na produção de leite está entre 24 °C e 26 °C para a raça Holandêsa e a zona de conforto térmico para animais adultos está entre -1 °C e 21 °C. Por sua vez, as raças zebuínas foram selecionadas naturalmente para viverem, produzirem e se reproduzirem nas condições tropicais da Índia, onde o clima é quente e até mesmo árido. O intervalo de temperatura que limita o conforto térmico dos zebuínos é de 10 °C a 32 °C, com temperatura crítica máxima de 35 °C e mínima de 0 °C. Não existem muitas pesquisa com animais mestiços Europeus x Zebu. Mas é bem aceito pelos especialistas que os animais mestiços têm tolerância ao calor intermediária entre as raças parentais. Alguns autores indicam que a zona de conforto térmico está limitada pela temperatura ambiente mínima de 5 °C e máxima de 31 °C (Harner et al., 2009).

Desta forma, vacas mestiças, pelas suas próprias características e rusticidade, permitem certa flexibilidade em termos de produção de leite. Em geral podem ser utilizados sistemas alternativos de produção, que privilegiam pastos como insumo básico da alimentação dos animais no verão e alimento volumoso suplementar durante o inverno, quando há escassez de chuva e luminosidade. Estes sistemas, quando comparados a outros sistemas mais intensivos, podem apresentar resultados econômicos mais competitivos, uma vez que a alimentação dos

animais participa de forma significativa nos custos de produção de leite, e entre os diversos componentes da dieta dos bovinos, o pasto é o que apresenta menor custo por unidade de nutriente.

Durante a estação chuvosa, as gramíneas tropicais representam a fonte de volumoso mais abundante e de baixo custo na bovinocultura brasileira. Nos últimos 30 anos a área ocupada por pastagens no Brasil passou de 154,1 para 177,7 milhões de hectares, resultando em aumento expressivo nas áreas de pastagens cultivadas. Como consequência, houve decréscimo nas áreas de pastagens nativas, que passaram a representar aproximadamente 45% do total (99.650 milhões até 1995), ou seja, houve crescimento de 300% na área de pastagens cultivadas (IBGE, 2009). Uma vez que as gramíneas tropicais são as fontes de energia mais abundantes para bovinos, os custos de produção da atividade, a receita obtida e a rentabilidade do capital investido são fatores importantes para o sucesso do sistema de produção. Sabe-se que a intensificação dos sistemas de produção a pasto e a adoção de novas tecnologias podem contribuir para aumentar a produção de leite e, consequente reduzir os custos de produção (Peres, 2004).

Entre as alternativas para alimentação suplementar na época de escassez de forragens, as culturas de milho e sorgo têm sido as espécies mais utilizadas no processo de ensilagem, por sua facilidade de cultivo, alto rendimento e, especialmente, pela qualidade da silagem produzida. Outra opção seria a cana-de-açúcar que, dentre outras vantagens, apresenta facilidade e tradição de cultivo, baixo custo por unidade de matéria seca produzida e maturidade coincidindo com o período de escassez de pasto. Porém, a necessidade de corte diário, representa um limitante operacional. Sendo assim, outra saída, seria a ensilagem da cana-de-açúcar, aliada a utilização de aditivos para preservar o teor de matéria seca e a qualidade nutricional do volumoso, mantendo reduzida a fermentação de base etílica, que ocorre devido ao alto teor de carboidratos solúveis

presente na cana-de-açúcar. Desta forma, a escolha do volumoso suplementar fica condicionada a aspectos de disponibilidade, desempenho dos animais e relação custo/benefício.

Assim, se faz necessária a caracterização do desempenho de vacas mestiças utilizando estes volumosos ou mesmo pastos, uma vez que a ingestão de matéria seca é o principal fator nutricional responsável pelas variações existentes na produção animal (Crampton et al., 1960), seguido da transformação de nutrientes digestíveis da dieta em produto animal (Noller, 1997). Através do consumo voluntário de matéria seca, pode-se determinar a quantidade de nutrientes ingeridos e se obter estimativas da quantidade de produto animal elaborado (Mertens 1987; Van Soest, 1994).

O desempenho animal está diretamente relacionado com a qualidade dos alimentos fornecidos, ou seja, com a digestibilidade, que é uma descrição qualitativa do consumo (Van Soest, 1994). Após o conhecimento da composição química, a estimativa dos valores de digestibilidade é reconhecidamente essencial para se avaliar o valor nutritivo dos alimentos (Valadares Filho et al., 2000). A variedade dos alimentos que pode ser utilizada na alimentação de ruminantes é muito grande, mas seu valor nutricional é determinado por uma complexa interação entre os seus constituintes e por sua interação com os microrganismos do trato digestivo, nos processos de digestão, na absorção, no transporte e na utilização de metabólitos, além da própria condição fisiológica do animal (Dutra et al., 1997).

Entretanto, informações acerca do desempenho de vacas mestiças, sob diferentes sistemas de alimentação, ainda são escassas na literatura. Muitas informações são encontradas na literatura internacional, porém, em geral se tratam de vacas leiteiras de sangue predominantemente Holandês, pouco adaptadas à sistemas semi-intensivos. Por isso são necessários estudos do desempenho de vacas mestiças ao longo de sua lactação, submetidas a diferentes planos de alimentação, tanto em pastagens durante o verão, quanto em confinamento

durante o inverno, consumindo diferentes tipos de volumosos. São necessárias ainda informações a respeito do comportamento de consumo e produção de leite ao longo de toda a lactação, pois durante este período existe uma variação em exigências nutricionais de acordo com a fase de crescimento e as atividades produtiva e reprodutiva.

Assim, existe a necessidade de se caracterizar o desempenho de vacas leiteiras durante o ano, seja em pastagens ou em confinamento. A representação gráfica do consumo de matéria seca e da produção de leite no decorrer da lactação de uma vaca é denominada curva de lactação, que pode ser alterada em função de fatores genéticos e não genéticos. A curva de consumo e produção de leite de vacas de raças especializadas de origem européia é bastante conhecida e de suma importância como ferramenta de manejo. Porém, são escassos na literatura nacional dados dessa natureza relativos à animais $\frac{1}{2}$ sangue Holandês x Zebu. Segundo Macciotta et al. (2005) modelos matemáticos empíricos de curvas de lactação são funções regulares $Y = f(t)$, definidas para valores positivos de produção de leite (Y) e tempo de lactação à partir do parto (t), usadas na indústria leiteira para propósitos de melhoramento genético e adequação no manejo.

Na literatura existem alguns modelos que podem prever as curvas de lactação de vacas. Sherchand et al. (1995) descreveram e compararam um total de 20 modelos matemáticos para avaliar curvas de lactação, alguns mais simples e outros muito complexos. Foram utilizados modelos com declínio exponencial na curva (Brody et al., 1924), exponencial parabólico (Sikka, 1950), declínio linear (Cobby & Ledu, 1978), função cosseno hiperbólico e arcotangente (Papajcsik & Boderó, 1988), função logística bifásica (Grossman & Koops, 1988) ou com multifase e modelo de Wood (1967) com uma modificação (Dhanoa, 1981). Silvestre et al. (2006), avaliaram os modelos Wood (1967), Wilmink (1987), o modelo logarítmico de Ali & Schaeffer (1987), o modelo de interpolação de *splice* cúbica e funções polinomiais. Porém, Jenkins e Ferrell (1984) descreveram outro modelo capaz de prever curvas de lactação de vacas

de corte, sendo possível também utilizá-lo nas curvas de lactação de vacas mestiças, originárias de raças zebuínas, uma vez que apresentam produção de leite inferior à vacas de leite especializadas.

Devido a estes fatores, o objetivo deste trabalho foi desenvolver equações para estimar curvas de lactação e de consumo de vacas mestiças F1 holandês x zebu em sistemas a pasto e confinado, e avaliar o desempenho dessas vacas alimentadas com diferentes volumosos.

Literatura Citada

- Ali, T., and L. Schaeffer. 1987. Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci* 67: 637.
- Amaral, R. Ruas, J.R.M.; Santiago, R.L.; Andrade, G.D.; Melo, M.V.M.; Ferreira, J.J. Sistemas de produção de leite utilizando vacas mestiças e produção de fêmeas F1. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 25, n.221. p.90-101, 2004.
- Brody, S., C. Turner, and A. Ragsdale. 1924. The relation between the initial rise and the subsequent decline of milk secretion following parturition. *J. Gen. Physiol.* 6: 541 – 545.
- Cobby, J., and Y. Le Du. 1978. On fitting curves to lactation data. *Anim. Sci.* 26: 127 13 – 13.
- Crampton, E.W.; Donefer, E.; Leoyd, L.E. A nutritive value index for forages. *Journal of Animal Science*, v19, p.538-544, 1960.
- Dhanoa, M. 1981. A note on an alternative form of the lactation model of wood. *Anim. Sci.* 32: 349 – 351.
- Dutra, A.R.; Queiroz, A.C.; Pereira, J.C. et al. Efeitos dos níveis de fibra e de fontes de proteínas sobre o consumo e digestão dos nutrientes em novilhos. *Revista Brasileira Zootecnia*, v.26, n.4, p.787-796, 1997.
- Grossman, M., and W. Koops. 1988. Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 71: 1598 – 1608.
- IBGE, Diretório de Pesquisa, Coordenação de agropecuária, Pesquisa da pecuária municipal 2009. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>

- presidência/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=499&id_pagina=1. Acesso em 1 Fev. 2011.
- Jenkins, T. G., and C. L. Ferrell. 1984. A note on lactation curves of crossbred cows. *Anim. Prod.* 39: 479 – 472.
- Macciotta, N., D. Vicario, and A. Cappio-Borlino. 2005. Detection of different shapes of lactation curve for milk yield in dairy cattle by empirical mathematical models. *J. of Dairy Sci.* 88: 1178 – 1191.
- Mertens, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, v64, p.1548-1558, 1987.
- Miranda, J. E. C. e Freitas, A. F. 2009. Raças e tipos de cruzamentos para produção de leite. Juíz de Fora: Embrapa Gado de Leite, Circular Técnica, 98. 12p.
- Noller, C.R. Nutritional requirements of the grazing animal. In: Simpósio Internacional Sobre Produção Animal Em Pastejo, 1997, Viçosa. Anais...Viçosa: UFV, 1997. p.145.
- Papajcsik, I., and J. Boderó. 1988. Modelling lactation curves of friesland cows in a subtropical climate. *Anim. Prod.* 47: 201 – 207.
- Peres, A.A.C.; Souza, P.M.; Maldonado, H. Análise econômica de sistemas de produção a pasto para bovinos no município de Campos dos Goytacazes-RJ. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.1557-1563, 2004.
- Ruas, J.R.M.; Borges, L.E. Marcatti Neto, A.; Amaral R. Cria e recria de fêmeas F1: Holandês x Zebu para produção de leite. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v. 25, n.221. p.40-46, 2004.

- Sherchand, L., R. W. McNew, D. W. Kellogg, and Z. B. Johnson. 1995. Selection of a mathematical model to generate lactation curves using daily milk yields of Holstein cows¹. J. Dairy Sci. 78: 2507 – 2513.
- Sikka, L. 1950. A study of lactation as affected by heredity and environment. J. Dairy Res. 17: 231 – 252.
- Valadares Filho, S.C. Nutrição, Avaliação de alimentos e tabelas de composição de alimentos para bovinos. In: Reunião Anual Da Sociedade Brasileira De Zootecnia, 37., 2000, Viçosa. Anais ... Viçosa: SBZ, 2000. p.267-337.
- Van Soest, P.J. Nutricional ecology of the ruminant. 2. Ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- Wilmink, J. 1987. Adjustment of test-day milk. fat and protein yield for age, season and stage of lactation. Livest. Prod. Sci. 16: 335 – 348.
- Wood, P. D. P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. Nature 216: 164 – 165.

Different forage sources for F1 Holstein x Gir dairy cows

Abstract: We evaluated the effect of different forage sources on the performance of crossbred dairy cows in tropical conditions. The experiment was carried out on the Experimental Farm of the Agricultural Research Company of Minas Gerais, in Felixlândia-MG, Brazil. Twelve crossbred F1 Holstein x Gir cows were allocated to a 4x4 Latin square, balanced for residual effect, and each experimental treatment was assigned to one group of three cows. The experiment consisted of four treatments and five experimental periods of 21 days, with 14 days of adaptation and 7 days of data collection. The treatments were sorghum silage, corn silage, fresh sugarcane and sugarcane silage treated with 1% calcium oxide. The three markers method was used (LIPE ®, titanium dioxide and iADF) to estimate the individual intake and the apparent digestibility of the feed for the cows in each group. The data were subjected to analysis of variance and compared by a Tukey test at 5% probability using the PROC GLM of SAS, version 8.0 for Windows software. The dry matter intake (DMI) and organic matter intake (OMI) were highest ($P<0.05$) for cows consuming corn silage ($P<0.05$) and lower for those consuming sorghum silage, fresh sugarcane and sugarcane silage. The DMI of fresh sugarcane was lower than those of corn silage and sorghum silage ($P<0.05$). There was a decrease in the DMI when cows were fed sugarcane silage ($P<0.05$). The dry matter digestibility (DMd) and organic matter digestibility (OMd) of corn silage, sorghum silage and fresh sugarcane were statistically equal ($P>0.05$) and all were higher than that of the sugarcane silage-based diet ($P<0.05$). The milk yield from cows fed corn silage and sorghum silage were similar ($P>0.05$) and higher than the milk yields from cows fed sugarcane silage and fresh sugarcane, which were similar to each other. There was a higher content of non-esterified fatty acids ($P<0.05$) in the plasma of cows fed sugarcane silage. Nitrogen balance was greatest for cows fed corn and sorghum silage, followed

by fresh sugarcane and then sugarcane silage ($P<0.05$). We conclude that the sugarcane silage-based diet provides a low intake, low digestibility, low efficiency of nitrogen utilization and high mobilization of body reserves in F1 Holstein x Gir cows. This mobilization supports a milk production similar to cows fed fresh sugarcane. Corn silage and sorghum silage provide satisfactory cow performance and nitrogen utilization, even with a high forage:concentrate ratio.

Keywords: corn silage; fresh sugarcane; lactation; sorghum silage; sugarcane silage

Introduction

The Gir cattle, a breed of Indian origin, represents one of the zebu breeds most commonly used in tropical countries for animal production. The product of crossing Gir cattle with other cattle, such as Holsteins, introduces significant heterosis and ideal characteristics for milk production in warm climates. The F1 Holstein x Gir cows are adapted for milk production in tropical climates and grazing environments due their rusticity, high fertility, longevity, maternal ability and resistance to ectoparasites. Because pastures vary in chemical composition, nutritive value and availability throughout the year, studies with extra forages during the winter are warranted because this period presents a shortage of rain and daylight.

Among the alternatives for supplementary feeding in times of pasture shortages, corn and sorghum are the species most commonly fermented for silage because of their ease of cultivation, high yields and resulting silage quality. Corn silage is the forage most commonly used in dairy cow diets in many countries. However, in tropical and subtropical areas, corn crops are less productive than sugarcane (Harris Jr et al., 1983). In Brazil, sugarcane productivity can reach 81.3 t/ha, whereas that of corn can reach 50 t/ha (Conab, 2009).

The main benefits of sugarcane as a fiber source for dairy cattle are its low cost per unit of dry matter yield, maturity coinciding with the period of scarcity of pasture and high productivity. However, fresh sugarcane has to be cut daily, which represents an operational limitation. So ensiling sugarcane with an additive would be an alternative method of preserving the dry matter content and nutritional quality of the forage while simultaneously maintaining the low-alcohol fermentation that normally occurs in untreated silage due to the high soluble carbohydrate levels. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of different forage sources on the performance of crossbred F1 Holstein x Gir dairy cows in tropical conditions.

Materials and Methods

Location

The experiment was carried out on the Experimental Farm of the Agricultural Research Company of Minas Gerais, in Felixlândia-MG, Brazil. The laboratory analysis was done in the Ruminant nutrition laboratory of the Animal Science Department at the Federal University of Viçosa (UFV) in Viçosa, MG, Brazil. Humane animal care and handling procedures followed the guidelines of the Federal University of Viçosa.

Animals, diets, experimental design and management

Twelve crossbred F1 Holstein x Gir cows were allocated to a 4x4 Latin square, balanced for residual effect (Lucas, 1957), and each experimental treatment was assigned to one group of three cows. The experiment consisted of four treatments over five experimental periods of 21 days, with 14 days of adaptation and 7 days of data collection. The last period was a repetition of the fourth and was used to estimate the residual effects of forage (Lucas, 1957).

The treatments were diets of sorghum silage, corn silage, fresh sugarcane and sugarcane silage treated with 1% calcium oxide. The SP80-1816 variety of sugarcane was ensiled with 19 degrees Brix. The diets were formulated to be isonitrogenous (14% CP), and urea was used to match the CP content between forages because the same concentrate was used for all treatments (Table 1). Diets were formulated according to the recommendations of the NRC (2001) to supply the nutritional requirements of cows weighing 500 kg and producing 15 kg of milk daily for 110 days, with 4.0% fat and 3.2% protein. Cows were allocated to diets while in the feedlot, in groups of three. Each group received an experimental diet twice a day at 7:30 a.m. and 3:00 p.m. The daily amount of provided feed and the orts from each treatment were weighed to give estimates of the feed intake.

Intake estimation

The three markers (LIPE®, titanium dioxide and indigestible acid detergent fiber - iADF) method was used to estimate the individual intake and the apparent digestibility of the feed for the cows in each group (Valadares Filho and Marcondes, 2009). LIPE® (lignin isolated, purified and enriched from *Eucalyptus grandis*) was used to estimate the fecal excretion (as dry weight). From the twelfth until the seventeenth day of each experimental period, a 500 mg capsule of this marker was provided during the morning milking, in the milk parlor, in the individual concentrate bin for each cow. The marker was given for a total of 11 days; the first 6 days were to stabilize the fecal excretion of the marker, and the last five days were for fecal sampling. Fecal samples were collected twice a day, after each milking (Saliba, 2005).

The fecal samples were oven-dried (60°C), ground and composed proportionately on each of five days of sampling, per animal, based on their dry weights. Approximately 10 g of each composed sample of feces was sent to the Federal University of Minas Gerais to estimate the total daily fecal output by two methods of LIPE ® measurement as described by Saliba (2005).

One kilogram of concentrate was provided for the first 8 kg of milk produced, and one additional kg of concentrate was provided for every 3 kg additional of milk produced. The animals received equal amounts of concentrate in the collective bin at the feedlot, and differences in concentrate intake inherent to each cow were corrected through individual supplementation in the bin at the parlor. The concentrate supplied and the orts were weighed for each cow. Titanium dioxide was used to estimate the individual intake of concentrate in the collective bin at the feedlot (Valadares Filho and Marcondes, 2009). From the seventh until the seventeenth day, the cows were supplied with 15 g of this marker, completely mixed into the concentrate by a mixer. Thus, 45 g of marker was used per day for each group of three cows. The marker was given for a total of 11 days: 6 days to stabilize fecal excretion of the marker, and 5 days to sample the feces twice a day after milking.

The fecal samples were dried, ground and composed proportionately for each of the five days of sampling, per animal, based on the dry weight of the feces. The concentration of titanium dioxide was determined using the techniques described by Myers et al. (2004). The concentrate intakes from the collective bin at the feedlot were estimated by dividing the total fecal excretion of titanium dioxide by the concentration of titanium dioxide in the concentrate. The resulting value was added to the concentrate intake at the cows' individual bins at the milking parlor.

The individual intakes of forage were estimated using the internal marker iADF. Individual forage intakes were estimated by subtracting the marker excretion from the concentrate from the total iADF excretion and dividing that difference by the concentration of the marker in the forage. The samples of feces, forages and concentrate were placed in Ankon bags (Filter bag F57) and incubated in the rumen of a fistulated crossbred animal for a period of 11 days (Casali et al., 2008). When the bags were withdrawn from the rumen, they were soaked in water for 30 min and gently washed by hand under running water until the washing water ran clear. Then the bags were analyzed using the ANKOM 200 fiber Analyzer, as described by Ferreira and Mertens (2007), and the iADF was determined by weighing the bags with a digital scale after drying them in an oven at 60 °C for 72 h followed by 105 °C for 8 h. The residue was considered the iADF.

Milking procedures

The cows were milked at 7:00 am and 2:00 p.m., and the daily milk yield was recorded. The milk was sampled in proportion to the milk produced on the sixteenth day of each experimental period. The samples were placed in plastic bottles with bromopol® and sent to the Laboratory of Milk Quality, UFMG-Brazil, to determine the fat, protein, lactose and total solid contents using the methodology described by the IDF (1996). The fat-corrected milk (FCM%) was calculated according to the NRC (2001). Another part of the composed sample of milk was

deproteinized with trichloroacetic acid (10 mL of milk mixed with five mL of 25% trichloroacetic acid) and filtered through a paper filter. The filtered part was stored at 20 °C for later analysis of the urea and allantoin contents.

Sampling and analytical procedures

During the experimental period, the diets were sampled daily and frozen shortly thereafter. At the end of each week, a composed forage sample was prepared and dried. At the end of each period, another composed sample was prepared based on the dry weight of each weekly sample in the 21 day period. All samples were dried in a ventilated oven at 60 °C for 72 h and ground to pass through a 2 mm screen. The samples were stored in a plastic container for further analysis. The dry matter (DM), organic matter (OM), ash and crude protein (CP) were analyzed as described in the AOAC (2000) methods. The ether extract (EE) was obtained by Soxhlet extraction with petroleum ether. The concentrations of acid detergent fiber (ADF) and neutral detergent fiber without sodium sulfite (NDF), as well as NDF corrected for ash and protein (apNDF), were determined following the protocols suggested by Mertens (2002) and were analyzed with heat-stable α -amylase (Ankon Tech. Corp., Fairport, NY). Lignin was extracted with 72% sulfuric acid (Van Soest 1967). The non-protein nitrogen (NPN) was analyzed according to the procedure of Licitra et al. (1996). Neutral detergent insoluble nitrogen (NDIN) was quantified using the Kjeldahl nitrogen method (Licitra et al., 1996). Table 2 shows the composition of the ingredients used in the experimental diets. The total nitrogen in the feces and urine was determined using the Kjeldahl nitrogen method, and the milk nitrogen was calculated by dividing the milk protein (IDF, 1996) by 6.25.

On the fourteenth day of the adaptation period, and at the end of each experimental period, the cows were weighed immediately after milking to assess changes in their body weights. Blood samples were collected on the 21st day by coccygeal venipuncture using tubes

coated with the anticoagulant EDTA, and the tubes were immediately centrifuged at 5,000 rpm for 15 minutes. The plasma was recovered, packed in plastic containers and frozen at -15 °C until the analysis of the non-esterified fatty acids (NEFA) and urea nitrogen. For the NEFA determination, a commercial kit was used by adapting the reagent optimization technique (Johnson and Peters, 1993).

Urine spot samples were collected on day 21 of each period, immediately after milking, with a stimulating massage. After the homogenization and filtration, 10 ml aliquots of urine were taken and diluted to 40 ml with 0.036 N sulfuric acid, as described by Valadares et al. (1997). These samples were adjusted to pH three to avoid bacterial destruction of purine derivatives, and then the samples were placed in plastic bottles, properly identified and frozen for later analysis of their urea, total nitrogen, creatinine, uric acid and allantoin. The total daily urine volume was estimated by dividing the daily urinary excretion of creatinine by the observed values of creatinine concentration in the urine according to Valadares and Valadares Filho (2001). The daily urinary creatinine excretion was estimated from the proposition that 24.05 mg of creatinine per kg of body weight of dairy cow is excreted constantly over 24 h (Chizzotti et al., 2009).

The allantoin, uric acid and creatinine in the urine were measured by high-performance liquid chromatography (HPLC) according to the protocol described by George et al. (2006). The allantoin in the milk serum was analyzed by the colorimetric method described by Chen and Gomes (1992). The urea in the plasma and milk serum was determined using commercial kits for analysis.

In situ degradation kinetics

The dry matter degradability coefficients, a , b and k_d , were calculated from the following equation: $DM\ degradation = a + b (1 - \exp^{-k_d t})$, where a = the soluble fraction, b = the insoluble and potentially degradable fraction and k_d = the degradation rate of fraction b at time t . The

passage rate (k_p) was calculated according to the NRC methodology (2001), using the following equations for fresh forage and silages: $k_p = 3.054 + 0.614 \times \text{DMI}$, in which the dry matter intake is expressed as %BW.

The NDF degradation kinetics in the rumen for forages were analyzed using in situ incubations of 0, 2, 4, 8, 16, 24, 48, 72, 96 and 240 hours, and the parameters were estimated using the model presented by Mertens and Loften (1980) and described by the function $Y_t = b * \exp^{(-k_d(t-L))} + I$, where Y_t = the undegradable residue at time t (%); b = the potentially degradable fraction of NDF (%); K_d = the degradation rate of b (h^{-1}), t = an independent variable referring to the time (h); L = the discrete lag (h); I = the undegradable NDF fraction. The effective rumen degradation (ED) was calculated by the model $ED = b * [k_d/(k_d + k_p)]$, where k_p = the feed passage rate through the rumen (h^{-1}).

Calculation and statistical analyses

The non-fiber carbohydrates were corrected for ash and protein (NFCap) as proposed by Hall (2001) as follows: $\text{NFCap} = 100 - [(\% \text{CP} - \% \text{urea CP} + \% \text{urea}) + \text{NDFap} + \% \text{EE} + \% \text{ash}]$. The total digestible nutrients (TDN) were calculated according to Weiss (1999) by the following equation: $\text{TDN} (\%) = \text{dCP} + \text{dNDF} + 2.25\text{dEE} + \text{dNFC}$, where dCP = the digestible crude protein; dNDF = the digestible neutral detergent fiber; dNFC = the digestible non-fiber carbohydrates; dEE = the digestible ether extract.

The nitrogen balance was calculated as the difference between the total nitrogen intake and the total nitrogen excreted in the feces and urine as well as secreted in the milk. The total excretion of purine derivatives (PD) was calculated as the sum of the allantoin and uric acid excreted in the urine and the allantoin secreted in the milk. The absorbed purines (X mmol/day) were calculated from the PD excretion (Y , mmol/day) using the equation $Y = 0.85 + 0.385\text{PV}^{0.75}$, where 0.85 is the recovery of absorbed purines as purine derivatives and $0.385\text{PV}^{0.75}$ is the

endogenous contribution to purine excretion (Verbic et al., 1990). The microbial protein synthesis in the rumen (Y, gN/day) was calculated based on the absorbed purines (X, mmol/day) using the equation $Y = (70X)/(0.83 \times 0.116 \times 1000)$, where 70 represents the N content in purines (mg N/mmol), 0.83 is the microbial purine digestibility and 0.116 is the ratio between N-purine and the total N-bacteria proportion (Chen and Gomes, 1992).

The data were subjected to analysis of variance, and when differences were significant by the F test, the data were compared by the Tukey test at 5% probability using PROC GLM of SAS, version 8.0 for Windows and the model:

$$Y_{ijkl} = \mu + F_i + G_j + P_k + e_{ijk} + \varepsilon_{(ijk)l}$$

Where F_i is the fixed effect of the forage sources, G_j is the random effect of the group, P_k is the fixed effect of the period, e_{ijk} is the error between groups and $\varepsilon_{(ijk)l}$ is the error inside the groups.

Results

Dry matter intake

The dry matter intake (DMI) (kg and %BW) and organic matter intake (OMI) (Table 3) were highest ($P < 0.05$) for cows consuming corn silage and gradually lower for sorghum silage, fresh sugarcane and sugarcane silage. Note that, as shown in Table 2, the sorghum silage contained higher NDF, iNDF and lignin contents than did the corn silage. The DMI of fresh sugarcane (Table 3) was lower than that of corn silage and sorghum silage ($P < 0.05$). Despite its lower NDF and ADF contents, fresh sugarcane presented a higher iADF content and a higher lignin content (in terms of %ADF) than did the other diets (Table 2). There was decrease in the DMI (Table 3) of cows fed sugarcane silage ($P < 0.05$). Sugarcane silage had higher levels of NDF, CP and NDIN and lower levels of NPN and NFC than did fresh sugarcane (Table 2).

Nutrient Intake

The crude protein intake (CPI) for the corn silage-based diet was higher ($P<0.05$), than those of the diets based on sorghum silage and fresh sugarcane, which both showed the same CPI ($P>0.05$). Sugarcane silage provided a lower protein intake (Table 3) than the other treatments. The ether extract (EE) intake was higher for cows fed corn silage ($P<0.05$) than those fed the other forages, which did not differ in terms of EE intake (Table 3).

The neutral detergent fiber intake (NDFI) (kg and %BW) was similar for cows receiving corn and sorghum silages and higher than that of cows given fresh sugarcane ($P<0.05$). Sugarcane silage provided the lowest NDFI (Table 3).

The non-fibrous carbohydrate intake (NFCI) for corn silage and fresh sugarcane were higher than that for sugarcane silage ($P<0.05$). However, the NFCI for fresh sugarcane did not differ from that for sorghum silage. Sugarcane silage provided the lowest NFCI (Table 3).

The total digestible nutrient intake (TDNI) from corn silage was the highest ($P<0.05$), followed by sorghum silage and fresh sugarcane, which presented the same TDNI ($P>0.05$). Sugarcane silage provided the lowest TDNI (Table 3).

Digestibilities

The dry matter digestibility (DMd) and organic matter digestibility (OMd) of corn silage, sorghum silage and fresh sugarcane (Table 4) were statistically equal ($P>0.05$) and higher than those of the sugarcane silage-based diet ($P<0.05$). There were differences ($P<0.05$) in the crude protein digestibility (CPd) of diets based on corn silage and sugarcane silage (Table 4), and the CPds of diets based on sorghum silage and fresh sugarcane were similar to those of the other treatments ($P>0.05$). There was no difference (Table 4) in the ether extract digestibility (EEd) of the different diets ($P>0.05$).

The neutral detergent fiber digestibility (NDFd) differed ($P < 0.05$) in the corn silage-based and sugarcane silage-based diets (Table 4). The sorghum silage and fresh sugarcane diets were similar in terms of their NDFd ($P > 0.05$). The non-fibrous carbohydrate digestibility (NFCd) was higher in the fresh sugarcane and corn silage treatments ($P < 0.05$), and there was no difference ($P > 0.05$) in the NFCds of the sugarcane silage and sorghum silage treatments (Table 4).

The total digestible nutrients (TDN) were similar in corn silage, sorghum silage and fresh sugarcane ($P > 0.05$). Sugarcane silage provided the lowest TDN content, although it was not significantly lower ($P > 0.05$) than that of sorghum silage (Table 4).

Milk parameters

The milk yields from cows fed corn silage and sorghum silage were similar ($P > 0.05$) and higher than the milk yields from cows fed sugarcane silage and fresh sugarcane, which were similar to each other (Table 5). There was no difference in the milk composition among the experimental diets ($P > 0.05$) (Table 5).

In situ degradation kinetics

Fresh sugarcane showed the highest DM soluble fraction (a), but its potentially degradable fraction (b) and the disappearance rate of the DM (kd) were lower than those of the other forages. Fresh sugarcane also presented a larger undegradable fraction of the NDF (I) and lower effective degradability of the NDF. In contrast, sorghum silage (Table 6) presented the smallest soluble fraction (a) and a higher potentially degradable fraction than the other treatments (b). Sugarcane silage showed a disappearance rate (kd) of DM lower than those of corn and sorghum silages (Table 6) and an even lower disappearance rate of NDF. Corn silage presented the highest disappearance rate (kd) of DM and NDF and the highest effective degradability of NDF (Table 6).

Metabolic Parameters

Cows fed sugarcane silage had higher non-esterified fatty acid (NEFA) contents in their plasma than cows fed other silages ($P < 0.05$). The nitrogen balance was greatest ($P < 0.05$) for cows fed corn and sorghum silage (Table 7), followed by fresh sugarcane and sugarcane silage. There was no difference in the nitrogen content in the urine ($P > 0.05$), probably due to the higher coefficient of variation. The milk nitrogen was highest in cows consuming corn silage ($P < 0.05$). There were no differences among the other treatments for this parameter ($P > 0.05$). The urine urea nitrogen (UUN), plasma urea nitrogen (PUN) and milk urea nitrogen (MUN) were highest ($P < 0.05$) in cows fed sugarcane silage (table 7). Cows consuming corn silage presented the lowest PUN, MUN and UUN ($P < 0.05$). Out of all the treatments, corn silage promoted the highest production of total excreted purines and microbial nitrogen in the rumen (Table 7). In contrast, the microbial efficiency of the corn silage-based diet was not superior to that of the other diets (Table 7).

Discussion

Dry matter intake

The sorghum silage intake may have caused a physical limitation on the intake of dry matter, in contrast to corn silage. According to Van Soest (1994), the DMd, and therefore the OMd, depends on the cell wall content and its availability for digestion, as determined by the lignification degree and other factors. When the lignin content increases, the relationship between intake and digestibility increases as well. Romney and Gill (2000) reported that the fibrous cell wall content is the major factor that determines the volume occupied in the rumen. The distributions of different plant molecules, such as lignin, and the links between them are important factors in bacterial pathogenesis of plant cells.

To determine the undegradable fraction of feedstuff, Van Amburgh (2004) described a mathematical approach for calculating the rates of digestion for a fixed iNDF pool. The indigestible fraction was estimated using the formula $(ADL \times 2.4)/NDF$. Following this concept, sorghum silage presented a higher indigestible fraction (28.59%) than corn silage (20.48%). This mathematical approach also can be supported by the iNDF intake (iNDFI) for these two forages, which was 4.51 kg for sorghum silage and 3.99 kg for corn silage (Table 3), despite the NDFI being the same. In this case, the iNDFI represented 35.49% of the diet for sorghum silage and 27.36% for corn silage. The iNDFI may explain the higher intake of corn silage than sorghum silage. Added to these factors, Raffrenato and Van Amburgh (2010) have stated that both lignin and the iNDF, obtained after 240 hours of fermentation, can have a dynamic relationship. Thus, forage group-specific values, according to the lignin:NDF ratio of the specific forage, can be used to better predict the potentially degradable NDF (pdNDF). The ratio $iNDF/(Lignin/NDF)$ can be used to calculate the pdNDF of each forage, such as corn silage and sorghum silage. These two forages presented pdNDF values of 3.99 and 3.72, respectively, and this may mean that corn silage was more extensively degradable than sorghum silage (Table 2).

In addition, resistance to particle size reduction is positively correlated with the fiber content of feedstuffs. Oliver et al. (2004) compared sorghum silages of different cultivars to corn silage for cows. They observed a lower degradation rate for sorghum silage and less potential digestion because the degradability parameters were highly correlated with intake.

Dann et al. (2008) also compared different varieties of sorghum silage to corn silage. They observed lower intakes of dry matter and organic matter for animals fed silage of different varieties of sorghum and also found lower levels of starch in some sorghum cultivars. A similar trend can be observed in this work, as the lowest level of non-fiber carbohydrates was observed in sorghum silage (Table 2). Oliver et al. (2004) observed an even greater quantity and

digestibility of the starch in corn silage compared to sorghum silage. When starch with greater digestibility is supplied, it enhances the performance of dairy cows in two ways. First, it increases milk production without changing the intake, or it maintains milk production despite a decrease in intake. In other words, it improves the feed efficiency and also contributes to an increase in the efficiency of rumen degradable protein (Imaizumi et al., 2006). In this study, despite a lower intake of sorghum silage than corn silage, there was no difference in the milk yield of cows fed these two silages (Table 5). This result may mean that the smaller amount of starch in sorghum silage did not represent a limiting factor for the milk production of crossbred cows.

Despite its lower fiber content, the low quality of the fresh sugarcane fiber caused negative effects on the dry matter and organic matter intakes. Consumption of forages is limited by the removal rate of particles in the rumen-reticulum. This removal rate is linked to the chemical composition of the forage, the particle size, the digestion rate of the digestible content and the reduction rate of the indigestible content (McDonald et al., 1991). Thus, the high iADF content in sugarcane, especially compared to corn silage, appears to have been a limiting factor for intake. Sugarcane also presented a lower pdNDF factor (2.07) and a higher indigestible fraction (22.35%) compared to corn and sorghum silage (Table 2).

The fiber digestion rate of sugarcane is low, and the accumulation of undigested fiber in the rumen limits intake (Valadares Filho et al., 2008). The fraction of soluble sugars from sugarcane accounts for most of the energy the animal gets from this forage. However, while the sugars are rapidly fermented in the rumen, the structural carbohydrates are utilized slowly (Landell et al., 2002). Fermentation in fresh sugarcane begins immediately after grinding in the field, due to the high levels of NFC (Table 2). It is possible to convert up to 50 % of the soluble sugars in sugarcane to organic acids and alcohol (Gonzalez and MacLeod, 1976 and Ravelo et

al., 1978), thereby reducing its palatability and, consequently, its intake (Kung Jr. and Stanley, 1982).

The decreased NPN and NFC contents in sugarcane silage and the increased level of NDF were consequences of the soluble carbohydrate fermentation and volatilization losses, resulting in high levels of cell wall components. Especially in sugarcane silage, Kung Jr. and Stanley (1982) reported that the abundance of soluble substrates for fermentation, especially sucrose, promotes rapid hydrolysis to glucose and fructose monomers during fermentation, and yeast microflora are responsible for converting the sugars to alcohol.

According to Van Soest (1994), silage intake can often be less than expected for other non-fermented forages with similar NDF content, probably as a result of the negative metabolic balance induced by fermentative losses. McDonald et al. (1991) stated that silage DMI by ruminants is largely regulated by the same mechanism as fresh forage. However, the DM intake is often lower for silage than for fresh forage or hay.

Costa et al. (2005) evaluated different replacement levels of corn silage with fresh sugarcane for Holstein cows with 60% dietary forage. They observed an 18% reduction in the DMI, but the intake was similar to that of corn silage when the forage proportion was reduced to 40%. Magalhães et al. (2004) found a 30 g decrease in the DMI of fresh sugarcane for each unit of corn silage replaced, reaching a 13.8% decrease in intake when replaced with 100% corn silage. Valvasori et al. (1998) evaluated Holstein cows with 19 kg/day average production, and they observed a decrease in intake from 12.40 to 7.73 kg/day of forage when 100% of corn silage was replaced with fresh sugarcane.

In this study, the fresh sugarcane DMI was 74.2% of the diet, and a 28% decrease in intake was observed. Other studies like this are scarce, especially with high proportions of sugarcane in the diet using crossbred cows. Costa et al. (2010), working with crossbred cows of

different production levels (6, 9, 12 and 15 kg/day) and different proportions of fresh sugarcane in their diets (100, 84, 76, 70%), found increased DMI (7.46, 13.70, 15.77 and 17.44 kg / day), which shows that the inclusion levels of fresh sugarcane in the diet should always be considered.

Studies of the performance of dairy cows consuming sugarcane silage are even scarcer. Neves Neto (2009) worked with pure Holstein cows or cows crossed with Jersey that were fed 55% sugarcane silage in their diets. They observed an average DMI of 16.07 kg and milk production of 16.03 kg/day, but these cows were treated with BST, so it was not possible to assign to this performance solely to the diet. Valvassori et al. (1998) fed cottonseeds to cows, and they found no difference in intake when sorghum silage was replaced 100% with sugarcane silage, achieving an average intake of 14.14 kg/day. However, there was a 9% decrease in milk production.

Nutrient intake

In this experiment, the CPI followed the DMI of the diets. This was expected because the diets were formulated to have similar crude protein contents. The only exception was that although the DMI of the corn silage was greater than that of sorghum silage, the CPI was not. This lack of an increase in the CPI may be due to increased statistical variability of the CPI, as is demonstrated by the higher coefficient of variation.

Dias et al. (2001) compared corn silage and sorghum silage for dairy cows and reported similar behavior for the DMI and CPI. Nascimento et al. (2008) also observed similar behavior when comparing corn silage to saccharin sorghum silage. Other authors (Costa et al., 2005, Magalhães et al., 2004, Mendonça et al., 2004) evaluated different substitution levels of fresh sugarcane for corn silage. They observed that the CPI followed the DMI. As the amount of fresh sugarcane in the diet increased, the CPI values decreased. Protein intake was similar for corn

silage and fresh sugarcane when Costa et al. (2005) reduced the proportion of 60% sugarcane in the diet to 40%.

The lipid intake was higher for cows fed corn silage than other forages, which did not differ. This finding was due to both a higher intake of corn silage compared to other forages and a higher amount of lipids present in corn silage (Table 2).

The NDFI accompanied the DMI, except for the sorghum silage NDFI, which was similar to the corn silage NDFI, even with a higher corn silage DMI. This fact was probably due to the higher iNDFI of sorghum silage than corn silage (Table 3), which was a limiting factor for sorghum silage intake. In general, the forage intake varies inversely with the rumen fill capacity, which is affected by the forage fiber mass. This relationship explains the fact that there was a greater correlation between intake and NDF in the diet than any other nutrient. The NDF is the most suitable chemical predictor of the DMI (Allen, 1996; Waldo, 1986, Van Soest, 1965). In the present study, the NDFI was an immediate consequence of the DMI due the high correlation between these two variables in the diet. Furthermore, according to Raffrenato and Van Amburgh (2010), the NDF also contains a fraction that is unavailable for microbial digestion in ruminants, the iNDF. Thus by definition, the iNDF represents a uniform feed fraction with zero true digestibility according to the Lucas test (Lucas, 1964). In this case, the sorghum silage iNDFI was a better predictor of the NDFI than corn silage because, even though corn silage provided a higher DMI, the sorghum silage NDFI did not differ from that of corn silage (Table 3).

Aydin et al. (1999) replaced corn silage with sorghum silage of different varieties for dairy cows. They observed higher corn silage DMI, but the NDF intakes were statistically equal, due to the higher NDF content of sorghum silage. Costa et al. (2005) used 60% fresh sugarcane in a diet for dairy cows that totally replaced corn silage treatment. They also found that the NDFI varied with the DMI, which was reduced with the replacement. Only when they limited 40% of

fresh sugarcane in the diet did they observe a lower NDF intake than in the 60% corn silage treatment, and the DMIs for these two treatments were statistically equal due to a high concentrate content in the fresh sugarcane diet.

The NFCIs of corn, sorghum and sugarcane silages varied with the DMIs. Only fresh sugarcane did not present this behavior because of its high NFC content. Thus, the fresh sugarcane NFCI was similar to that of corn silage, even though the intake of corn silage was greater than that of other forage. Costa et al. (2005), replaced 100% of the corn silage in a diet with fresh sugarcane, and their results were in agreement with this work. As the high corn silage intake was greater than the fresh sugarcane intake, no effects were found for the NFCI from these two feeds. This result shows that the higher sugarcane NFC content promotes a higher NFCI, even with a lower fresh sugarcane intake.

The highest TDNI derived from corn silage was due to a higher DMI. However, the TDN intakes from sorghum and fresh sugarcane were equal because the sorghum silage DMI was higher than that of fresh sugarcane. First, according to the NRC (2001), 50-100% of silage NFC consists of starch. The digestibility of starch from sorghum silage is less than that of several other silages, thus reducing the TDNI from sorghum silage. In contrast, the sugarcane NFC is mostly composed of sucrose (Preston, 1977), which is highly soluble, resulting in a TDNI increase. This was confirmed by the greater NFC digestibility of fresh sugarcane found in this work (Table 4). Another important point is that, despite the higher DMI of sorghum silage compared to fresh sugarcane, their CPIs were statistically equal. The CPI is an important factor that influences the TDNI. Also, according to the NRC (2001), dietary NDF is less digestible than NFC. The NDF concentration in foods or diets is negatively correlated with the energy concentration. Thus the high NDF content of sorghum silage decreased the TDNI of this treatment.

Digestibility

There was a high percentage of ADF and lignin in sugarcane silage (Table 2), which may justify the lower DMd and lower DMI. According to Van Soest (1994), DMd and consequently, OMD, depends on the cell wall content and its availability for digestion. These digestibilities are determined by the lignification degree as well as other factors. When the lignin content increases, so does the relationship between intake and digestibility. According to Jung and Allen (1995), when there is a lignification increase in the cell wall, the digestibility of feedstuffs decreases accordingly because lignin is a physical barrier to enzymatic hydrolysis. In this work, the low NDF digestibility of the sugarcane silage-based diet provided a considerable reduction in DMd.

The DMd and OMD of corn silage, sorghum silage and fresh sugarcane did not differ significantly, which could be a mechanism to compensate for carbohydrate digestibility. Costa et al. (2005) found no difference in the DMd and OMD when corn silage was replaced with fresh sugarcane. However, the authors suggested that the low NDFd from sugarcane may have been offset by the high NFCd of this forage, as occurred in this study. In the case of corn and sorghum silages, although sorghum silage presents a higher NDF, iNDF and lignin content than corn silage, thus providing an intake limitation compared to corn silage, this fact was not sufficient to cause changes in the DMd and OMD.

The CPd results could be attributed to the dilution effect of the endogenous protein losses from the gut. Both the nitrogen intake and the fecal nitrogen content were higher in corn, sorghum silage and fresh sugarcane than in sugarcane silage (Table 7). The fecal metabolic N was probably the most representative part of the fecal nitrogen in cows consuming sugarcane silage rather than other forage, which promoted a lower apparent CPd (Table 4). However, the metabolic fecal N in cows consuming corn silage probably did not represent a great part in the total N amount excreted. According to Tamminga (1992), fecal losses result from the excretion

of undigested feed N, undigested microbial N and endogenous N, which occurs because of the release of digestive enzymes and the sloughing of epithelial cells of the gut wall.

There was a low EE percentage (around 2%) in the experimental diets. According to Byers and Schelling (1988), the rumen microorganisms modify dietary lipids rapidly and extensively. Under normal conditions, a small amount of ruminal fat escapes unscathed or without undergoing to biohydrogenation. In this work, even the highest intake of ether extract from corn silage did not result in differences in the digestibility of this nutrient between the experimental diets.

The largest concentrate proportion was in the sugarcane silage-based diet (33.4%) compared to diets containing sorghum and corn silage and fresh sugarcane (21.21, 20.78 and 25.72%, respectively). This high proportion occurred due to a low forage intake (Table 3) and may explain the lower NDFd than seen in the other treatments. According to Allen (1996), the extent of fiber digestion may be reduced by the addition of non-fiber carbohydrates to the concentrate, which acts to reduce the ruminal pH. Varga et al. (1998) also indicated that passage rate and fiber digestion rate are affected by the non-structural carbohydrate content in the diet, as fibrolytic bacteria compete with amylolytic bacteria for the same nutrients. Furthermore, the fibrolytic enzymes are inhibited by non-structural carbohydrates and the products of their digestion. In addition, the low digestibility of the highly lignified sugarcane cell wall decreases the NDFd. According to Varga et al. (1998), the enzymatic hydrolysis rate of fiber is a limiting factor for its digestion because the enzyme penetration rate is limited by the lignin-polysaccharide complex of the cell wall.

The NFCd results were in agreement with what has been previously stated in this discussion, as corn silage and fresh sugarcane provided the same NFCI, despite the lower DMI of fresh sugarcane. Similar digestibility could be assigned to the natural NFC composition of

fresh sugarcane, which basically consists of sucrose, a highly soluble carbohydrate. In addition, sugarcane silage had an intermediate digestibility, as it is produced from fresh sugarcane. This material showed fermentation losses, which reduced the soluble carbohydrate levels and thus the NFCd associated with an increased cell wall content, in comparison to the mobile content degraded during fermentation. In another case, sorghum silage provided the lowest NFCd because, in general, this forage presents NFC that basically consist of starch, and, according to the NRC (2001), the digestibility of sorghum starch is lower than that of other forage sources. This may explain the results obtained in this work.

The TDN varied with the dry matter digestibility. According to Van Soest (1994), the conversion of DMd to energy equivalent units involves adjustments for the fat and ash contents. The ash correction is the most significant for ruminants because the lipid content of their feedstuffs is small and variable. The digestible organic matter is also representative of the TDN. In this paper, ash content did not cause significant differences in either intake or digestibility, and the same variations were found for the intake and digestibility of both dry matter and organic matter. In addition, the low lipid content of the experimental diets also provided equivalent relationships between the TDN and the DMd and OMd.

Milk Parameters

As there were no body weight losses for cows that consumed corn and sorghum silages, despite the lower intake of sorghum silage than corn silage, maintenance, milk production and pregnancy requirements were met with these diets. When corn and sorghum silages were replaced with fresh sugarcane or sugarcane silage, there were weight losses and a decrease in milk production due to low DMI. Notably, sugarcane silage caused a further weight loss because it had the lowest DMI and digestibility. Despite the smaller intake of sugarcane silage than fresh

sugarcane, no difference was found in the milk yield resulting from these two treatments. Possibly, the higher mobilization of body reserves in cows fed sugarcane silage justified this fact.

Dias et al. (2001) entirely replaced corn silage with sorghum silage for Holstein cows, and they reported similar results to this work; even with great corn silage intake, the cows in each treatment presented similar milk production. However, Costa et al. (2005), Magalhães et al. (2004) and Mendonça et al. (2004), substituted corn silage with fresh sugarcane for cows and observed a decrease in DMI and milk yield, which was more pronounced when the fresh sugarcane intake percentage in the diet was increased, replacing the concentrate amount.

Among the milk components, fat is the component that varies the most widely as a function of the diet. In general, changes in the milkfat content can reflect the fermentation process in the rumen. Valadares Filho et al. (2000), tested different concentrate levels for lactating cows, and they observed a reduction in milk fat content when cows were fed a more than 65% concentrate-based diet, due to high NFC levels that increased ruminal propionate and reduced the ruminal pH. However, Sancanari et al. (2001) observed an increase in milkfat content when they supplied rumen-protected amino acids because they act to increase the plasma levels of non-esterified fatty acids that can be taken up by the mammary gland for milkfat synthesis. In this study, no significant variables were found to act in the modification of the milkfat content.

The same behavior occurred for the other milk solids (Table 5) because increased milk protein would require a greater supply of dietary NFC, which would result in increased microbial protein. Thus, there would be an increase in the amount of amino acids that reaches the mammary gland for protein synthesis. In the case of lactose synthesis, intense gluconeogenesis is required to produce large amounts of glucose because the majority of amino acids absorbed by the rumen are also used in gluconeogenesis (Valadares Filho et al., 2000). Only a high NFCI,

which would supply a large amount of propionate, could cause a decrease in the amino acid catabolism, thus increasing the free amino acid content for protein synthesis and increasing the glucose supply for lactose synthesis. However, the NFC level used in these experimental diets was not sufficient to produce such interference in the content of milk solids, dry milk solids or non-fat dry milk solids, which was a result of other solids.

In situ degradation kinetics

The dynamics of the DM and NDF ruminal degradation data are in agreement with the data discussed earlier in this paper (Table 6). The fresh sugarcane showed the highest DM soluble fraction (a) due to the higher amount of carbohydrates present mainly as sucrose. This high amount of carbohydrates consequently increased the effective degradability of this forage. The potentially degradable fraction of the DM (b) and the disappearance rate of the DM (kd) were lower than those of the other forages, which may be a consequence of the higher undegradable fraction of the NDF (I) and the lower effective degradability of the NDF increasing the ruminal retention time and promoting a smaller intake of DM and NDF. According to Russell et al. (1992), a high fraction of indigestible carbohydrates, similar to that of fresh sugarcane, probably affects the availability of energy for fibrolytic bacteria, resulting in a slow rate of particle escape and a slow passage rate, affecting the turnover and microbial efficiency.

In contrast, sorghum silage (Table 6) presented the lowest soluble fraction (a) that was compensated for by a higher potentially degradable fraction (b) than in the other treatments. The effective degradability was also lower, which explains the lower intake when compared to corn silage, reflective of the ruminal fill effect, as well as the highest iNDFI, the higher indigestible fraction and the lower pdNDF factor compared to corn silage. Sorghum silage showed an even lower disappearance rate of NDF (kd) compared to corn silage.

Sugarcane silage showed a disappearance rate (kd) of DM lower than corn and sorghum silages (Table 6) and an even lower disappearance rate of NDF, which explains its low consumption. According to Fernandes et al. (2003), the low degradation rate of the sugarcane fiber causes a large ruminal fill effect, limiting the DMI, and causing a limitation in the production level of high nutritional requirement animals.

Corn silage presented the highest disappearance rate (kd) of DM and NDF and the highest effective degradability of NDF (Table 6). This finding explains the higher DMI and the higher NDF digestibility of this forage in comparison to the others. The high degradation rate of NDF increases the possibility of an undigested fraction escape by changing the passage rate and degradation and affecting the intake, so that high degradation rates of NDF imply minimal ruminal residue and quick removal.

Metabolic Parameters

A higher content of non-esterified fatty acids (NEFA) was found in the plasma of cows fed sugarcane silage (Table 7). This parameter meant that high body reserve mobilization of adipose tissue occurred in these cows to keep milk production equivalent to cows fed fresh sugarcane (Table 5), even with the lower DMI, TDNI and DMd compared to cows fed sugarcane silage. According to Harrison et al. (1990), there is a negative correlation between the DMI and the NEFA level in the plasma because the NEFA are a product of triglyceride mobilization from adipose tissue. The weight losses of high-producing cows in early lactation directly reflect the substantial mobilization of adipose and muscle tissues necessary to support milk production. In the case of this experiment, although the cows did not present a high milk yield, the low DMI was probably compensated for by increased body reserve mobilization to support milk production.

The nitrogen balance was greatest for cows fed corn and sorghum silage (Table 7), followed by fresh sugarcane, then sugarcane silage. This result seems to be due to variations in the DMI and, consequently, the crude protein intake, which promoted further differences in fecal nitrogen excretion and milk nitrogen secretion. According to Wright et al. (1998), urine would be the first route of nitrogen excretion when there is an increase in protein intake or increased losses of nitrogen metabolism from the rumen, intestines or mammary glands. In this work, there were no statistical differences in urine nitrogen. It is probable that variations in the fecal and milk nitrogen contents reflected significant changes in the nitrogen balance but did not result in severe metabolic losses that would increase urinary nitrogen excretion. The milk nitrogen was highest in cows consuming corn silage, probably due to the high DMI and CPI and the higher milk yield.

Corn and sorghum silages provided a positive nitrogen balance and milk production according to the initial formulation of the diets because they did not cause a nitrogen deficiency for the cows. However, the negative nitrogen balance for fresh sugarcane and sugarcane silage was directly reflected in the milk yield, as the two treatments presented lower milk yields than the others. This reduction in the milk yield was probably due to the lower dry matter and protein intakes.

The highest concentration of nitrogen as urea in the urine, plasma and milk of cows fed sugarcane silage was probably due to the lower efficiency of nitrogen utilization in this treatment. According to Wright et al. (1998), when dairy cows, during feed restriction, increase nitrogen excretion in the urine in the form of urea, it may indicate a lack of available energy substrates in the rumen for a productive microbial use of nitrogen. High urea levels were used in sugarcane silage-based diets to match the protein content of the other experimental diets and to meet the protein requirements of the cows. According to Owens and Zinn (1988) urea is readily converted to ammonia in the rumen. So, after a urea feeding, an ammonia peak occurs 1-2 hours

after eating, and the ruminal ammonia utilization depends on the energy availability and the release rate of ammonia, which should match the rate of digestion. In the case of sugarcane silage, according to Kung & Stanley (1982), there is fast hydrolysis of soluble carbohydrates during the fermentation process and the yeasts present in the material quickly convert sugars to alcohol. As a result, the ruminal ammonia pool was not seized by the microorganisms due to the low NFCI in the sugarcane silage-based diet (Table 3). This lack of ammonia utilization may increase the urea excretion in urine, plasma and milk.

Added to these facts, according to Owens & Zinn (1988), nitrogen is continuously recycled in the rumen as urea, and 23-94 of the plasma urea is recycled from the gastrointestinal tract. High recycling values are associated with low nitrogen intakes, while lower values are associated with high concentrations of ammonia in the rumen. According to Van Soest (1994), increases in the urea output from the liver when plasma urea levels are over 5 mM are generally associated with increased urea excretion. This phenomenon also seems to justify the high excretion of urea nitrogen by the cows in this experiment.

Cows consuming corn silage presented a lower excretion of urea in their urine and plasma and a lower secretion in milk, suggesting an adequate ratio of protein and energy in the diet (Table 7). Sorghum silage and fresh sugarcane favored an intermediate excretion of urea nitrogen. However, as their protein digestibility was equal to that of corn silage, it can be inferred that there were no problems with wasted nitrogen.

Corn silage promoted the highest production of total excreted purines and microbial nitrogen in the rumen of all the treatments (Table 7). This high production is probably due to an increased consumption of nutrients and a greater availability of substrates for fermentation. According to Van Soest (1994), the production of microbial mass increases with consumption. Thus, an increase in the DMI promotes an increase in the passage rate and ruminal turnover,

which favors the removal of slowly fermentable particles from the rumen and therefore removes more mature microorganisms. Nocek and Russell (1988) reported that the growth of microorganisms and the end products of microbial metabolism are dependent on the carbohydrate supply. When ATP is available in the rumen environment, amino acids can be incorporated via microbial metabolism for protein synthesis. This finding seems to explain the increased level of microbial nitrogen production in the rumens of cows consuming corn silage.

In contrast, the microbial efficiency of the corn silage-based diet was not superior to that of the other diets (Table 7). Cows consuming sugarcane silage showed the highest microbial efficiency, followed by fresh sugarcane, and corn and sorghum silages had the lowest efficiencies. According to Van Soest (1994), the efficiency optimization of microbial protein production during rumen fermentation is controlled by two main factors: the rate of fermentation of feed per unit of time and the rate of passage. Thus, the low intake of sugarcane silage and its low rates of degradation in the rumen have supplied more time for the degradation of the potentially degradable fractions, resulting in a microbial nitrogen production equal to that of sorghum silage and fresh sugarcane. However, even with the low TDN intake, there was a dilution effect in the small microbial nitrogen production, bringing on an increased efficiency of TDN utilization, taking into consideration the relationship of microbial protein produced per kilogram of TDN consumed. However, when there is not an optimal level of ATP for sufficient microbial protein synthesis, amino acids are fermented as an energy source, resulting in ammonia accumulation in the rumen environment, as occurred in the rumens of cows consuming sugarcane silage in this work (Nocek and Russell, 1988).

Conclusions

The sugarcane silage-based diet causes low intake, low digestibility and high mobilization of body reserves in F1 Holstein x Gir cows. This mobilization supported milk

production levels similar to those of cows fed fresh sugarcane. However, further studies are needed to establish the specific forage:concentrate ratio in the fresh sugarcane-based diets as well as the sugarcane silage-based diets for crossbred cows to optimize the DMI. Corn silage and sorghum silage provided satisfactory cow performance, even with a high forage:concentrate ratio. The intakes of these feeds were sufficient to meet the nutritional requirements of the cows and maintain their body condition and metabolic parameters within the normal ranges.

Literature Cited

- Allen, M.S., 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 74, 3063-3075.
- AOAC, O. 1990. *Cial methods of analysis*. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA 937.
- Aydin, G., Grant, R.J., O'rear J., 1999. Brown midrib sorghum in diets for lactating dairy cows. *J. dairy Sci.* 82, 2127-2135.
- Byers, F.M., Schelling, G.T., 1988. Lipids in ruminant nutrition, in: Church, D. C. (Eds.), *The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp. 289-312.
- Casali, A., Detmann, E., Valadares Filho, S.C., 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. *R. Bras. Zootec* 37: 335-342.
- Chen, X. B., Gomes, M. J., 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives: An overview of technical details. *Int. Feed Res. Unit, Occasional Publ. Rowett Research Institute, Aberdeen, United Kingdom*.

- Chizzotti, M.L., Valadares Filho, S.C., Valadares R.F.D., Chizzotti F.H.M., Marcondes M.I., Fonseca M.A., 2007. Intake, digestibility and nitrogen metabolism in holstein cows with different milk production levels. R. Bras. Zootec. 36, 138-146.
- CONAB, Companhia nacional de abastecimento. 2009. Available on: < http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/3graos_08.09.pdf >.Access on: jun, 15. 2010.
- Costa, L.T., Silva, F.F., Veloso, C.M., Pires, A.V., Rocha Neto, A.L., Bonomo, P., Mendes, F.B.L., Oliveira, J.S., Azevedo, S.T., Silva, V.L., 2010. Teores de concentrado em dietas a base de cana-de-açúcar -de-açúcar para vacas mestiças em lactação. R. Bras S. P. Anim. 10, 1019-1031.
- Costa, M.G., Campos, J.M.S., Valadares Filho, S.C., Valadares, R.F.D., Mendonça, S.S., Souza, D.P., Teixeira, M.P., 2005. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. R. Bras. Zootec. 34, 2437-2445.
- Dann, H.M., Grant, R.J., Cotanch, K.W., Thomas, E.D., Ballard, C.S., Rice, R., 2008. Comparison of brown midrib sorghum-sudangrass with corn silage on lactational performance and nutrient digestibility in holstein dairy cows. J. Dairy Sci. 91, 663-672.
- Dias, A.M.A., Batista, A.M.V., Ferreira, M.A., Lira, M.A., Sampaio, I.B.M., 2001. Efeito do estágio vegetativo do sorgo (*sorghum bicolor*,(l.) moench) sobre a composição química da silagem, consumo, produção e teor de gordura do leite para vacas em lactação, em comparação à silagem de milho (*zea mays* (l.)). Rev. Bras. Zootec. 30, 2086-2092.
- Fernandes, A.M., Queiroz, A.C., Pereira, J.C., Lana, R.P., Barbosa, M.H.P., Fonseca, D.M., Detmann, E., Cabral, L.S., Pereira, E.S., Vittori, A., 2003. Fracionamento e cinética da

- degradação in vitro dos carboidratos constituintes da cana-de-açúcar -de-açúcar com diferentes ciclos de produção em três idades de corte. R. Bras. Zootec. 32, 1778-1785.
- Ferreira, G., and D. Mertens. 2007. Measuring detergent fibre and insoluble protein in corn silage using crucibles or filter bags. Anim. feed Sci. Technol.133: 335-340.
- George, S.K., Dipu, M.T., Mehra, U.R., Singh, P., Verma, A.K., Ramgaokar, J.S., 2006. Improved hplc method for the simultaneous determination of allantoin, uric acid and creatinine in cattle urine. J. Chromatogr. B 832, 134-137.
- Gonzalez, E., MacLeod N.A., 1976. Spontaneous fermentation of sugarcane. Trop. Anim. Prod. 1, 99-107.
- Hall, M.B., 2001. Recent advances in non-carbohydrates for the nutrition of lactating cows. Proceedings of 2nd International Symposium on New Nutrition Concepts. Lavras, Brazil. pp. 139-159.
- Harris Jr, Van Horn, H.H., Manookian, K.E., Marshall, S.P., Taylor, M.J., Wilcox, C.J., 1983. Sugarcane silage, sodium hydroxide-and steam pressure-treated sugarcane bagasse, corn silage, cottonseed hulls, sodium bicarbonate, and aspergillis oryzae product in complete rations for lactating cows. J. Dairy Sci. 66, 1474-1485.
- Harrison, R.O., Ford, S.P., Young, J.W., Conley, A.J., Freeman, A.E., 1990. Increased milk production versus reproductive and energy status of high producing dairy cows. J. Dairy Sci. 73, 2749-2758.
- IDF - International Dairy Federation, 1996. Whole milk: Determination of milk fat, protein and lactose contents. Guide for the operation of mid-infra-red instruments. IDF Doc. No. 141B. Int. Dairy Fed., Brussels, Belgium.

- Imaizumi, H., Santos, F.A.P., Pires, A.V., Juchem, S.O., 2006. Fontes protéicas e de amido com diferentes degradabilidades ruminais para alimentar vacas leiteiras. *Pesq. Agropec. Bras.* 41, 1413-1420.
- Johnson, M.M., Peters, J.P., 1993. Technical note: An improved method to quantify nonesterified fatty acids in bovine plasma. *J. Anim. Sci.* 71, 753-756.
- Jung, H.G., Allen, M.S., 1995. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. *J. Anim. Sci.* 73, 2774-2790.
- Kung Jr, L., Stanley, R.W., 1982. Effect of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. *J. Anim. Sci.* 54, 689-696.
- Landell, M.G.A., Campana, M.P., Rodrigues, A.A., Cruz, G.M., Batista, L.A.R., Figueiredo, P., Silva, M.A., Bidoia, M.A.P., Rossetor, Martins, A.L.M., 2002. A variedade iac86-2480 como nova opção de cana-de-açúcar -de-açúcar para fins forrageiros: Manejo de produção e uso na alimentação animal. First ed. Instituto Agronômico, Campinas, Brazil.
- Licitra, G., Hernandez, T.M., Van Soest, P.J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 57, 347-358.
- Lucas, H.L., 1957. Extra-period latin-square change-over designs. *J. Dairy Sci.* 40, 225-239.
- Lucas, H. 1964. Stochastic elements in biological models; their sources and significance. *Stochastic models in medicine and biology. Univ. Wis. Math. Res. Center Publ* 10: 355-383.
- Magalhães, A.L.R., Campos, J.M.S., Valadares Filho, S.C., Torres, R.A., Mendes Neto, J., Assis, A.J., 2004. Cana-de-açúcar -de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: Desempenho e viabilidade econômica. *R. Bras. Zootec.* 35, 591-599.
- McDonald, P.J., Henderson, A.R., Heron, S.J.E., 1991. *The Biochemistry of silage.* Second ed. Chalcombe Publ., Bucks, England.

- Mendonça, S.D.S., Campos, J.M.S., Valadares Filho, S.C., Valadares, R.F.D., Soares, C.A., Lanna, R.P., Queiroz, A.C., Assis, A.J., Pereira, M.L.A., 2004. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis ruminais em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar -de-açúcar. R. Bras. Zootec. 33, 481-492.
- Mertens, D.R., 1992. Análise de fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. Proceedings of 29th Annual Meeting of Brazilian Society of Animal Science. Lavras, Brazil. pp. 188-219.
- Mertens, D.R., Loften, J.R., 1980. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics in vitro. J. Dairy Sci. 63, 1437-1446.
- Myers, W.D., Ludden, P.A., Nayigihugu, V., Hess, B.W., 2004. Technical note: A procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. J. Anim. Sci. 82, 179-183.
- Nascimento, W.G., Prado, I.N., Jobim, C.C., Emile, J.C., Surault, F., Huyghe, C., 2008. Valor alimentício das silagens de milho e de sorgo e sua influência no desempenho de vacas leiteiras1. R. Bras. Zootec. 37, 896-904.
- Neves Neto, J.T., 2009. Desempenho e parâmetros ruminais de vacas leiteiras alimentadas com silagem de cana-de-açúcar de açúcar e fontes de nitrogênio não proteico e energia no concentrado. Universidade de São paulo, Piracicaba, (M.S. Thesis).
- Nocek, J.E., Russell, J.B., 1988. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. J. Dairy Sci. 71, 2070-2107.
- NRC, 2001. National Research Council. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, Updated seventh edition. National Academy Press, Washington, DC.

- Oliver, A. L., Grant, R.J., Pedersen, J. F., O'Rear, J., 2004. Comparison of brown midrib-6 and 18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87, 637-644.
- Owens, F.N., Zinn, R., 1988. Protein metabolism of ruminant animals. In: Church, D. C. (Eds.), *The Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp. 227-249.
- Preston, T.R., 1977. Nutritive value of sugar cane for ruminants. *Trop. Anim. Prod.* 2, 125-142.
- Raffrenato, E., Van Amburgh, M., 2010. Development of a mathematical model to predict sizes and rates of digestion of a fast and slow degrading pool and the indigestible ndf fraction. Department of Animal Science at the New York State College of Agriculture and Life Sciences (A Statutory College of the State University of New York) Cornell University: 52.
- Ravelo, G., Gonzalez, F., Deb, H., 1978. The effect of fistula feeding sugar cane or wheat bran on the voluntary intake of sugar cane. *Trop. Anim. Prod.* 3, 237-242.
- Romney, D.L., Gill, R., 2000. Intake of forage. In: Givens, D.I., Owen, E., Axford, R.F.E., Omed, H.M. (Eds.), *Forage evaluation in ruminant nutrition*. Uk. CABI publishing, pp. 43-62.
- Russell, J.B., O'Connor, J.D., Fox, D.G., Van Soest, P.J., Sniffen, C.J., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *J. Anim. Sci.* 70, 3551-3561.
- Saliba, E.O., 2005. Uso de indicadores: Passado, presente e futuro. *Proceedings of Conference of Markers on Animal Nutrition*. Belo Horizonte, Brazil. pp. 4-22.
- Sancanari, J.B.D., Ezequiel, J.M.B., Galati, R.L., Vieira, P.F., Seixas, J.R.C., Santamaria, M., Kronka, S.N., 2001. Efeito da metionina protegida e não protegida da degradação ruminal

- sobre a produção e composição do leite de vacas holandesas. Rev. Bras. Zootec. 30, 286-294.
- Tamminga, S. 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. Journal of dairy science 75: 345-357.
- Valadares Filho, S.C., Broderick, G.A., Valadares, R.F.D., Clayton, M.K., 2000. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. J. Dairy Sci. 83, 106-114.
- Valadares Filho, S.C., Marcondes, M.I., Chizzotti, M.L., Benedeti, P.D.B., Silva, L.F.C., 2008. Otimização de dietas à base de cana-de-açúcar. Proceedings of 2nd International Symposium on Beef Cattle Production. Viçosa, Brazil. pp. 275-305.
- Valadares Filho, S.C., Marcondes, M.I., 2009. Utilização de indicadores na avaliação do consumo de animais: Estado da arte. Proceedings of 2nd International Symposium of Advances and Research Techniques on Ruminant Nutrition. Pirassununga, Brazil. pp. 152-168.
- Valadares Filho, S.C., Valadares, R.F.D., 2001. Recentes avanços em proteína na nutrição de vacas leiteiras. Proceedings of 2nd International Symposium on Dairy Cattle Production. Lavras, Brazil. pp. 228-243
- Valadares, R.F.D., Gonçalves, L.C., Rodriguez, N.M., 1997. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 4. Concentrações de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. Rev. Bras. Zootec. 26, 1270-1278.
- Valvasori, E., Lucci, C.S., Pires, F.L., Arcaro, J.R.P., Arcaro jr, I., 1998. Silagem de cana-de-açúcar em substituição à silagem de sorgo granífero para vacas leiteiras. Pesqui. Bras. Med. Vet. Zootec. 35, 1413-9596.

- Van Amburgh, M. E., Van Soest, P. J., Robertson, J. B, Knaus, W. F., 2003. Corn silage neutral detergent fiber: refining a mathematical approach for In Vitro rates of digestion. Proc. Cornell Nutr. Conf. pp. 99-108.
- Van Soest, P.J., 1965. Use of detergents in analysis of fibrous feeds. Iii. Study of effects of heating and drying on yield of fiber and lignin in forages. Journal of the Association Official of analytical Chemists, Arlington 48: 785-790.
- Van Soest, P., Wine R., 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. Iv. Determination of plant cell-wall constituents. Journal of the Association of Official Analytical Chemists 50: 5.
- Van Soest, P.J., 1994. Nutritional ecology of the ruminant, Second edition. Cornell University Press, Ithaca.
- Varga, G.A., Dann, H.M., Ishler, V.A., 1998. The use of fiber concentrations for ration formulation. J. Dairy Sci. 81, 3063-3074.
- Verbic, J., Chen, X.B., MacLeod, N.A., Ørskov, E.R., 1990. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. J. Agric. Sci. 114, 243-248.
- Waldo, D.R., 1986. Effect of forage quality on intake and forage-concentrate interactions. J. Dairy Sci. 69, 617-631.
- Weiss, W.P., 1999. Energy prediction equations for ruminant feeds. Proceedings of Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Ithaca, New York. pp. 176-185.
- Wright, T.C., Moscardini, S., Luimes, P.H., Susmel, P., McBride, B.W., 1998. Effects of rumen-undegradable protein and feed intake on nitrogen balance and milk protein production in dairy cows. J. Dairy Sci. 81, 784-793.

Table 1 - Ingredients composition of the concentrate (% of the DM)

Ingredients	Diet			
	SCS ¹	SS ²	CS ³	FSC ⁴
Urea/ammonium sulfate (9:1)	6.42	3.91	3.16	6.68
Soybean meal	26.21	26.90	27.12	26.12
Corn meal	64.20	65.92	66.42	64.01
Mineral mix ⁵	3.18	3.26	3.29	3.18

¹Sugarcane silage; ²Sorghum silage; ³Corn silage; ⁴Fresh sugarcane; ⁵Limestone (30.2%); dicalcium phosphate (43.4%); sodium chloride (7.5%); Cobalt sulphate (1.49%), Copper sulphate (4.51%), Zinc sulphate (12.0%), Potassium iodide (0.60%), Sodium selenite (0.30%)

Table 2 - Chemical composition of the ingredients used in experimental diets (% of the DM)

Components	SCS ¹	SS ²	CS ³	FSC ⁴	Concentrate
Dry matter	25.23	30.72	31.01	29.18	87.30
Organic Matter	92.70	95.18	96.31	97.98	93.89
apNDF	53.56	59.34	51.91	44.25	10.33
iNDF	30.80	44.42	34.13	29.49	1.89
apADF	32.88	34.94	29.04	25.80	2.64
iADF	21.61	15.72	11.52	17.41	0.80
Lignin (%DM)	7.94	7.07	4.43	6.17	1.75
Lignin (%ADF)	24.14	20.23	15.25	23.91	--
Indigestible fraction	35.57	28.59	20.48	33.46	--
pdNDF factor	2.07	3.72	3.99	1.79	--
Crude protein	3.51	4.99	6.03	2.67	21.62
NPN (% N)	49.78	63.08	53.40	77.00	20.12
NDIN (%FDN)	3.14	2.82	3.21	1.87	19.00
Ether extract	1.74	1.55	2.15	1.70	2.00
NFC	31.69	27.36	33.51	47.22	57.44

¹Sugarcane silage; ²Sorghum silage; ³Corn silage; ⁴Fresh sugarcane; apNDF = neutral detergent fiber corrected for ash and protein; iNDF = indigestible neutral detergent fiber; apADF = acid detergent fiber corrected for ash and protein; iADF = indigestible acid detergent fiber; NPN = Non-protein nitrogen; NDIN = neutral detergent insoluble nitrogen; NFC = Non-fiber carbohydrates; % Indigestible fraction = (lignin*2.4)/NDF by Van Amburgh et al. (2004); pdNDF factor = iNDF/(Lignin/NDF) by Raffrenato and Van Amburgh (2010)

Table 3 - Average daily intakes of nutrients by F1 crossbred Holstein x Gir cows fed different forage sources

	Forages				%CV	SEM ⁵	<i>P</i> -value
	SCS ¹	SS ²	CS ³	FSG ⁴			
Intakes (kg/day)							
Total dry matter	7.54 ^d	12.73 ^b	14.58 ^a	10.38 ^c	8.9	3.09	<0.001
Forage dry matter	5.02 ^d	10.03 ^b	11.55 ^a	7.71 ^c	9.1	2.77	<0.001
Organic matter	7.02 ^d	12.16 ^b	14.09 ^a	10.15 ^c	8.5	3.05	<0.001
Crude protein	1.15 ^c	1.54 ^b	1.81 ^a	1.43 ^b	10.1	0.31	<0.001
Lipids	0.13 ^b	0.21 ^b	0.29 ^a	0.18 ^b	8.6	0.07	<0.001
Neutral detergent fiber	2.96 ^c	6.21 ^a	6.33 ^a	3.67 ^b	8.3	1.65	<0.001
Indigestible NDF	1.54 ^d	4.51 ^a	3.99 ^b	2.12 ^c	8.0	1.46	<0.001
Non-fiber carbohydrates	3.36 ^c	4.83 ^b	6.29 ^a	5.86 ^{ab}	10.4	1.33	<0.001
Total digestible nutrients	4.77 ^c	8.45 ^b	10.79 ^a	7.64 ^b	16.5	0.36	<0.001
Intakes (% BW)							
Total Dry matter	1.48 ^d	2.43 ^b	2.85 ^a	2.08 ^c	10.9	0.58	<0.001
Neutral detergent fiber	0.58 ^c	1.19 ^a	1.23 ^a	0.73 ^b	13.2	0.31	<0.001

¹Sugarcane silage; ²Sorghum silage; ³Corn silage; ⁴Fresh sugarcane; ⁵Standard error of means among the different groups.

^{a,b,c}Different superscripts at the same row indicate a significance difference mean between diets at the 0.05 level.

Table 4 - Average digestibilities of the nutrients by F1 crossbred Holstein x Gir cows fed different forage sources

Coefficients of digestibility (%)	Forages				%CV	SEM ⁵	P-value
	SCS ¹	SS ²	CS ³	FSG ⁴			
Dry matter	50.28 ^b	61.31 ^a	65.86 ^a	59.98 ^a	8.7	8.36	<0.001
Organic matter	54.25 ^b	63.42 ^a	67.95 ^a	62.84 ^a	6.6	7.16	0.0071
Crude protein	66.37 ^b	69.21 ^{ab}	69.86 ^a	68.35 ^{ab}	5.3	4.41	<0.001
Lipids	66.99	68.62	80.49	71.65	8.6	11.83	0.0134
Neutral detergent fiber	29.82 ^c	50.97 ^{ab}	56.92 ^a	33.57 ^{bc}	20.5	16.09	<0.001
Non-fiber carbohydrates	79.11 ^b	78.59 ^c	81.72 ^{ab}	86.17 ^a	5.3	5.37	0.0034
Total digestible nutrients	60.07 ^b	67.53 ^{ab}	71.63 ^a	70.02 ^a	5.9	6.66	<0.001

¹Sugarcane silage; ²Sorghum silage; ³Corn silage; ⁴Fresh sugarcane ; ⁵Standard error of means among the different groups.

^{a,b,c}Different superscripts at the same row indicate a significance difference mean between diets at the 0.05 level.

Table 5 - Average Milk yield and milk composition by F1 crossbred Holstein x Gir cows fed different forage sources

Parameters	Forages				%CV	SEM ⁵	<i>P</i> -value
	SCS ¹	SS ²	CS ³	FSC ⁴			
FCM4% (kg/day)	9.96 ^b	12.54 ^a	13.76 ^a	11.13 ^b	20.6	2.67	0.0012
Fat%	4.14	4.09	4.27	4.11	17.7	0.67	0.9470
Protein%	3.06	3.06	3.34	3.22	8.2	0.27	0.1853
Lactose%	4.58	4.60	4.49	4.54	2.7	0.17	0.1358
Total solids%	12.67	12.64	13.17	12.83	7.8	0.95	0.7741
Solids non-fat%	8.53	8.54	8.89	8.71	3.7	0.35	0.0908
Body weight change**(kg/day)	-1.07	0.444	0.126	-0.515	-	-	-

¹Sugarcane silage; ²Sorghum silage; ³Corn silage; ⁴Fresh sugarcane; ⁵Standard error of means among the different groups.

^{a,b,c}Different superscripts at the same row indicate a significance difference mean between diets at the 0.05 level.

** Body weight change - Not statistically evaluated - This variable does not follow the **continuous probability distribution**

Table 6 – Characterization of the Kinetic parameters of the in situ ruminal DM and NDF degradation of the different forage sources

	Forages			
	SCS ¹	SS ²	CS ³	FSC ⁴
DM				
a%	34.13	23.37	33.17	53.43
b%	37.54	52.10	46.65	21.67
Kd. h ⁻¹	1.47	1.68	2.21	1.24
ED%	47.57	37.44	43.23	58.65
A-SD	9.14	6.85	8.85	1.93
NDF				
B%	45.85	56.18	51.11	34.66
I%	37.94	30.58	31.92	50.54
Kd. h ⁻¹	1.70	1.81	2.76	1.78
ED%	13.77	16.01	17.41	10.86
A-SD	5.71	5.16	4.96	2.43

¹Sugarcane silage; ²Sorghum silage; ³Corn silage; ⁴Fresh sugarcane; a% - soluble fraction; b% or B% - potentially degradable fraction ; I – Undegradable fraction; Kd% - degradation rate of the b% fraction; ED% – Ruminal effective degradability; A-SD – Asymptotic standard-deviation

Table 7 – Averages of the metabolic parameters of F1 crossbred Holstein x Gir cows fed different forage sources

Item	Forages				%CV	SEM ⁵	P-value
	SCS ¹	SS ²	CS ³	FSC ⁴			
Non-esterified fatty acids (mM)	393.37 ^a	175.02 ^b	122.51 ^b	178.54 ^b	51.1	158.7	<0.001
Ingested nitrogen (g)	183.50 ^c	247.84 ^b	289.34 ^a	229.61 ^b	10.1	49.51	<0.001
Fecal nitrogen (g)	60.75 ^c	76.21 ^{ab}	87.40 ^a	71.49 ^{bc}	8.7	11.80	<0.001
Urine nitrogen (g)	120.66	81.79	90.91	119.31	57.5	56.90	0.6077
Milk nitrogen (g)	46.84 ^b	61.67 ^b	70.62 ^a	56.45 ^b	20.5	14.37	0.0117
Nitrogen balance (g)	-44.75 ^b	28.16 ^a	40.39 ^a	-17.64 ^b	1489.8	70.55	0.0043
Nitrogen balance (% of the ingested)	-25.99 ^b	11.18 ^a	13.96 ^a	-10.28 ^b	1438.6	36.76	0.0357
Urine urea nitrogen (mg/kgBW)	281.58 ^a	193.78 ^{ab}	153.88 ^b	240.38 ^{ab}	34.5	85.74	0.0120
Plasma urea nitrogen (mg/dl)	19.64 ^a	13.93 ^b	11.27 ^c	15.65 ^b	16.9	4.56	<0.001
Milk urea nitrogen (mg/dl)	21.84 ^a	15.49 ^b	12.53 ^c	17.40 ^b	17.4	5.07	<0.001
Urine total purines (mM)	236.98 ^b	232.92 ^b	302.23 ^a	248.25 ^b	23.8	63.18	0.0101
Ruminal microbial nitrogen (g)	134.75 ^b	131.32 ^b	182.74 ^a	143.51 ^b	31.1	47.07	0.0128
Microbial efficiency (gCP/kgTDN)	189.45 ^a	101.64 ^b	114.85 ^b	127.51 ^b	42.7	63.01	0.0318
Allantoin: uric acid ratio (%)	81.77	78.85	80.81	81.33	9.3	6.94	0.8160

¹Sugarcane silage; ²Sorghum silage; ³Corn silage; ⁴Fresh sugarcane; ⁵Standard error of means among the different groups.

^{a,b,c}Different superscripts at the same row indicate a significance difference mean between diets at the 0.05 level.

Feed intake, milk production and weight change curves for lactating F1 crossbred Holstein x Zebu cows under grazing conditions

Abstract: The purpose of this study was to develop lactation, feed intake and weight change curves for F1 crossbred Holstein x zebu (HZ) cows under grazing conditions. The experiment was carried out at the Research Farm at the Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), in Felixlândia-MG-Brazil. Eighteen F1 cows were used, divided into three treatments; six were Holstein x Gir (HGI), six were Holstein x Guzerat (HGU), and another six were Holstein x Nelore (HNE), which had recently calved, distributed into simple, random samples under the feeding conditions of *Brachiaria decumbens* pasture plus concentrate with 22% of CP. To estimate individual feed intake at pasture, two indicators were used: titanium dioxide to estimate fecal DM excretion, and the indigestible acid detergent fiber (iADF) to estimate individual pasture intake. The original model for the prediction DMI from the NRC (2001) was not adequate to explain the data for DMI under tropical grazing conditions ($P = 0.1407$), though the model structure, when reparametrized, was adequate ($P < 0.001$). After reparametrization, the following final equation was obtained: $DMI \text{ (kg/d)} = (0.6089 \cdot FCM + 0.0244 \cdot BW^{0.75}) + (1 - e^{(-0.2919 \cdot [WL + 5.5772])})$, where FCM is fat corrected milk yield. BW is body weight, and WL is week of lactation. The modified model by Jenkins and Ferrell (1984) and the model by Wood (1967) showed similarities for the accurate prediction of milk production of F1 HZ cows on pasture, when compared to the original model by Jenkins and Ferrell (1984). The model by Wood (1967) showed uniform dispersion around the x-axis, and so it was used to estimate the parameters for each genetic group, as follows: $HGI = 17.2667 \cdot t^{0.0652} \cdot e^{-0.00424t}$, HGU

$= 18.1470 * t^{0.0332} * e^{-0.00408t}$, and $HN = 14.2836 * t^{0.1059} * e^{-0.00552t}$. The NEFA contents varied according to different genetic groups ($P < 0.001$), producing three different equations, as follows: $HGI = 657.42 + 3.6957 * t - 32.4659 * t^{1/2} - 0.1352 * t^{3/2}$; $HGU = 664.73 + 3.6957 * t - 32.4659 * t^{1/2} - 0.1352 * t^{3/2}$; and $HNE = 607.70 + 3.6957 * t - 32.4659 * t^{1/2} - 0.1352 * t^{3/2}$. In conclusion, the model by Wood (1967) provides a better fit to the milk production data of F1 HZ cows grazing on tropical grasses, and the HGI cows have greater cumulative production at 305-d. The peak DMI, estimated by the reparametrized NRC (2001) equation, occurs during the sixth week of lactation, when the DMI by the different genetic groups was stabilized.

Keywords: crossbreeding, lactation, mathematical models, tropical grasses

Introduction

Tropical countries, which have high average temperatures throughout the year, face challenges in milk production when using European cattle breeds, because these animals suffer from heat stress and severe metabolic changes. Consequently, there is a decrease in feed intake and efficiency, as well as pregnancy rates.

As a result, it is important to study animals that are better adapted to milk production in tropical climates. The production of F1 crossbred females for dairy farms is normally carried out using a zebu dam (*Bos indicus*) bred with a Holstein bull, to exploit the beneficial effects of heterosis. The zebu breeds most often used are Gir and Guzerat, because these animals possess milk-producing characteristics and are more docile than other zebu breeds. However, there is market rejection of heifers birthed by Nelore dams because of a fear of more aggressive behavior and lower milk production. Therefore, research is needed to characterize the milk producing and performance of these different genetic groups.

In general, zebu breeds are adapted to warmer climates, possessing short and fine hairs and dark skin covered with melanin, in addition to an increased surface area in the ears and dewlap, for heat exchange. Its thermal comfort zone is between 10 and 27 °C and can be expanded to 5 - 31 °C for *Bos indicus* x *Bos Taurus* crosses, clearly demonstrating the effects of heterosis (Pereira, 2005). Therefore, studies on the performance of crossbred cows during lactation under grazing conditions are needed; in addition to these factor, tropical C4 grasses are not highly digestible, which results in a lower efficiency of milk production with specialized animals. Due to these factors, the objective of this study was to develop lactation, feed intake and weight change curves for F1 crossbred Holstein x zebu cows under grazing systems.

Materials and Methods

Location

The experiment was carried out at the Research Farm at the Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, in Felixlândia-MG-Brazil, between the months of January and May. 2008. The chemical and bromatological analyses were conducted in the Ruminant Nutrition Laboratory at the Department of Animal Science at the Federal University of Viçosa (UFV) in Viçosa. MG. Brazil. The procedures for the humane care and handling of the animals followed the recommendations of the Federal University of Viçosa.

Animals, diet and experimental design

In total, there were 18 F1 cows – six Holstein x Gir (HGI), six Holstein x Guzerat (HGU) and six Holstein x Nelore (HNE) – that formed three experimental groups. The animals had recently calved and were distributed in simple random samples under the same feeding conditions, as follows: pasture plus concentrates with 22% CP. The cows were milked by machine at 700 h and 1400 h. and milk control was performed weekly.

Every day after milking, the cows were led to paddocks of *Brachiaria decumbens*, under rotational grazing, and provided with troughs containing mineral salt and water *ad libitum*. The data on DMI and dry matter digestibility (DMd) estimates were obtained for 6 experimental periods, each comprising 21 d, and starting during the first wk of lactation; data on milk production and weight change were collected until the end of lactation.

Procedure to estimate feed intake

To estimate individual feed intake at pasture, two markers were used, during six experimental periods of 21 d each, with 14 d for adaptation, and 7 for data collection. Titanium dioxide was a marker used to estimate fecal DM excretion. From days 7 to 18 of the

experimental period, 15 g of titanium dioxide was given via an oral catheter to each cow during the afternoon milking at 1500 h, a total of 11-d of application, 6 for the stabilization of marker excretion in the feces and 5 for feces collection, which was performed twice daily after milking.

The fecal samples collected were dried, ground and the amount composed proportionately based on the air dry weight per animal; the determination of the titanium dioxide concentration was measured, using the technique described by Myers et al. (2004). Fecal excretion was determined according to the following: fecal excretion (g/d) = titanium dioxide supplied / concentration of titanium dioxide in the feces.

To determine individual pasture intake, the indigestible acid detergent fiber (iADF) was used as a marker. To estimate the iADF from the pasture, two esophageally fistulated calves were used for the collection of esophageal extrusa on day 16 of each experimental period. To quantify the iADF in the feces, concentrate and extrusa, the samples were placed in Ankon F57 filter bags and incubated in the rumen of a fistulated animal for 11 d (Casali et al., 2008). The material remaining after the incubation was washed in water and then subjected to acid detergent extraction; the residue was considered to be iADF. The estimates of individual feed intake were determined according to the equation: $DMI\ (kg/d) = [(fecal\ excretion * iADF\ concentration\ in\ feces) - iADF\ in\ concentrate] / iADF\ concentration\ in\ extrusa + DMI\ from\ concentrate$.

Total concentrate (Table 1) was supplied in an individual trough in the milking shed and was calculated according to milk production, providing 1 kg of concentrate for each 3 kg of milk produced; the initial production needed to be 8 kg of milk to receive the initial concentrate. After milking, the remnants in each trough were collected and weighed. The concentrate was composed of the following: soybean meal (24%), ground corn (68.5%), urea (2%), ammonium sulfate (0.2%), limestone (1.6%), dicalcium phosphate (2.3%), sodium chloride (0.4%), and a

mineral premix (1%), which was composed of cobalt sulfate (7.93%), copper sulfate (23.9%), zinc sulfate (63.5%), potassium iodide, (3.17%) and sodium selenite (1.58%).

Analytical procedures

All pre-drying was done in a ventilated oven at 60 °C for 72 h, and grinding was carried out in a knife mill with 2-mm mesh sieves. The samples were stored in plastic containers for later analyses. The analyses of the DM, OM and CP were conducted following the description by AOAC (1990). The ether extract (EE) was analyzed by Soxhlet extraction with petroleum ether. The concentrations of neutral detergent fiber, corrected for ash and protein (NDFap), and acid detergent fiber (ADF), were determined using the methodology proposed by Mertens (2002) and were analyzed with the addition of thermostable alpha-amylase (Ankon Tech. Corp., Fairport, NY). Lignin (LIG) was extracted with 72% sulfuric acid (Van Soest and Wine 1967). Neutral detergent insoluble nitrogen (NDIN) was evaluated with the Kjeldahl method (Licitra et al., 1996). Non-fiber carbohydrates, corrected for ash and protein (NFCap), were calculated as proposed by Hall (2001), where: $NFCap = 100 - ([\% CP - \% CP \text{ derived from urea} + \% \text{ urea}] + \% FDN_{cp} + \% EE + \% \text{ ash})$.

Forage collection, to estimate the availability of pasture, was done on the first day of the experiment and on the last day of each experimental period, by cutting 10 randomly chosen samples from each paddock, from within a 0.49 m² metal frame. The sample was cut close to the soil surface, following the methodology described by McMeniman (1997), and weighed to determine the mean forage availability, which was extrapolated by hectare. Subsequently, the samples were dried and ground, and a composite sample was analyzed for bromatological composition analysis (Table 1).

Blood samples were collected on day 21 by coccygeal venipuncture using test tubes with anticoagulants (EDTA), immediately centrifuged at room temperature and 2.800 x g for 15 min,

and after the removal of the plasma, packed into glass containers and frozen at -15°C , for the subsequent analyses of NEFAs. To determine the NEFAs, a commercial kit was used and adopted the reagent optimization methodology (Johnson and Peters. 1993).

Individual milking and weighing procedures

The cows were mechanically milked at 700 h and 1400 h, and a daily record of milk production was kept. On day 14 of the adaptation stage and at the end of each experimental period, the animals were individually weighed to assess their weight variation. The weight of the animals corresponded to the average of two weight measurements, performed before giving the feed and after milking. To calculate the daily weight change, the weights from day 14 of adaptation and from the end of each experimental period were considered. At the end of the sixth experimental period, the cows continued to be weighed every 10-d, following the same procedures as previously described until the end of the lactation period for each cow.

Statistical analyses

Three mathematical models were used to adjust the lactation curves, as follows: $Y = at^b e^{-ct}$ (Wood, 1967); $Y = ate^{-ct}$ (Jenkins and Ferrell, 1984); and $Y = a + bte^{-ct}$ (Jenkins and Ferrell, 1984) with an adjustment parameter, which was described by Henriques et al. (2011), where Y = milk production (kg/d), t = wk of lactation, and a , b , and c = parameters to be estimated. The adjustment parameter was proposed by the addition of a variable in order to fit the model for the start of lactation. To obtain the parameters of non-linear regression equations, the iterative process of the Marquardt algorithm and t statistics were used to determine confidence intervals for the parameters ($1 - \alpha = 0.95$). To calculate asymptotic SD, the maximum likelihood estimation method was used.

To specify best fit, three criteria were used. The first was the simple linear regression of observed values and predicted values, under the following hypothesis: $H_0: \beta_0 = 0$; $H_a: \beta_0 \neq 0$ $H_0: \beta_1 = 1$; and $H_a: \beta_1 \neq 1$. In case of the non-rejection of both null hypotheses, there is a similarity between predicted and observed values. As the second criterion, the decomposition of the mean squared prediction error in average bias, systematic error and random error was adopted according to the protocol described by Tedeschi (2006). The third criterion was the analysis of standardized residuals, which consisted of plotting the predicted values minus the observed values, weighted for asymptotic SD as a function of days in lactation. To compare the models between different genetic groups, the model identification test was used (Regazzi, 1999).

The statistical analyses for the DMI and DMd, as well as NEFAs, were performed using the multiple linear regression model $Y = \beta_0 + \beta_1 D_1 + \beta_2 D_2 + \beta_3 t + \beta_4 (t * D_1) + \beta_5 (t * D_2) + \beta_6 t^2 + \beta_7 (t^2 * D_1) + \beta_8 (t^2 * D_2) + \epsilon$, where, D_1 and D_2 were dummy variables concerning the effects of different genetic groups, where $D_1 = 0$ and $D_2 = 0$ for HNE, $D_1 = 1$ and $D_2 = 0$ for HGU, $D_1 = 0$ and $D_2 = 1$ for HGI, and t was the variable regarding the effect of time over DMI, DMd and NEFA. The study used 5% as the probability for the type I error.

The data collected in this investigation was also used for the validation of the original DMI prediction model from the NRC (2001), in which the observed and predicted data were compared by the combined intercept and slope test (Mayer et al., 1994). In the eventuality that the data did not fit the original model from the NRC (2001), the assessment of DMI using the structure of the model proposed by the NRC (2001) and its reparametrization was proposed, as follows: $DMI \text{ (kg/d)} = (a * FCM4\% + b * BW^{0.75}) + (1 - e^{(c * [WL + d])})$, where $FCM4\%$ = fat corrected milk, BW = live weight in kg, WL = week of lactation, and a , b , c , and d = parameters to be estimated.

To determine the non-linear regression equation parameters, the iterative process of the Marquardt algorithm and t statistics were used to determine confidence intervals for the parameters, using $1 - \alpha = 0.95$ with the help of the PROC NLIN command from SAS (Statistical Analysis System), version 9.2 for Windows.

To evaluate weight variation throughout lactation, the statistical analyses were done by adjusting the data to the cube root model, modified to include the effect of genetic groups: $Y = D_0\beta_0 + \beta_1D_1 + \beta_2D_2 + \beta_3t + \beta_4(t*D_1) + \beta_5(t*D_2) + \beta_6t^{1/2} + \beta_7(t^{1/2}*D_1) + \beta_8(t^{1/2}*D_2) + \beta_9t^{3/2} + \beta_{10}(t^{3/2}*D_1) + \beta_{11}(t^{3/2}*D_2) + \epsilon$, where, D_1 and D_2 were dummy variables concerning the effects of different genetic groups, where $D_1 = 0$ and $D_2 = 0$ for HNE, $D_1 = 1$ and $D_2 = 0$ for HGU, $D_1 = 0$ and $D_2 = 1$ for HGI, and t was the variable concerning the effect of time over weight change. The critical level of probability for type I error was set at 5%. The analysis was carried out using the PROC REG command from the SAS software.

Results

Dry matter intake and digestibility

The genetic groups did not have an effect ($P > 0.05$) on the DMI (kg/d and %BW) and the DMd (Table 2). However, Table 3 shows that the regression equation parameters relative to DMI (kg/d) as a function of days in lactation were significant ($P > 0.001$). The model was quadratic, with a positive critical point or maxima. Dry matter intake in %BW did not have significant linear or quadratic parameters ($P > 0.05$), and this was also true for the DMd.

Estimate of dry matter consumption under grazing conditions

In Table 4, the descriptive statistics parameters for the data used in the validation of the DMI prediction model for lactating cows are shown. The data used showed a wide range of

variation. The data included much of the lactation period of the cows, as well as wide ranges of milk production and body weight. It was also observed that the mean and the median values were very close, which may indicate the absence of extreme values.

As there were no effects of genetic group on any DMI parameters, all of the data of the different genetic groups were added to a database used to develop the DMI equation for F1 crossbred HZ cows. The original prediction model from the NRC (2001) was not adequate to explain the DMI data under tropical grazing conditions ($P < 0.001$), according to the combined intercept test. However, the model structure, when reparametrized (Figure 1), was adequate to predict the DMI of F1 HZ cows under tropical pasture conditions ($P = 0.1407$). After reparametrization of the model proposed by the NRC (2001), the final equation was obtained, described as: $\text{DMI (kg/d)} = (0.6089 \cdot \text{FCM4\%} + 0.0244 \cdot \text{BW}^{0.75}) + (1 - e^{(-0.2919 \cdot [\text{WL} + 5.5772])})$, where: FCM4%: fat corrected milk; BW: body weight; and WL: week of lactation.

Lactation curves

Table 5 shows that all of the models proposed to estimate the lactation curves of F1 crossbred HZ cows at pasture were able to estimate parameters a and c ($P < 0.001$). The asymptotic standard deviation determined by the original model by Jenkins and Ferrell (1984) was higher than the other models. In addition, Table 5 shows that the original model by Jenkins and Ferrell (1984) rejected the null hypothesis ($P < 0.001$); therefore, the data observed in this experiment and those predicted by the model are statistically different. For the mean squared prediction error (MSPE), the original model by Jenkins and Ferrell (1984) had a higher value, and the random error was the problem of greater magnitude. Nevertheless, the presence of 23.8% of systematic error was interpreted as a problem because it is the result of constant bias in the data set. This interpretation may be supported by looking at the residue analysis (Figure 2), as this model is less accurate, which occurs because of the systematic error.

Comparatively, there is a similarity between the modified model by Jenkins and Ferrell (1984) and the model by Wood (1967) to accurately predict milk production in F1 crossbred HZ cows at pasture, when compared to the original model by Jenkins and Ferrell (1984). These models had smaller asymptotic SD (Table 5), in addition to supporting the null hypothesis ($P = 0.999$ and $P = 0.956$, respectively) for the combined intercept test. This means that the data observed and predicted by these models were statistically the same, showing the ability of the model to fit the actual database. In addition, these models provided no bias and systematic errors to the model (Table 5), making it possible to assert that 100% of the prediction error referred to the random error in the modified model by Jenkins and Ferrell (1984) and even 99.98% in the model by Wood (1967).

The analysis of standardized residues (Figure 2) showed that the original model by Jenkins and Ferrell (1984) had an estimation bias over time. Ideally, it is expected that the set of horizontal projections of residues plotted against a variable from the model would approach a straight line (i.e., would be constant) regardless of the level of the variable in question (Draper and Smith, 1966).

Another important point is the condition of homoscedasticity, or the trend of decreasing residue dispersion, in relation to invalidity (Detmann et al., 2001). Through residual analysis, it was observed that the original model by Jenkins and Ferrell (1984) had a tendency to underestimate the milk production values in early lactation, up until 50-d, and overestimate the intermediate period, from 100 to 150-d, which were tendencies associated with systematic errors, as has been previously described. In situations like these, the residuals developed trends and other departures from randomness (Bard, 1974), which may lead, in many cases, to biased estimates with constant rates (Souza, 1998).

The model by Wood (1967) had uniform dispersion around the x-axis, and no tendencies to over- or underestimates the data; therefore, it was used to estimate the parameters for each genetic group. Through the model identification test ($n = 966$), it was possible to statistically compare the reduced and complete models. The reduced model consisted of only 3 general parameters of the model, without taking the genetic groups into consideration. In contrast, the complete model consisted of 9 exclusive parameters concerning each genetic group studied within each parameter. There was a statistical difference ($P < 0.001$) for this comparison, that is, it was necessary to build individual models of lactation curve predictions for the different crosses of the Holstein breed with the zebu breeds (Gir, Guzerat or Nelore), as a function of time.

From this assumption, the parameters of three different equations for the crosses between HGI, HGU and HNE (Table 5) were developed, producing different lactation curves for these genetic groups (Figure 3), as follows: $HGI = 17.2667 * t^{0.0652} * e^{-0.00424t}$; $HGU = 18.1470 * t^{0.0332} * e^{-0.00408t}$; and $HNE = 14.2836 * t^{0.1059} * e^{-0.00552t}$. The lactation curve of HGI cows showed that there was a higher level of milk production during a good part of lactation, in relation to the other groups; its peak lactation was discrete and coincided with those of the HGU cows. The HGI cows had peak production at 15 d, producing 19.33 kg/d, and the HGU cows had peak production at 8 d, producing 19.08 kg/d. The milk production sustained by HGI cows at 305 d, in relation to the peak production, was of 35.58% (6.87 kg/d), which was a little higher than that of HGU cows, which was 33.60% (6.41 kg/d). The projected total production at 305-d of lactation for HGI cows was higher (3.938 kg) than for HGU cows (3.713 kg), because of its lower rate of decrease in production.

The group of F1 HNE cows had, in general, lower cumulative milk production than the other groups (3.335 kg at 305 d), with discrete peak lactation at 19 d. Its maximum production was 17.56 kg/d, and it had the lowest persistence of lactation among the three groups, sustaining only 27.68% of peak production at 305 d of lactation. This group also had the lowest initial production, as can be observed when the intercepts of the equations are compared (Table 5).

Weight changes and reserve mobilization curves

The NEFA contents (Table 2) varied according to the different genetic groups ($P < 0.05$), presenting three different equations ($P < 0.001$) as a function of days in lactation (Table 3). Thus, an equation was defined for each group: $HGI = 0.63704 - 0.00807*t + 0.00003313*t^2$; $HGU = 0.54187 - 0.00492*t + 0.00001615*t^2$; and $HNE = 0.87797 - 0.01326*t + 0.00005658*t^2$. The cows birthed by Nelore dams had increased mobilization of body reserves during early lactation, which can be observed by the intercept of the equation. However, this group rapidly reached a lower level of mobilization than other genetic groups, at 117 d of lactation. The cows birthed by Guzerat and Gir dams had less mobilization in early lactation and maintained a lower rate of decrease in NEFAs during lactation, reaching the minimum amount at 151 and 122 d, respectively. From then on, all of the groups had a new surge of the mobilization of reserves, increasing the NEFA contents in the plasma. These data may be assessed in combination with those of body weight change (Table 6 and Figure 4), because there was a difference in the intercept of the body weight change curve for the three genetic groups, in addition to describing a second phase of weight loss after 150 d of lactation, a period that coincided with reduction in the availability of digestible DM in tropical pasture (after 5 months in pasture).

There was a difference in the initial weight of the three genetic groups (Table 6 and Figure 4) and in the degree of the mobilization of NEFA. The HGI and HGU cows had a greater

maintenance of blood NEFAs than those of the HNE group, seventh week of lactation, which was the week in which the cows had the lowest body weight since the beginning of lactation.

Despite the different intercepts obtained for the weight-change curves, it was observed that the remaining parameters were the same for the different groups (Table 6). Thus, an intercept was defined for each group: $HGI = 657.42 + 3.6957*t - 32.4659*t^{1/2} - 0.1352*t^{3/2}$; $HGU = 664.73 + 3.6957*t - 32.4659*t^{1/2} - 0.1352*t^{3/2}$; and $HNE = 607.70 + 3.6957*t - 32.4659*t^{1/2} - 0.1352*t^{3/2}$. This means that all of the genetic groups had the same rate of weight change throughout lactation. Thus, the HGI cows, with lower initial weights, had the greatest weight loss in relation to their initial weight, losing 15.25% of the total initial weight until the 18th week of lactation, in comparison to 14.08% for the HNE and 13.88% for the HGU groups, probably due to their greater milk production throughout lactation. However, the HNE cows, although showing less weight loss in relation to their initial weight, had a high concentration of circulating NEFAs in the first days of lactation, followed by a sharp reduction, reaching basal levels of 0.101 mmol/ml on 117-d of lactation. This decrease in the circulating levels reached 88.5% of the initial total, in contrast to the other groups that reached 69.2% and 76.9% for the HGU and HGI groups, respectively. This was probably due to the temperament of this group of cows during the post-partum period.

Discussion

Dry matter intake and digestibility

According to Oldenbroek and Jansen (1978), different breeds or genetic groups together, under grazing systems, have few differences in their grazing behavior. Feeding behavior is intrinsically linked to the nature of the food available. In confinement systems, for example, the diet supplied is ready for consumption, and it is possible to identify differences relating to

genetic groups and other interactions. However, under a grazing system, food must be searched for and gathered by the cow, which turns feeding into a challenge, and other factors associated with pasture characteristics become key factors in determining intake.

According to Reis et al. (2009), the variations in responses of animal performance may be interpreted as reflecting the quality of the forage, which is determined by dry matter intake and the nutritional value of the forage. However, in grazing systems, dry matter intake depends on the forage available. According to Poppi et al. (1987), the ability of the animal to harvest the forage is the main factor that affects intake in grazing systems, as it becomes very sensitive to changes in forage mass, that is, small changes in the forage sward may alter the ingestive behavior of the animals.

Kearney et al. (2004), discussing the interaction between genotype and environment and found little genetic variability in their results and other results for the performance characteristics of cows under grazing conditions. The heritability values were lower than for control livestock in confinement, which illustrates the pronounced effect of the environment in grazing systems.

Dry matter intake had a maximum value estimated at 13.34 kg at 40-d of lactation, a fact that seems to be closely connected to the characteristics of the pasture available. As shown in Table 1, the pasture had a lower NDF content in the extrusa, around day 42, which coincided with the peak intake for the cows in this experiment.

During this period, the pasture also had greater CP and NFC contents and a lower DM content, despite the lower availability of pasture until 40-d of lactation (Table 1). According to Caird and Holmes (2009), the maximum intake of dairy cows under grazing conditions does not coincide with the maximum availability of pasture. The authors attribute this fact to the greater quality of the pasture selected, which increased the nutrient density of the feed.

The NRC (2001) reported intakes of up to 25 kg of dry matter per cow; however, cows that feed on pasture have a series of restrictions on intake, which have been previously discussed, added to the fact that tropical grasses have a lower nutritional quality than temperate climate grasses, which are intrinsic characteristics of the physiology of C4 grasses. These grasses have a higher lignin content in the cell wall and, consequently, a higher iNDF content, in addition to a higher proportion of low-digestibility tissues, such as the xylem and sclerenchyma (Paciullo, 2002).

According to Ellis (1978), the peak voluntary feed intake of less-digestible forages for dairy cows occurs from some gradual physiological changes as a function of time, and that they are not only dependent on physical changes, such as the birth of a calf or expelling of fetal tissues. Ellis (1978) stated that factors such as pregnancy and the presence of abdominal fat in dairy cows competed for abdominal space, reduced the ruminoreticular volume and restricted intake in addition to the rumen fill effect.

After the peak dry matter intake, which occurred at 40-d (5 wk) in this study, the intake decreased and the gastrointestinal tract involuted to provide space for gestation. According to the NRC (2001), dairy cows mobilize energy from tissues to meet the energy requirements for milk production in early lactation and replace these tissues from the middle to the end of lactation; this is a normal process that occurs with all mammals. For Holstein cows fed in confinement, the peak dry matter intake occurred after 6 weeks, which seems to concur with the data from this investigation, even with great differences in the feeding and management systems, demonstrating the importance of physiological factors on dairy cattle nutrition. The Holstein cows that fed on less-digestible forages had peak consumption between 8 and 12 weeks, and were more sensitive to lower-quality forages in early lactation, needing more time for physiological changes and increase in voluntary intake (Ellis, 1978).

Similar to intake, there were no effects of the genetic group on dry matter digestibility coefficients. According to Forbes (1995), the intake level of an animal is among the most important factors that directly affect feed digestibility. This relationship follows an inversely proportional pattern; that is, the lower the intake level, the greater the digestibility of the feed, and it involves a phenomenon, such as the reduction of the rumen passage rate (Merchen, 1988). As there were no effects of the different genetic groups for DMI in this investigation, digestibility would be expected to follow this behavior, because the animals were supplied with the same diet.

Reis et al. (2009) have reported that there is a decreasing trend in the nutritional value of the diet of animals with an increase in the height of the forage sward, although animal performance responds inversely; that is, when there is an increase in sward structure. This indicates that nutritional value is not a limiting factor under conditions of low forage allowance but rather the forage intake by the animals, which is an inherent factor of pasture characteristics and not of the characteristics of the animal or genetic group, in a grazing environment. In Table 1, it is possible to note the importance of pasture behavior, above any other factors, in diet composition, as there was an increase in the quality of the forage harvested when nutrient availability in pasture and forage harvested by the animal (esophageal extrusa) were compared. As an example, there was a reduction in the NDFap (67.15% to 59.49%), iNDF (35.34% to 22.81%) and lignin (12.18% to 6.54%) contents of the selected forage in relation to the total available.

The DMd also did not present differences throughout lactation, possibly because, in general, this parameter is affected by nutritional factors or by the nutritional value of the diet. Therefore, with a reduction in the nutritional value of the pasture, there was a reduction in DMI and greater selectivity by the animals, without a negative effect on the DMd over time.

According to Brâncio et al. (2003), the animals preferentially select leaves, probably because they are more accessible, provide less resistance to prehension (Minson, 1981) and are of better quality (Van Soest, 1988), making it possible to maintain DMd despite the intake reduction. This selectivity was observed in this experiment when the nutritional values from the esophageal extrusa and the pasture availability were compared (Table 1).

Estimate of dry matter intake under grazing conditions

With the use of new parameters ($a = 0.6089 \pm 0.0738$; $b = 0.0244 \pm 0.00764$; $c = -0.2919 \pm 0.3774$; $d = 5.5772 \pm 10.4701$) for the model proposed by the NRC (2001). DMI curves can be obtained for different periods of lactation for F1 crossbred HZ cows of different milk production and body weight levels (Figure 1). There was a peak in the curve at approximately 6 wk of lactation, when the DMI stabilized into a plateau, remaining constant until the end of lactation. This peak DMI was similar to that proposed by the NRC (2001) for multiparous cows, which showed that the structure of this model was adequate to predict intake based on the inherent characteristics of the animal, just by reparametrizing the model, even with the large differences in the feeding systems to which the animals were subjected, reflecting only in the intake level, which was lower for animals under grazing systems.

Pittroff and Kothmann (2001) reviewed a series of models to estimate DMI and arranged the models into distinct categories. The first takes into consideration some of the parameters concerning nutrient requirements; Monteiro (1972) was one of the first authors to work with models in this category, proposing the use of weight changes and milk production to estimate DMI. Another category comprises models that, in addition to nutrient requirements, also consider the quality of the forage used. Several models have been proposed in this format (ARC, 1980; Blaxter et al., 1966; Bywater, 1984; Mertens, 1987; Rayburn and Fox, 1993; Siebert and Hunter 1977 and Williams et al., 1989), taking into account parameters such as feed digestibility,

protein content, rumen capacity and filling effect, rate of digestion, passage rate of fiber and physiological control, among others.

However, according to the NRC (2001), the prediction of DMI based only on factors related to the animal makes it easier to measure and assess intake. Dietary components are not included in the current model by the NRC (2001), as the procedure most commonly used in the formulation of diets for dairy cows is first to establish the requirements and the estimated DMI before even considering the ingredients used in the diet formulation. Thus, equations containing dietary factors are more adequate in evaluations after intake instead of predicting what will be consumed.

Dado and Allen (1995) have shown that the relationship between filling and intake during early lactation becomes critical above 35% of the NDF in the diet; however, because the sources of NDF vary widely in relation to the size of the particle, digestibility and rate of passage, there is a range of factors that effect intake when the NDF content is considered (NRC, 2001). Rayburn and Fox (1993) stated that DMI prediction is more exact and less biased when dietary NDF, particularly those from forages, is included in the model with body weight, milk production and days in lactation. However, according to Raffrenato & Van Amburgh (2010), NDF alone does not represent a homogenous class of chemical compounds, being considered a highly heterogeneous nutritional unit. Therefore, the NDF is divided into a fast fraction, a slowly degradable fraction and another that is completely unavailable to degradation, representing the iNDF, which is a uniform fraction with a true digestibility equal to zero. Variations in the iNDF of pastures can, in turn, result in significant variations in the intake and potential digestibility of the DM from forage.

Therefore, the NDF content of pasture varies depending on many factors, which would make it difficult to control the exact intake estimate. According to Ellis (1978), a combination of

factors determines voluntary consumption under grazing, such as the grazing pressure and animal selectivity; the proportion of selected leaves can reach 90% of the material collected by a ruminant under grazing conditions, in relation to a mechanical cut, causing variation in the digestibility. In other words, the NDF intake from pasture depends on the ingestion behavior and grazing time, which vary depending on the physical characteristics of the pasture. These many factors may become confounders in the model for the prediction of intake of pastures with different characteristics and availability, and a model based on the characteristics of the animals are more relevant for these cases.

Keady et al. (2004) evaluated some voluntary intake prediction models, comparing them with actual DMI data. These authors concluded that the model that provided the best voluntary intake prediction was the one proposed by Vadiveloo and Holmes (1979), based exclusively in characteristics of the animal. Other evaluated models that were based on feed characteristics did not provide accurate estimates.

Lactation curves

The proposed modification to the model by Jenkins and Ferrell (1984), which was originally proposed for the adjustment of lactation curves for beef cows, reduced the estimation bias and provided a better homoscedasticity condition, because the adjustment parameter for early lactation was adapted to the lowest level of milk production of crossbred cows by Henriques et al. (2011). However, even with this correction for the model by Jenkins and Ferrell (1984) and less systematization of bias, there is still a tendency to underestimate the early lactation data, which is the most critical phase for the analysis of lactation curves, becoming a key factor in the selection of the model by Wood (1967) to predict lactation curves of the different genetic groups evaluated in this study.

Other models have been used in the literature in order to evaluate which one would be most able to predict the lactation curve of cows. Macciotta et al. (2005), evaluating several models, observed that when the model by Wood (1967) was compared to the exponential model by Wilmink (1987), the first model was able to adjust to the different databases formed in a more significant manner (80% and 64%, respectively), Sherchand et al. (1995) described and compared a total of 20 mathematical models to evaluated lactation curves; some were simple, while others were more complex. Models with an exponential decline in the curve (Brody et al., 1924), parabolic exponential (Sikka, 1950), linear decrease (Cobby and Ledu, 1978), hyperbolic cosine function and arctangent (Papajcsik and Boderó, 1988), biphasic logistic function (Grossman and Koops, 1988) or with multiphase, and the model by Wood (1967) with a modification (Dhanoo, 1981) were used. After evaluating these models, Sherchand et al. (1995) recommended a biphasic model with restriction for the first 30-d of lactation due to the lack of adjustment. Silvestre et al. (2006), assessing the models by Wood (1967), Wilmink (1987) were strongly affected by the change in sampling frequency from four to eight weeks. However, in the present investigation, there was weekly sampling for the evaluation of the models.

Thus, using the model by Wood (1967), peaks of lactation were projected for the different genetic groups. The HGI cows had a peak at 15-d of lactation, producing 19.33 kg/d, and the HGU cows had peak lactation at 8-d, producing 19.08 kg/d. According to Keown et al. (1986) there is a tendency to delay peak lactation for cows with a higher level of production. Despite the small difference in the number of days, the HGI cows took longer to reach a discrete peak. Nevertheless, this time interval for the peak was quite different from that described by Wood (1967 and 1976), who reported it to be from 5 to 6 wk, for intensive systems in temperate climates, with Holstein cows that had high production and persistence in lactation.

These two crosses also match their productions at the end of lactation, when there was the stabilization of milk production at the lowest level of production. However, it is possible to affirm that persistence in lactation of HGU cows was a little lower than HGI cows. There is a series of factors that can interfere in the persistence of lactation. There are environmental factors, such as the season, that can affect persistence.

Madalena et al. (1979), studying lactation curves for F1 HZ cows, observed that cows that calved in winter had higher persistence than those that calved in the summer. However, Branton et al. (1974) suggested that the lower milk production, in pasture-based systems, is the main factor that affects persistence in lactation; that is, the availability of forage is a limiting factor over the dry season, and it is not exactly a climate factor. These authors also suggested that the increase in temperature and humidity at the start of summer provides nutrients for high growth rates of the pasture, resulting in high milk production in early lactation. In contrast, after the peak lactation, the decline becomes more pronounced because of the drop in pasture quality, drastically reducing the persistence in lactation of cows under a grazing system.

This phenomenon can be observed in this study, as found with most of the studies in the literature, for cows of European and zebu breeds, or crossbreeds, showed a linear decline in milk production, with a discrete peak of production (or sometimes without one) (Cobuci et al., 2000; Cobuci et al., 2001; Gonçalves et al., 1996; Madalena et al., 1979; Oliveira et al., 2007). The high drop in production also coincided with the lower quality of the forage at the end of summer, after 42-d in lactation, when the forage had an increase of DM, NDF and iNDF contents, followed by a decrease in the amount of CP and CNF in the pasture (Table 1), demonstrating the importance of environmental factors on the behavior of lactating cows under grazing systems.

Shanks et al. (1981), studying genetic and environmental aspects of lactation curves, observed that persistence and production of milk in peak lactation showed heritability that was

low for primiparous cows, negative in the second lactation and close to zero in the third. This suggests that there is a small genetic variation for these parameters. According to Capuco et al. (2003), there are other factors that may interfere with the curve and persistence of lactation. Factors, such as the number and activity of secreting cells, that may vary because of the physiological state of the cows, in addition to pregnancy, hormonal action, length of dry period, and interactions between these factors.

Cobuci et al. (2001), studying the genetic aspects of lactation curves for Guzerat cows, observed that the parameters a and c in the model by Wood (1967), regarding the initial production and rate of production decrease, respectively, show a highly variable relationship over the years in different orders of lactation, indicating that these characteristics are influenced more by environmental factors than by genetic factors. The authors also attributed these results to differences in feeding and management, temperature and rainfall, which directly influence the quality of forages available to the animals over the years.

Cobuci et al. (2001) also evaluated the genetic correlation (Pearson) between the parameters of the lactation curve and observed that initial milk production is positively correlated with total milk production (0.67), making it possible to select for increased production in early lactation. However, the influence of genetic improvement in reducing the drop in the rate of production is minimal (0.03) in selection for accumulated milk production.

Even with the low values of correlations and heritabilities for some characteristics, it was possible to clearly observe genetic gain when F1 cows were used to substitute pure zebu dairy cattle lines. Rebouças et al. (2008), evaluating lactation of dairy cows with Gir genetic lines, specialized for milk production in warm climates, found a decreasing linear lactation curve and a value of 3.308 kg of cumulative milk production at 305-d, during the summer, showing the

effect of genetic improvement on the selection of dairy lineages; however, they still show lower production than the F1 HGI cows studied in this project, which was equal to 3.938 kg.

Cobuci et al. (2000), studying the lactation curve of pure Guzerat cows, found that the total milk production per lactation estimated for 305-d was 2.480 kg, showing a decreasing linear curve, with a discrete peak of lactation before 30-d. According to Oliveira et al. (2007), the higher milk production of crossbred European-Zebu cows in relation to pure zebu cows is basically related to the additive effect of genes provided by better dairy breeds, in this case the Holstein breed, resulting in heterosis and increased genetic gain.

The pure Nelore breed, traditionally a beef breed in tropical countries, is not considered to be good dairy breed; however, when used in crosses with Holstein cattle, the F1 cows had a satisfactory performance in milk production. However, even with lower performance than the animals from crosses with zebu dairy breeds, such as Gir and Guzerat, the adoption of adequate feed management may enable the use of this type of cow for dual purpose production systems, that is, dairy cows producing high commercial value beef calves, breeding these cows with beef-breed bulls.

Studies in the literature that show the performance of crossbred HNE are non-existent to date. However, some studies may be found for lactation curves of pure Nelore cows, with emphasis on the performance of the calf, with few studies determining milk production during the entire lactation period. Alencar (1988) found a total production of 972 kg of milk at 210-d of lactation. Calegare (2004) found a 641.5 kg milk production at 180-d of lactation. All of these lactation curves showed a linear decrease in milk production and an absence of peak lactation (Alencar, 1988 and Rosado, 1991).

The group of HNE cows had a higher proportion of their lactation within the grazing season, as they have a lower persistence in lactation. This detail could be better visualized when

the parameters of the equations for lactation curves were analyzed (Table 5). The c parameter for the cows in this group was higher than the rest, indicating a higher rate of decrease in production. The b parameter was also higher, suggesting a peak of lactation that was more pronounced than the other groups; furthermore, it had the lowest a parameter, which indicated lower initial production on the first days of lactation.

Nonetheless, according to Oliveira et al. (2007), there is a great advantage in the use of crosses between zebu and Holstein cattle for milk production under grazing conditions. Because their lactations were shorter, the crossbred cows had, on average, 15% of their total production on the first month of lactation, which coincides with the average in this study, for the three groups, which was 14.76%. Considering that the grazing season lasts, on average, 5 months in tropical countries, 63.8% of the entire lactation of cows in this study happened within the grazing season; that is, using pasture as the only source of roughage. A small numerical difference was found between the genetic groups for production until the fifth month, being 62.65%, 63.17% and 65.71% for the HGI, HGU and HNE groups, respectively.

Weight change and reserve mobilization curves

According to Buckley et al. (2000), the first stage of increased weight loss and mobilization of reserves, around 6 wk, was due to expelling the fetus, placenta and other uterine contents, followed by the gradual decrease in weight because of the mobilization of body reserves. For Bauman and Currie (1980), in the first month of lactation, the body reserves may contribute to approximately 33% of milk production. The mobilization of adipose tissue may support the production of 120 to 550 kg of milk during the first weeks of lactation. This activity reflects the higher lipolytic activity and lower lipogenic activity of adipose tissue at the start of lactation, which is due to the endocrine and hormonal changes that are characteristic of this period (Bell, 1995).

HGI and HGU cows had greater maintenance of circulating NEFAs than cows from the HNE group, even after reaching the minimum value during lactation. Rennó et al. (2006), in a review of several studies, observed that higher genetic-merit cows for milk production showed difficulties in the response of adipose tissue to the anti-lipolytic agents, resulting in an increased rate of lipolysis. This may be explained by the higher degree of genetic selection of these breeds for the formation of dairy lineages with greater merit for milk production.

In the case of the F1 HNE cows, there was a drop in the levels of circulating NEFAs to 88.5% of the initial total; in contrast, the others reached 69.2% and 76.9%, for the HGU and HGI groups, respectively. This was probably due to the temperament of this group of cows postpartum. Mourão et al. (1997), evaluating the temperament of different zebu breeds, observed a worse temperament for the Nelore animals. The animals classified as having the worst temperaments are more excitable, ingest a smaller amount of food, are more agitated, do not adapt easily to new situations and are more difficult to manage (Grandin and Deesing, 1998).

The group of cows birthed by Nelore dams maintained, in the postpartum period, a behavior of early recognition of her calf and the maintenance of maternal ability, given that the cows were milked with the calves in tow. From a genetic point of view, Kiley (1976) states that, as a matter of productivity and ease in handling, dairy cattle have been strongly selected for a less rigid maternal behavior, whereas beef cattle breeds have been strongly selected for the early recognition of calves, as is the case for Nelore dams.

This increased mobilization at the beginning of lactation, however, did not reflect in an increased weight loss. This phenomenon was possible because, as reported by Andrew et al. (1994), dairy cows can change body composition in early lactation, mobilizing close to 40% of its reserves, without showing significant changes in body weight, due to a rapid increase in DMI and rapid development of the gastrointestinal tract.

In contrast, all of the genetic groups studied had a second stage of weight loss after 150-d of lactation, associated with a new increase in circulating NEFAs in the blood. This was probably due to the low quality of pastures found in this stage. Therefore, for cows for which the start of lactation coincides with the start of the rainy season, it is recommended to use additional forage after 150-d of lactation, to meet the energy requirements even after the end of lactation. A diet of only pasture as roughage in this stage can lead to losses in future lactations due to significant losses in body condition scores.

Conclusions

Among the evaluated mathematical models, the model by Wood (1967) has the best fit for milk production data from F1 crossbred cows under tropical grazing conditions. From this model, three different equations are recommended to estimate milk production: $HGI = 17.2667 * t^{0.0652} e^{-0.00424t}$, $HGU = 18.1470 * t^{0.0332} e^{-0.00408 * t}$, and $HN = 14.2836 * t^{0.1059} e^{-0.00552t}$. Using these models, the first group had the greatest cumulative production at 305 days. The peak DMI, estimated by the reparametrized equation from the NRC (2001), $DMI (kg/d) = (0.6089 * FCM + 0.0244 * BW^{0.75}) + (1 - e^{(-0.2919 * [WL + 5.5772])})$, occurred during the sixth week of lactation, when there was the stabilization of DMI from pasture. Nonetheless, the cows went through a negative energy balance phase during the seventh week because of the characteristics of the tropical pasture. The equations obtained to observe weight variation of F1 crossbred HZ cows during lactation were $HGI = 657.42 + 3.6957 * t - 32.4659 * t^{1/2} - 0.1352 * t^{3/2}$; $HGU = 664.73 + 3.6957 * t - 32.4659 * t^{1/2} - 0.1352 * t^{3/2}$; and $HNE = 607.70 + 3.6957 * t - 32.4659 * t^{1/2} - 0.1352 * t^{3/2}$.

Literature cited

Alencar, M. M. 1988. Desempenho produtivo de fêmeas das raças canchim e nelore. Desenvolvimento dos bezerros. R. Bras. Zootec. 17: 411 – 420.

- Andrew, S. M., D. R. Waldo, and R. A. Erdman. 1994. Direct analysis of body composition of dairy cows at three physiological stages¹. *J. Dairy Sci.* 77: 3022 – 3033.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Washington, DC.
- Bard, Y. 1974. Nonlinear parameter estimation. Acad. Press. Inc., New York.
- Bauman, D. E., and W. B. Currie. 1980. Partitioning of nutrients during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. *J. Dairy Sci.* 63: 1514 – 1529.
- Bell, A. W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.* 73: 2804 – 2809.
- Blaxter, K. L., F. W. Wainman, and J. L. Davidson. 1966. The intake of food by sheep and cattle in relation to their energy requirements for maintenance. *Anim. Prod.* 8: 75 – 83.
- Brâncio, P. A., V. P. B. Euclides, D. M. Fonseca, R. G. Almeida, M. C. M. Macedo, and R. A. Barbosa. 2003. Avaliação de três cultivares de *panicum maximum* jacq. Sob pastejo: Composição da dieta. consumo de matéria seca e ganho de peso animal. *R. Bras. Zootec* 32: 1037 – 1044.
- Branton, C., G. Rios, D. L. Evans, B. R. Farthing, and K. L. Koonce. 1974. Genotype-climatic and other interaction effects for productive responses in Holsteins. *J. Dairy Sci.* 57: 833 – 841.
- Brody, S., C. Turner, and A. Ragsdale. 1924. The relation between the initial rise and the subsequent decline of milk secretion following parturition. *J. Gen. Physiol.* 6: 541 – 545.
- Buckley, F., P. Dillon, M. Rath, and R. F. Veerkamp. 2000. The relationship between genetic merit for yield and live weight, condition score, and energy balance of spring calving holstein friesland dairy cows on grass based systems of milk production. *J. Dairy Sci.* 83: 1878 – 1886.

- Bywater, A. C. 1984. A generalised model of feed intake and digestion in lactating cows. *Agr. Syst.* 13: 167 – 186.
- Caird, L., and W. Holmes. 2009. The prediction of voluntary intake of grazing dairy cows. *J. Agr. Sci.* 107: 43 – 54.
- Calegare, L. N. D. P. 2004. Exigências e eficiência energética de vacas de corte nelore e de cruzamento *Bos taurus* x Nelore. PhD Diss. Escola Superior Luiz de Queiroz ESALQ. Piracicaba.
- Casali, A., E. Detmann, and S. C. Valadares Filho. 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. *R. Bras. Zootec.* 37: 335 – 342.
- Capuco, A. V., S. E. Ellis, S. A. Hale, E. Long, R. A. Erdman, X. Zhao, and M. J. Paape. 2003. Lactation persistency: Insights from mammary cell proliferation studies. *J. Anim. Sci.* 81: 18 – 31.
- Cobby, J., and Y. Le Du. 1978. On fitting curves to lactation data. *Anim. Sci.* 26: 127 13 – 13.
- Cobuci, J. A., R. F. Euclides, R. S. Verneque, and R. Luiz. 2000. Curva de lactação na raça guzerá1. *R. Bras. Zootec* 29: 1332 – 1339.
- Cobuci, J. A., R. F. Euclides, R. L. Teodoro, R. S. Verneque, P. S. Lopes, and M. A. Silva. 2001. Genetic and environmental aspects of the lactation curve in guzerá breed cows. *R. Bras. Zootec.* 30: 1204 – 1211.
- Dado, R. G., and M. S. Allen. 1995. Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. *J. Dairy Sci.* 78: 118 – 133.

- Detmann, E., P. R. Cecon, M. F. Paulino, J. T. Zervoudakis, S. C. Valadares Filho, and C. V. Araújo. 2001. Estimação de parâmetros da cinética de trânsito de partículas em bovinos sob pastejo por diferentes seqüências amostrais. *R. Bras. Zootec.* 30: 222 – 230.
- Dhanao, M. 1981. A note on an alternative form of the lactation model of wood. *Anim. Sci.* 32: 349 – 351.
- Draper, N. R., and H. Smith. 1966. *Applied regression analysis*. John Wiley. New York.
- Ellis, W. C. 1978. Determinants of grazed forage intake and digestibility. *J. Dairy Sci.* 61: 1828 – 1840.
- Forbes, J. M. 1995. *Voluntary food intake and diet selection in farm animals*. CAB International. Oxon, UK.
- Gonçalves, T. D. M., A. I. G. D. Oliveira, R. T. F. D. Freitas, and I. G. Pereira. 1996. Curvas de lactação em rebanhos da raça Holandesa no estado de minas gerais: Escolha do modelo de melhor ajuste. *R. Bras. Zootec.* 30: 1689 – 1694.
- Grandin, T., and D. Deesing. 1998. Behavioral genetics and animal sciences. Page 356 in *Genetics and behavioural of domestic animals*. ed Acad. Press. San Diego, CA.
- Grossman, M., and W. Koops. 1988. Multiphasic analysis of lactation curves in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 71: 1598 – 1608.
- Hall, M. B. 2001. Recent advances in non-carbohydrates for the nutrition of lactating cows. Page 139 in *Proc. Sinleite-simpósio internacional novos conceitos em nutrição.*, Lavras. Brazil.
- Jenkins, T. G., and C. L. Ferrell. 1984. A note on lactation curves of crossbred cows. *Anim. Prod.* 39: 479 – 472.
- Johnson, M. M., and J. P. Peters. 1993. Technical note: An improved method to quantify nonesterified fatty acids in bovine plasma. *J. Anim. Sci.* 71: 753 – 756.

- Keady, T. W. J., C. S. Mayne, and D. J. Kilpatrick. 2004. An evaluation of five models commonly used to predict food intake of lactating dairy cattle. *Livest. Prod. Sci.* 89: 129 – 138.
- Kearney, J. F., M. M. Schutz, P. J. Boettcher, and K. A. Weigel. 2004. Genotype x environment interaction for grazing versus confinement, Production traits. *J. Dairy Sci.* 87: 501 – 509.
- Keown, J. F., R. W. Everett, N. B. Empet, and L. H. Wadell. 1986. Lactation curves. *J. of Dairy Sci.* 69: 769 – 781.
- Kiley, M. 1976. Fostering and adoption in beef cattle. *British Cattle Breeders Club* 38: 42 – 55.
- Licitra, G., T. M. Hernandez, and P. J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Tech.* 57: 347 – 358.
- Macciotta, N., D. Vicario, and A. Cappio-Borlino. 2005. Detection of different shapes of lactation curve for milk yield in dairy cattle by empirical mathematical models. *J. of Dairy Sci.* 88: 1178 – 1191.
- Madalena, F. E., M. L. Martinez, and A. F. Freitas. 1979. Lactation curves of holstein-friesian and holstein-friesian x Gir cows. *Anim. Prod.* 29: 101 – 107.
- Mayer, D. G., M. A. Stuart, and A. J. Swain. 1994. Regression of real-world data on model output: An appropriate overall test of validity. *Agric. Syst.* 45: 93 – 104.
- McMenimam, N. P. 1997. Methods of estimating intake of grazing animals. Page 131 in *Proc. 34th Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia.*, Juiz de Fora. Brazil.
- Merchen, N. R. 1988. Digestion, absorption and excretion in ruminants. Page 172 in *The ruminant animal: digestive physiology and nutrition*. D. C. Church, ed. Prentice-Hall. Englewood Cliffs. NJ.
- Mertens, D. R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Anim. Sci.* 64: 1548 – 1558.

- Mertens, D. R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. *J. AOAC Int.* 85: 1217 – 1240.
- Minson, D. J. 1981. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. Page 167 in *Nutritional Limits to Animal Production for Pastures*. J. B. Hacker. ed. Commonwealth Agric. Bureaux. Farnham Royal. UK
- Monteiro, L. S. 1972. The control of appetite in lactating cows. *Anim. Prod.* 14:263 – 281.
- Mourão, G. B., J. A. G. Bergmann, and M. B. D. Ferreira. 1997. Medidas lineares. pelagem e temperamento em fêmeas mestiças F1. *Cad. Tec. Esc. Med. Vet. UFMG.* 18: 61 – 70.
- Myers, W. D., P. A. Ludden, V. Nayigihugu, and B. W. Hess. 2004. Technical note: A procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. *J. Anim. Sci.* 82: 179 – 183.
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington. DC.
- Oldenbroek, J. K., and A. A. M. Jansen. 1978. The effect of the grazing behaviour of a breed on the performance of another breed, when they are grazing together. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie.* 95: 132 – 139.
- Oliveira, H. T. V., R. B. Reis, J. R. Glória, C. R. Quirino, and J. C. C. Pereira. 2007. Curvas de lactação de vacas f holandês-gir ajustadas pela função gama incompleta. *Arq. Bras. Med.* 59: 233 – 238.
- Paciullo, D. S. C. 2002. Características anatômicas relacionadas ao valor nutritivo de gramíneas forrageiras. *Cienc. Rural* 32: 357 – 364.
- Papajcsik, I., and J. Boderó. 1988. Modelling lactation curves of friesland cows in a subtropical climate. *Anim. Prod.* 47: 201 – 207.

- Pereira., J. C. C. 2005. Fundamentos de bioclimatologia aplicados à produção animal. FEPMVZ., Belo Horizonte. Brazil.
- Pittroff, W., and M. M. Kothmann. 2001. Quantitative prediction of feed intake in ruminants: I. Conceptual and mathematical analysis of models for sheep. *Livest. Prod. Sci.* 71: 131 – 150.
- Poppi, D. P., T. P. Hughes, and P. J. L'Huillier. 1987. Intake of pasture by grazing ruminants. Page 55 in *Livestock feeding on pasture*. A. M. Nicol. ed. New Zealand Society of Animal Production, Hamilton. Auckland.
- Raffrenato, E., and Van Amburgh, M. 2010. Development of a mathematical model to predict sizes and rates of digestion of a fast and slow degrading pool and the indigestible NDF fraction. Page 52 in *Proc. 2010 Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers*, Ithaca. NY.
- Rayburn, E. B., and D. G. Fox. 1993. Variation in neutral detergent fiber intake of holstein cows¹. *J. Dairy Sci.* 76: 544 – 554.
- Reboucas, G. F., T. Goncalves, M. L. Martines, J. Azevedo Junior, and W. J. Koops. 2008. Novas funções para estimar a produção de leite, em 305 dias de lactação, de vacas da raça. *R. Bras. Zootec.* 37: 1222 – 1229.
- Regazzi, A. J. 1999. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão e a igualdade de parâmetros no caso de dados de delineamentos experimentais. *Revista Ceres* 46: 383 – 410.
- Reis, R. A., A. C. Ruggieri, D. R. Casagrande, and A. G. Páscoa. 2009. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. *R. Bras. Zootec.* 38: 147 – 159.

- Rennó, F. P., J. C. Pereira, A. D. F. Santos, N. G. Alves, C. A. A. Torres, L. N. Rennó, and P. Z. Balbinot. 2006. Efeito da condição corporal ao parto sobre a produção e composição do leite, a curva de lactação ea mobilização de reservas corporais em vacas da raça Holandesa. *Arq. Bras. Med* 58: 220 – 233.
- Rosado, M. L. 1991. Características reprodutivas, produtivas e biométricas de fêmeas Nelore e F1 europeu-Nelore. Msc. Diss. Universidade Federal de Viçosa., Viçosa. Brazil.
- Shanks, R. D., P. J. Berger, A. E. Freeman, and F. N. Dickinson. 1981. Genetic aspects of lactation curves¹. *J. Dairy Sci.* 64: 1852 – 1860.
- Sherchand, L., R. W. McNew, D. W. Kellogg, and Z. B. Johnson. 1995. Selection of a mathematical model to generate lactation curves using daily milk yields of Holstein cows¹. *J. Dairy Sci.* 78: 2507 – 2513.
- Siebert, B. D., and R. A. Hunter. 1977. Prediction of herbage intake response, and body weight changes in dairy cattle and liveweight gain of cattle grazing tropical pastures from the composition of the diet. *Agric. Syst.* 2: 199 – 205.
- Sikka, L. 1950. A study of lactation as affected by heredity and environment. *J. Dairy Res.* 17: 231 – 252.
- Souza, G. S. 1998. Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear. Embrapa-SPI, Brasília. Brazil.
- Tedeschi, L.O. 2006. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agric. Syst.* 89: 225 – 247.
- Vadiveloo, J., and W. Holmes. 1979. The prediction of the voluntary feed intake of dairy cows. *J. Agric. Sci.* 93: 553 – 562.
- Van Soest, P. J., and R. Wine. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds, Iv. Determination of plant cell-wall constituents. *J. AOAC Int.* 50: 50 – 55.

- Van Soest, P. J. 1988. Effect of environment and quality of fiber on nutritive value of crop residues. Page 71 in Proc. Workshop Plant Breeding and Nutritive Value of Crop Residues., Addis Ababa. Ethiopia.
- Williams, C. B., P. A. Oltenacu, C. J. Sniffen, 1989. Application of neutral detergent fibre in modeling feed intake, lactation response, and body weight changes in dairy cattle. J. Dairy Sci. 72: 652.
- Wilmink, J. 1987. Adjustment of test-day milk. fat and protein yield for age, season and stage of lactation. Livest. Prod. Sci. 16: 335 – 348.
- Wood, P. D. P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. Nature 216: 164 – 165.
- Wood, P. D. P. 1976. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat and protein production, with estimates of seasonal variation. Anim. Prod. 22: 35 – 40.

Tables:

Table 1 – Chemical composition of the concentrate, extrusa and availability of pasture throughout the experimental period¹

	21-d		42-d		63-d		84-d		105-d		126-d		
Item ²	EXT	AVB	EXT	AVB	EXT	AVB	EXT	AVB	EXT	AVB	EXT	AVB	CONC
ADM, t/ha	--	3.18	--	4.50	--	6.45	--	6.84	--	6.49	--	10.85	--
DM, %	--	17.63	--	19.27	--	27.07	--	30.81	--	37.09	--	41.55	87.67
OM, %	90.41	92.45	90.04	92.17	89.60	92.60	88.92	93.09	90.32	94.19	91.16	93.94	91.96
CP, %	5.23	3.17	12.37	8.18	9.63	6.92	8.40	4.42	7.61	3.69	6.86	4.30	24.65
NDIN, %	0.61	0.44	0.97	1.22	0.85	0.92	0.79	0.69	0.91	0.65	1.025	0.61	7.93
EE, %	2.10	0.58	1.93	0.92	1.51	0.78	1.94	0.88	2.01	1.54	2.27	1.29	2.83
NDFap, %	60.04	66.24	55.40	61.63	59.13	65.38	62.35	67.20	59.69	71.11	59.80	71.38	9.55
iNDF, %	20.8	31.29	17.52	31.12	20.25	31.90	24.32	35.72	22.86	37.76	31.11	44.99	2.56
NFC, %	22.90	22.45	20.04	21.43	18.54	19.52	15.81	20.52	20.66	17.24	22.08	17.57	54.92
ADF, %	28.52	35.24	26.90	36.24	32.42	37.86	31.51	37.41	33.65	44.77	27.33	40.29	3.01
LIG, %	6.17	11.79	4.22	7.58	8.85	14.08	8.74	16.22	10.21	12.15	7.58	11.28	1.75

¹EXT – esophageal extrusa; AVB – availability of pasture; CONC – concentrate

²ADM – available dry matter; EE – Ether extract (Dry basis); NDIN – Neutral detergent insoluble nitrogen (NDF basis); NDFap – neutral detergent fiber, corrected for ash and protein (Dry basis) ; NDFi – indigestible neutral detergent fiber (Dry basis) ; NFC – non-fiber carbohydrates (Dry basis); ADF – acid detergent fiber (Dry basis) ; LIG – lignin (Dry basis).

Table 2 – Significance level of the genetic group effect (*P* – value) in multiple linear regression parameters of the days in lactation¹

Item	Intercept			Linear effect			Quadratic effect		
	HGI x HNE	HGU x HNE	HGI x HGU	HGI x HNE	HGU x HNE	HGI x HGU	HGI x HNE	HGU x HNE	HGI x HGU
DMI, kg	0.949	0.807	0.879	0.596	0.514	0.946	0.467	0.357	0.925
DMI, BW%	0.638	0.797	0.484	0.803	0.631	0.851	0.631	0.489	0.884
DMd, %	0.740	0.859	0.860	0.434	0.583	0.205	0.374	0.312	0.074
NEFA ²	0.053	0.014	0.808	0.017	0.003	0.756	0.009	0.004	0.899

¹HGI – F1 Holstein x Gir; HGU – F1 Holstein x Guzerat; HNE – F1 Holstein x Nelore;

²NEFA – Non-esterified fat acids, mmol/ml

Table 3 – Estimated parameters in multiple linear regression models of the days in lactation¹

Item ²	Regression parameters			R-SD	R ²	<i>P</i> – value	Critical point	
	Intercept	t	t ²				Position (day)	Expected response
DMI, kg/d	12.9566	0.0215	-0.000267	1.84	0.3499	< 0.0001	40	13.34
NEFA – HNE	0.87797	-0.01326	0.00005658	0.14	0.4381	< 0.0001	117	0.1010
NEFA – HGU	0.54187	-0.00492	0.00001615	0.14	0.4381	< 0.0001	151	0.1671
NEFA – HGI	0.63704	-0.00807	0.00003313	0.14	0.4381	< 0.0001	122	0.1456

¹t – linear effect; t² – quadratic effect; R-SD – residual standard deviation;

²NEFA – Non esterified fat acids, mmol/d; HGI – F1 Holstein x Gir; HGU – F1 Holstein x Guzerat; HNE – F1 Holstein x Nelore

Table 4 – Descriptive statistics of the observed data used for reparametrization of the NRC (2001) intake model¹

Variables	DL	DMI	MY	FCM4%	BW
Average	92.69	12.18	14.69	13.73	546.0
Median	92.0	12.0	14.0	13.0	540.0
Mode	63.0	ns	16.4	ns	535.0
Maximum	181.0	19.38	21.29	21.03	664.0
Minimum	14.0	6.27	7.0	5.29	441.0
SD	42.3	2.3	2.8	3.0	53.3
CV	45.6	18.5	19.2	21.8	9.7
n	101.0	101.0	101.0	101.0	101.0

¹DL – days in lactation; MY – milk yield; FCM4% - fat corrected milk (NRC, 2001); BW – body weight; NRC (2001) model: $DMI (kg/d) = (0.6089 * FCM4\% + 0.0244 * BW^{0.75}) + (1 - e^{(-0.2919 * (WL + 5.5772))})$

Table 5 – Estimated parameters of the different models used to fit the lactation curves, evaluation of the best fit, estimated parameters for Wood (1967) model and descriptive statistics of the observed data

Observed data		Models ¹							
Parameters		JF		JFA			WD		
a		0.6949 ± 0.0139		8.9626 ± 0.1996			16.6224 ± 1.0767		
b		-		0.6276 ± 0.0218			0.0641 ± 0.0195		
c		0.0147 ± 0.0001		0.0252 ± 0.0006			0.0045 ± 0.0002		
A-SD ²		12.13		6.02			5.35		
		JF		JFA			WD		
Regression									
Intercept		5.8311 ± 0.3118		-0.0105 ± 0.364			0.0655 ± 0.330		
slope		0.5887 ± 0.0232		1.0001 ± 0.0266			0.9965 ± 0.024		
r		0.632		0.771			0.799		
R-SD ³		2.98		2.45			2.31		
P – value		< 0.001		0.999			0.956		
MSPE ⁴		12.114		6.014			5.351		
Average bias, %		2.75		0.0			0.01		
Systematic error, %		23.85		0.0			0.01		
Random error, %		73.39		100.0			99.98		
		Wood (1967) model for genetic groups ⁵							
Parameters		HGI		HGU			HNE		
a		17.2667 ± 2.5145		18.1470 ± 1.2313			14.2836 ± 2.0699		
b		0.0652 ± 0.0421		0.0332 ± 0.0209			0.1059 ± 0.0444		
c		0.00424 ± 0.0004		0.00408 ± 0.00028			0.00552 ± 0.00057		
		Descriptive statistics							
		Average	Median	Mode	Max	Min	SD	CV	n
Days in milking		121.30	113.0	196	287	1	63.9	52.6	966
Milk Yield		13.35	13.5	15	24	3	3.8	28.8	966

¹Jenkins & Ferrell (1984): $Y=ate^{-ct}$; Jenkins & Ferrell (1984) with an adjustment parameter : $Y=a+bt e^{-ct}$; Wood (1967): $Y=at^b e^{-ct}$;

²A-SD – asymptotic standard-deviation;

³R-SD – residual standard-deviation;

⁴Mean squared predicted error;

⁵HGI – F1 Holstein x Gir; HGU – F1 Holstein x Guzarat; HNE – F1 Holstein x Nelore

Table 6 - Estimated parameters of the cube root model used to fit the weight variation data throughout days in lactation, different genetic group effects (P – value) and descriptive statistics of the observed data

Item ²	Regression parameters ¹						
	intercept	t	$t^{1/2}$	$t^{3/2}$	R-SD	R^2	P – value
HGI	607.70	3.6957	-32.4659	-0.1352	45.92	0.2379	<0.0001
HGU	664.73	3.6957	-32.4659	-0.1352	45.92	0.2379	<0.0001
HNE	657.42	3.6957	-32.4659	-0.1352	45.92	0.2379	<0.0001
	Genetic group effects (P – value)						
	Intercept	t	$t^{1/2}$	$t^{3/2}$			
HGI x HNE	< 0.0001	0.0877		0.0616		0.1230	
HGU x HNE	0.1913	0.0716		0.0716		0.0650	
HGI x HGU	0.0253	0.6214		0.4447		0.8290	
	Descriptive statistics						
	average	median	max	min	SD	CV	n
Days in lactation	137.1	140	280	1	68.3	49.8	205
Body weight	552.0	554	667	441	51.9	9.4	205

¹t – linear effect; $t^{1/2}$ – cube effect; $t^{3/2}$ – cube root effect; R-SD – residual standard-deviation;

²HGI – F1 Holstein x Gir; HGU – F1 Holstein x Guzerat; HNE – F1 Holstein x Nelore;

Figures

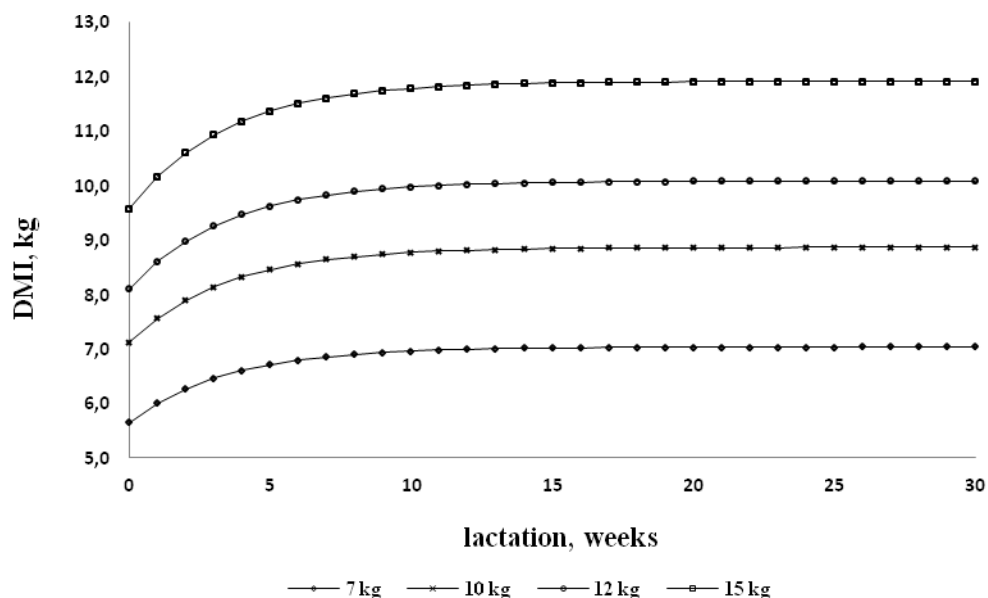


Figure 1– DMI of the F1 Holstein x Zebu cows in four hypothetical milk production levels

(7, 10, 12 and 15 kg/d) and body weight 550 kg, estimated by the NRC (2001)

equation:
$$\text{DMI (kg/d)} = (0.6089 \cdot \text{FCM4\%} + 0.0244 \cdot \text{BW}^{0.75}) + (1 - e^{(-0.2919 \cdot (\text{WL} + 5.5772))})$$

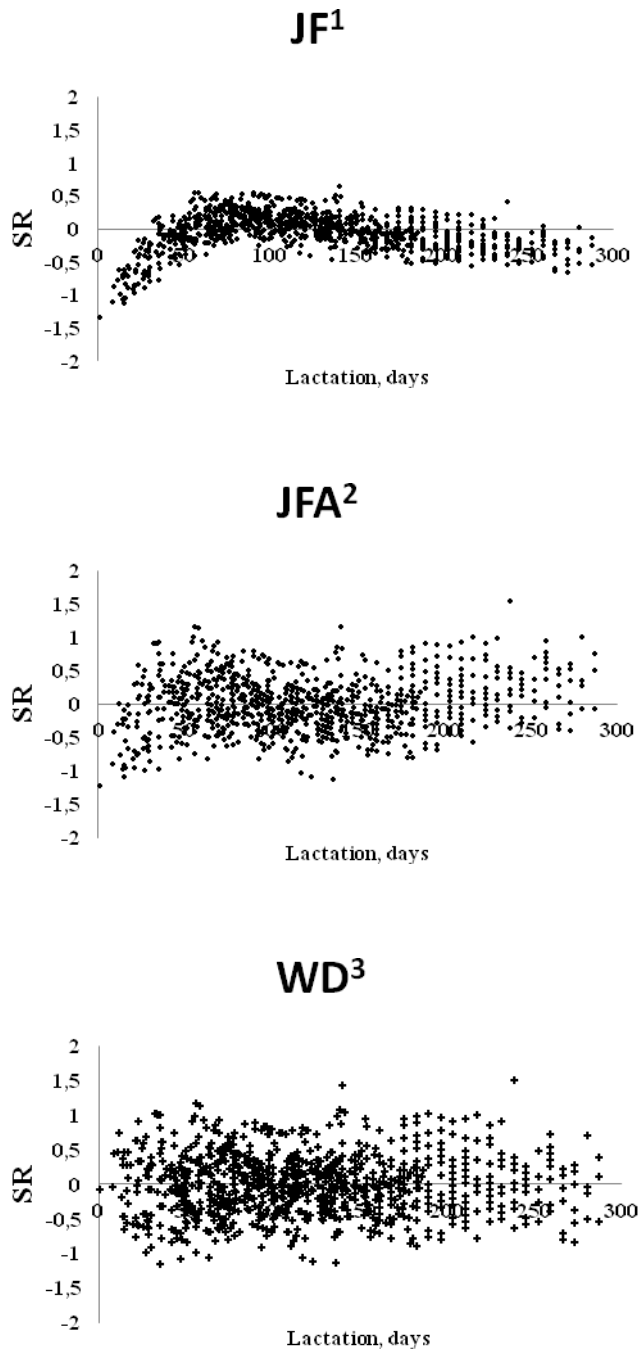


Figure 2 – Standardized residues of the three evaluated models for lactation curves of the F1 Holstein x Zebu cows; JF – Jenkins & Ferrell (1984): ¹JFA – $Y=ate^{-ct}$; ²Jenkins & Ferrell (1984) with an adjustment parameter and ³WD – $Y=a+bte^{-ct}$; Wood (1967): $Y=at^be^{-ct}$

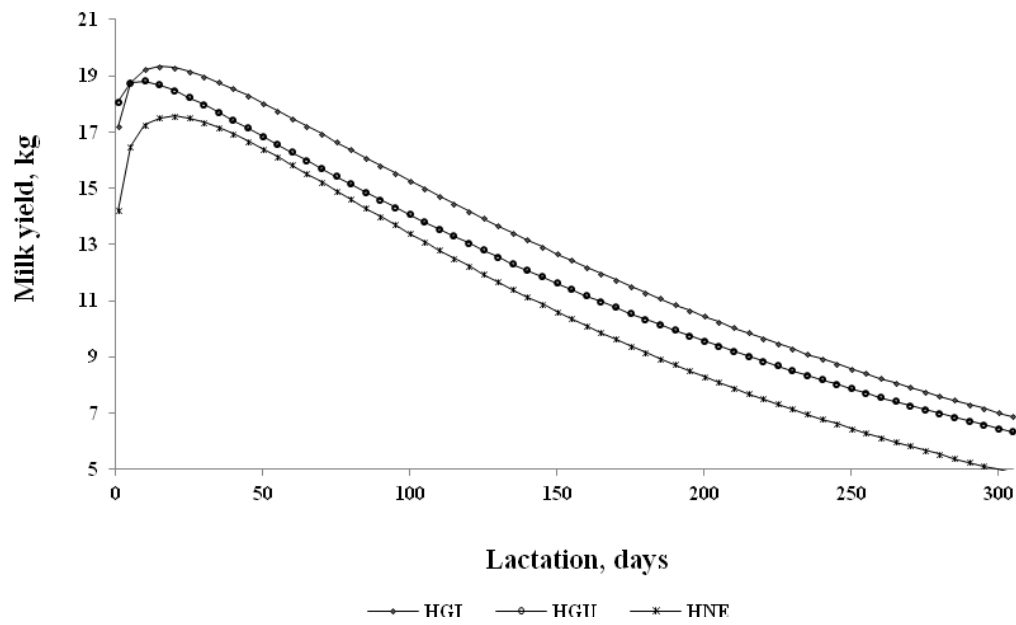


Figure 3 – Lactation curves of the F1 Holstein x Zebu cows of different genetic groups as

follows: HGI – Holstein x Gir: $Y = 17.2667 * t^{0.0652} * e^{-0.00424t}$; HGU – Holstein x

Guzerat: $Y = 18.1470 * t^{0.0332} * e^{-0.00408t}$ and HNE – Holstein x Nelore: $Y =$

$14.2836 * t^{0.1059} * e^{-0.00552t}$

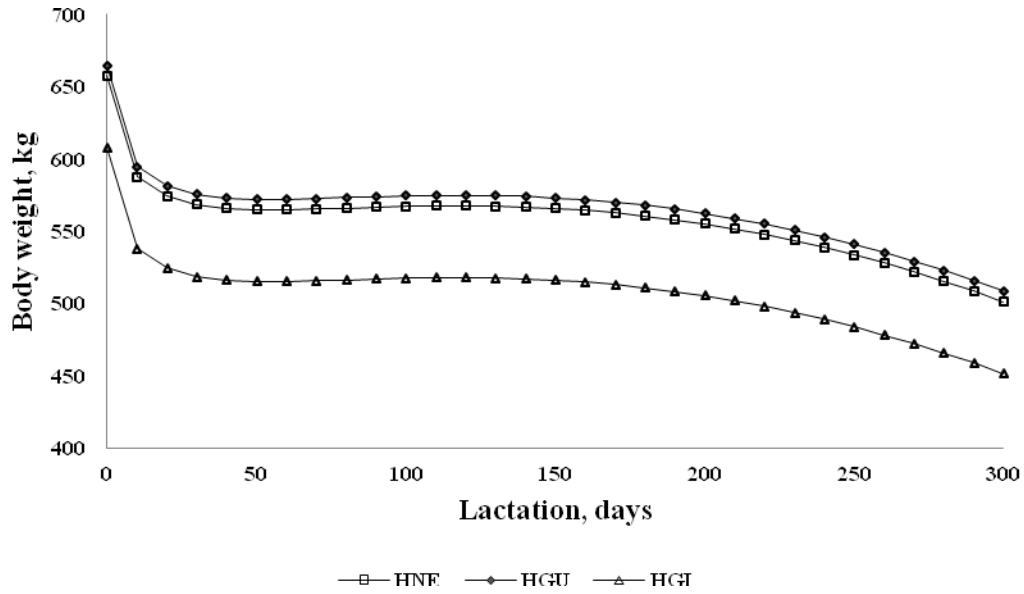


Figure 3 – Weight variation curves of the Holstein x Zebu cows of different genetic groups as

follows: HGI – Holstein x Gir = $607.70 + 3.6957*t - 32.4659*t^{1/2} - 0.1352*t^{3/2}$;

HGU – Holstein x Guzerat = $664.73 + 3.6957*t - 32.4659*t^{1/2} - 0.1352*t^{3/2}$; HNE –

Holstein x Nelore = $657.42 + 3.6957*t - 32.4659*t^{1/2} - 0.1352*t^{3/2}$

Consumo, digestibilidade e eficiência de utilização do nitrogênio para vacas mestiças F1

Holandês x Zebu em sistema de pastejo

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o consumo, a digestibilidade e a eficiência de utilização dos compostos nitrogenados (N) para vacas mestiças F1 Holandês x Zebu em sistema de pastejo. O experimento foi conduzido na Fazenda experimental da EPAMIG, em Felixlândia-MG, entre os meses de janeiro e maio de 2008. Foram utilizadas 18 vacas F1, sendo seis Holandês x Gir (HGI), seis Holandês x Guzerá (HGU) e outras seis Holandês x Nelore (HNE), recém-paridas, que constituíram os três tratamentos experimentais, distribuídas em amostras aleatórias simples sob as mesmas condições de alimentação: pasto mais concentrado com 22% de proteína bruta (PB). Para estimativa do consumo individual a pasto, foram utilizados dois indicadores. O dióxido de titânio foi usado para estimar a excreção de matéria seca fecal, e para consumo individual de pasto, foi utilizada a fibra em detergente ácido indigestível. Não houve efeito de grupos genéticos sobre os consumos e coeficientes de digestibilidade dos nutrientes ($P < 0,05$) para nenhum efeito da regressão linear múltipla. Todos os parâmetros das equações de regressão relativos ao consumo de nutrientes, com exceção do consumo de matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO) em % do peso corporal (PC), de carboidratos não-fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) em %PC, foram significativos ($P < 0,05$) e apresentaram comportamento quadrático, com ponto crítico positivo. Os coeficientes de digestibilidade para PB, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}) e o teor de NDT foram afetados pelo período de lactação ($P < 0,05$), enquanto os coeficientes de digestibilidade da MS, extrato etéreo (EE) e MO não apresentaram efeito do período de lactação ($P > 0,05$). A produção de leite total projetada aos 305 dias de lactação de vacas HGI foi superior (3938 kg) em relação às vacas HGU (3713 kg), em função da sua menor taxa de queda na produção. O grupo de vacas

HNE apresentou menor produção de leite acumulada que os demais grupos, sendo 3335 kg aos 305 dias, com pico de lactação discreto aos 19 dias. Não houve efeito do grupo genético ($P > 0,05$) para os parâmetros de eficiência de utilização do N. A excreção de uréia na urina apresentou comportamento quadrático em função dos dias de lactação ($P < 0.05$) com valor máximo de excreção estimada aos 49,14 dias. Já os teores de nitrogênio uréico no leite e no plasma também em comportamento quadrático ($P < 0,05$) apresentaram pico aos 121,53 e 119,09 dias, respectivamente. Sendo assim, conclui-se que a utilização de diferentes grupos genéticos de vacas Holandês x Zebu sob pastagens tropicais não promove alteração sobre os consumos, as digestibilidades dos nutrientes e a eficiência de utilização dos compostos nitrogenados, variando no entanto em função do período de lactação, apresentando em geral comportamento quadrático para os três grupos genéticos. Porém, com relação a produção de leite, as vacas HGI apresentam maior produção acumulada durante a lactação e maior persistência, seguidas pelas vacas HGU e HNE.

Palavras-chave: *Brachiaria decumbens*, cruzamento, desempenho, produção de leite

Intake, digestibility and efficiency on nitrogen use in F1 Holstein x Zebu dairy cows on grazing system

Abstract: the objective was to evaluate intake, digestibility and efficiency of N use in F1 Hostein x Zebu dairy cows on grazing system. The experiment was conducted at the experimental farm of EPAMIG in Felixlândia-MG, between January and May 2008. We used 18 F1 cows, six HGI, six HGU and six HNE, which were the three experimental treatments, distributed in simple random samples under the same conditions of supply: pasture plus concentrate containing 22% crude protein (CP). To estimate the individual intake on pasture, we used two markers. Titanium dioxide was used to estimate the excretion of fecal dry matter and we used the acid detergent fiber (iADF) to estimate the individual pasture intake. There was no effect of genetic groups on intake and digestibility of nutrients ($P < 0.05$) for any effect of multiple linear regression. All parameters of the regression equations for consumption of nutrients, except for DM and OM in% of body weight (BW) of non-fiber carbohydrates (NFC) and total digestible nutrients (TDN)% BW, were significant ($P < 0.05$) and presented a quadratic behavior with positive critical point. The digestibility coefficients for CP, neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDF) and TDN content were affected by the lactation period ($P < 0.05$), while the digestibility of DM, ether extract (EE) and organic matter (OM) presented no effect of lactation ($P > 0.05$). There was no effect of genotype ($P > 0.05$) for the parameters of efficiency of utilization of N. The excretion of urea nitrogen in urine (UNU) presented a quadratic function of days in milking ($P < 0.05$), estimating the maximum excretion at 49 days. Since the milk urea nitrogen (MUN) and plasma (PUN), also in a quadratic behavior ($P < 0.05$) presented peaks at 120 and 119 days, respectively. Thus, we conclude that the use of different genetic groups of Holstein-Zebu cows under tropical pastures does not promote change

on intake, digestibility and nutrient utilization efficiency of N, which varied according to the milking period, presenting an general quadratic behavior for the three genetic groups.

Keywords: *Brachiaria decumbens*, crossbreed, milk produce, performance

Introdução

Vacas mestiças, pelas suas próprias características e rusticidade, permitem certa flexibilidade em termos de produção de leite. Em geral são utilizados sistemas alternativos de produção, que privilegiam pastagens tropicais como insumo básico da alimentação dos animais no verão e volumoso fornecido no cocho durante o inverno, quando há escassez de chuva e luminosidade. Estes sistemas, quando comparados a outros sistemas mais intensivos, podem apresentar resultados econômicos mais competitivos, uma vez que a alimentação dos animais participa de forma significativa nos custos de produção de leite, e entre os diversos componentes da dieta dos bovinos, o pasto é o que apresenta menor custo por unidade de nutriente.

Entretanto, informações das variações no desempenho de vacas mestiças durante a lactação, principalmente em pastejo, ainda são escassas na literatura. Muitas informações são encontradas na literatura internacional, porém, em geral com vacas leiteiras de sangue predominantemente Holandês, pouco adaptadas a sistemas semi-intensivos. Por isso são necessários estudos do desempenho de vacas mestiças ao longo de sua lactação, submetidas a diferentes planos de alimentação, principalmente em pastejo durante o verão. São necessárias ainda informações a respeito do comportamento de consumo e produção de leite ao longo de toda a lactação, pois durante este período existe variação em exigências nutricionais de acordo com a fase da vida produtiva e reprodutiva. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o consumo, a digestibilidade e a eficiência de utilização do nitrogênio em vacas mestiças F1 Holandês x Zebu em sistema de pastejo.

Material e métodos

Local

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, em Felixlândia-MG, entre os meses de janeiro e maio de 2008. As análises químico-bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Ruminantes, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, MG. Os procedimentos de cuidado e manejo humanitário dos animais seguiram as orientações da Universidade Federal de Viçosa.

Animais, dieta e delineamento experimental

Foram utilizadas 18 vacas F1, sendo seis Holandês x Gir, seis Holandês x Guzerá e outras seis Holandês x Nelore, que constituíram três tratamentos experimentais, recém-paridas, distribuídas em amostras aleatórias simples sob as mesmas condições de alimentação (pasto mais concentrado com 22% de PB). As vacas foram ordenhadas mecanicamente às 7h00 e 14h00 e foi realizado o controle leiteiro semanalmente.

Todos os dias após a ordenha, as vacas foram conduzidas até piquetes de *Brachiária decumbens*, em regime de pastejo rotativo, providos de cocho com sal mineral e água à vontade. Os dados relativos às estimativas de consumo e digestibilidade da matéria seca foram obtidos durante 6 períodos experimentais de 21 dias cada, que se iniciaram a partir da primeira semana de lactação das vacas. Já os dados relativos à produção de leite foram coletados até o final do período de lactação das vacas.

Procedimento para estimação do consumo

Para estimação do consumo individual a pasto, foram utilizados dois indicadores, realizando seis períodos experimentais de 21 dias cada, sendo 14 para adaptação e sete para coletas. O dióxido de titânio foi usado para estimar a excreção de matéria seca fecal. Do sétimo ao décimo oitavo dia foram fornecidos 15g deste indicador, em dose única, após a ordenha (15:00h), por via oral para cada vaca por meio de sonda, totalizando 11 dias de aplicação, sendo

seis dias para estabilização da excreção do indicador nas fezes, e cinco para coletas de fezes, que foram realizadas duas vezes ao dia após as ordenhas.

As amostras fecais obtidas, após secas e moídas, foram compostas proporcionalmente, com base no peso seco ao ar, por animal, sendo, então, submetidas à dosagem do teor dióxido de titânio seguindo a técnica descrita por Myers et al.(2004). A excreção fecal foi obtida dividindo-se o consumo de dióxido de titânio pela sua concentração nas fezes.

Para determinação do consumo individual de pasto, foi utilizado como indicador interno a fibra em detergente ácido indigestível (FDAi). Para estimativa da FDAi do pasto foram utilizados para coleta de extrusa esofágica, no décimo sexto dia de cada período experimental, dois novilhos mestiços fistulados no esôfago. Para quantificação da FDAi nas amostras de fezes, concentrado e extrusa, estas foram colocadas em sacos Ankon (Filter bag F57), e incubadas no rúmen de um animal mestiço fistulado, por um período de 264 horas (Casali et al., 2008). O material remanescente da incubação foi previamente lavado com água e em seguida submetido à extração com detergente ácido, sendo o resíduo considerado a FDAi. As estimativas de consumo individual de matéria seca (CMS) foram obtidas seguindo a expressão: CMS (kg/dia) =[((excreção fecal * concentração de FDAi nas fezes) – FDAi no concentrado) / concentração de FDAi na extrusa] + consumo de matéria seca de concentrado.

O concentrado total (Tabela 1) foi fornecido no cocho individual da ordenha e foi calculado seguindo a produção de leite, sendo fornecidos 1 kg de concentrado para cada 3 kg de leite produzido, sendo 8 kg de leite a produção inicial para recebimento do primeiro kg de concentrado. Após as ordenhas foram recolhidas e pesadas as sobras de cada cocho. O concentrado foi constituído de: farelo de soja (24%), milho moído (68,5%), uréia (2%), sulfato de amônio (0,2%), calcário (1,6%), fosfato bicalcico (2,3%), cloreto de sódio (0,4%), premix

mineral (1%), com a seguinte composição: sulfato de cobalto (7,93%), sulfato de cobre (23,9%), sulfato de zinco (63,5%), iodeto de potássio (3,17%), selenito de sódio (1,58%).

Procedimentos analíticos

Todas as amostras foram secas em estufa ventilada (60°C), por 72h, e processadas em moinho de faca com peneira de malha de 2 mm. As amostras foram armazenadas em recipiente de plástico para posteriores análises. As análises de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), e proteína bruta (PB) foram executadas conforme descrito pelo AOAC (2000). O extrato etéreo (EE) foi analisado por extração Soxhlet com éter de petróleo. As concentrações de FDNcp e fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína (FDACP) foram determinadas por técnica adaptada de Mertens (2002) e foram analisadas com a adição da enzima alfa-amilase termo estável (Ankon Tech. Corp., Fairport, NY). A lignina (Lig) foi extraída com ácido sulfúrico a 72% (Van Soest, 1967). O nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) foi avaliado pelo método de Kjeldahl (Licitra et al., 1996).

Os carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína (CNFcp), foram calculados como proposto por Detmann e Valadares Filho (2010), sendo: $CNF\ cp = 100 - [(\% PB - \% PB \text{ derivada da uréia} + \% \text{ uréia}) + \% FDN\ cp + \% EE + \% \text{ cinzas}]$. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados segundo Weiss (1999), pela seguinte equação: $NDT (\%) = PBd + FDNd + CNFd + 2,25\ Eed$, em que: PBd = proteína bruta digestível; FDNd = fibra em detergente neutro digestível; CNFd = carboidratos não-fibrosos digestíveis; EEd = extrato etéreo digestível.

A coleta da forragem, para se estimar a disponibilidade de pasto, foi realizada no 1º dia do experimento e no último dia de cada período experimental, pelo corte de 10 áreas escolhidas aleatoriamente, por piquete e delimitadas por um quadrado metálico com dimensões de (0,7 x 0,7 m). O corte foi feito rente ao solo, segundo técnica descrita por McMenimam (1997), sendo

feitas as pesagens de cada amostra para compor a média da disponibilidade de forragem, que foi extrapolada por hectare. Em seguida as amostras foram secas, moídas e feita uma amostra composta para análises da composição bromatológica (Tabela 1).

Amostras de sangue foram coletadas no 21º dia por punção da veia coccígea, utilizando tubos de ensaio com anticoagulante (EDTA). Imediatamente, foram centrifugadas a 2800 x g por 15 minutos, sendo então retiradas amostras de plasma, acondicionado em recipientes de vidro e congelado a -15 °C, para posteriores análises da concentração de uréia plasmática.

Amostras “spot” de urina foram obtidas no 21º dia de cada período experimental, imediatamente após a ordenha, por meio de massagem estimuladora. Da urina coletada, após homogeneização e filtração, foram obtidas alíquotas de 10 ml e diluídas em 40 ml de ácido sulfúrico 0,036 N, conforme descrito em Valadares et al. (1997). Estas amostras tiveram o pH ajustado para abaixo de três para evitar destruição bacteriana dos derivados de purina e posteriormente as amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos, devidamente identificados, e congeladas para posteriores análises de uréia, nitrogênio total, creatinina, ácido úrico e alantoína.

O volume urinário total diário foi estimado dividindo-se as excreções urinárias diárias de creatinina pelos valores observados de concentração de creatinina na urina, segundo Valadares Filho e Valadares (2001). A excreção urinária diária de creatinina foi estimada a partir da proposição de 24,05 mg de creatinina por kg de peso vivo, para vacas em lactação (Chizzotti et al., 2007).

O balanço de compostos nitrogenados foi obtido pela diferença entre o nitrogênio total ingerido e o nitrogênio total excretado nas fezes, na urina e no leite. As análises de alantoína na urina foram feitas pelo método colorimétrico, segundo protocolo descrito por Chen e Gomes

(1992). As análises de creatinina, ácido úrico e uréia na urina foram realizadas através de kits comerciais por método colorimétrico enzimático (LABTEST). A excreção total de DP foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretados na urina e da quantidade de alantoína excretada no leite, expressas em mmol/dia. As purinas absorvidas (X, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de DP (Y, mmol/dia), por meio da equação $Y = 0,85X + 0,385 PV^{0,75}$, em que 0,85 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados de purinas e $0,385 PV^{0,75}$ a contribuição endógena para excreção de purinas (Verbic et al., 2009).

A síntese de compostos nitrogenados microbianos no rúmen (Y, g N/dia) foi calculada em função das purinas absorvidas (X, mmol/dia), por meio da equação $Y = (70X) / (0,83 \times 0,116 \times 1000)$, em que 70 representa o conteúdo de N nas purinas (mg N/mmol); 0,83, a digestibilidade das purinas microbianas e 0,116, a relação N-purina:N total nas bactérias (Chen e Gomes, 1992).

Procedimentos de ordenha e coleta de amostras de leite

As vacas foram ordenhadas mecanicamente às 7h00 e 14h00, fazendo-se registro diário da produção de leite. Através do dosador acoplado à ordenhadeira foram feitas amostras proporcionais à produção de leite no décimo sexto dia do período experimental, e foram acondicionadas em frascos plásticos com bromopol® e enviadas para o Laboratório de análise da qualidade do leite da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), para avaliação dos teores de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e extrato seco desengordurado, segundo a técnica descrita pela IDF (1996). A produção de leite corrigida (PLC) para 4,0% de gordura foi calculada segundo NRC (2001).

Outra parte da amostra composta de leite foi desproteinizada com ácido tricloroacético (10 mL de leite misturados com cinco mL de ácido tricloroacético a 25%), filtrado em papel de filtro quantitativo e posteriormente armazenados a -20 °C para análises de uréia e alantoína.

As análises de alantoína no soro do leite foram feitas pelo método colorimétrico, segundo Chen e Gomes (1995). A uréia no soro do leite foi determinada através de kit comercial por método colorimétrico enzimático (LABTEST).

Análises estatísticas

As análises estatísticas para consumo e digestibilidade dos nutrientes, composição do leite e parâmetros de eficiência metabólica, foram realizadas através do modelo de regressão linear múltipla $Y = D_0\beta_0 + \beta_1D_1 + \beta_2D_2 + \beta_3t + \beta_4(t*D_1) + \beta_5(t*D_2) + \beta_6t^2 + \beta_7(t^2*D_1) + \beta_8(t^2*D_2) + e$, em que D_1 e D_2 são variáveis dummy correspondentes aos efeitos de grupos genéticos, sendo $D_1 = 0$ e $D_2 = 0$ para HNE, $D_1 = 1$ e $D_2 = 0$ para HGU, $D_1 = 0$ e $D_2 = 1$ para HGI, e t é a variável referente ao efeito do tempo sobre consumo e digestibilidade dos nutrientes, sólidos do leite e parâmetros de eficiência metabólica. Foi utilizado 5% como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I. A análise foi realizada utilizando-se o procedimento PROC REG do pacote estatístico *Statistical Analysis System (SAS)*.

Foi utilizado o modelo Wood (1967) para ajuste das curvas de lactação das vacas dos três grupos genéticos, como se segue: $Y = at^be^{-ct}$; em que: Y = produção de leite (kg/dia); t = semana de lactação e a ; b ; c = parâmetros a serem estimados. Para obtenção dos parâmetros das equações de regressão não-lineares, foi utilizado o algoritmo iterativo de Marquardt, e estatística t para construção dos intervalos de confiança assintóticos para os parâmetros ($1 - \alpha = 0,95$), com auxílio do comando PROC NLIN do programa SAS, versão 9.2. Para cálculo do desvio-padrão assintótico foi utilizado o método da máxima verossimilhança.

Resultados e Discussão

Consumo e digestibilidade

Não houve efeito de grupos genéticos (Tabela 2) sobre os consumos de matéria seca (CMS) e dos demais componentes ($P < 0,05$). Segundo Reis et al. (2009), as variações na resposta do desempenho animal, podem ser interpretadas como reflexo da qualidade da forragem, que é determinada por dois fatores principais como o consumo de MS e valor nutritivo da mesma. Entretanto, em sistemas de pastejo, o consumo de MS está em função da oferta de forragem. Uma vez que a habilidade do animal em colher a forragem é o principal fator a afetar o consumo, que se torna muito sensível à mudanças na massa forrageira, sendo assim, diferenças no dossel forrageiro podem alterar o comportamento ingestivo de animais em pastejo (Poppi et al., 1987).

De acordo com Oldenbroek e Jansen (1978), diferentes raças ou grupos genéticos juntos, em sistemas de pastejo, apresentam pouca diferença no comportamento de pastejo. O comportamento alimentar está intrinsecamente ligado à natureza do alimento oferecido. Em sistemas de confinamento, por exemplo, a ração é fornecida completamente pronta para o consumo, sendo possível identificar diferenças relativas a grupos genéticos e outras interações. Porém, em sistema de pastejo o alimento precisa ser explorado e colhido pelo animal, o que torna a alimentação um desafio, e outros fatores ligados às características da pastagem tornam-se primordiais na determinação do consumo.

Kearney et al. (2004), discutindo sobre interação entre genótipo e ambiente, encontraram em seus resultados e outros resultados prévios, pouca variabilidade genética para características de desempenho de vacas sob pastejo. Sendo os valores de herdabilidade inferiores aos rebanhos controle em confinamento, caracterizando o efeito pronunciado do ambiente em pastejo. Prendiville et al. (2010) descreveram o comportamento de consumo de pasto de vacas Jersey,

Holandês e os seus cruzamentos, e não encontraram diferenças nos parâmetros de comportamento de pastejo, como tempo total em pastejo, número e taxa dos bocados, embora o consumo tenha sido diferente. Vacas Holandesas apresentaram consumo maior que vacas Jersey, mas o autor atribui isso ao peso vivo. Segundo Rook (2000), a massa do bocado é afetada por parâmetros da anatomia animal como tamanho corporal e tamanho da boca, o que pode provocar limitações ao consumo pelo tamanho do bocado em função do mesmo tempo de pastejo. No presente trabalho, os consumos de MS, FDNcp e NDT, expressos em relação ao peso corporal, não apresentaram efeito do grupo genético, sendo possível afirmar que as variações no consumo entre animais não são de natureza genética e sim inerentes ao ambiente de pastejo.

Também não houve efeito de grupos genéticos (Tabela 2) sobre os coeficientes de digestibilidade e o teor dietético NDT ($P < 0,05$) sobre nenhum dos parâmetros de regressão linear múltipla. Segundo Forbes (1995), entre os fatores que afetam diretamente a digestibilidade de um alimento, destaca-se, com maior importância, o nível de consumo do animal. Esta relação obedece a um padrão inversamente proporcional, ou seja, quanto menor o nível de consumo, maior a digestibilidade do alimento, evento que envolve fenômenos como a redução da taxa de passagem ruminal (Merchen, 1988). Como não houve efeito dos diferentes grupos genéticos para consumo no presente trabalho, seria normal a digestibilidade acompanhar este comportamento, uma vez que os animais foram submetidos a uma mesma dieta.

Segundo Van Soest (1994), o CDMS e conseqüentemente, dos demais nutrientes, depende do teor de parede celular e sua disponibilidade para digestão, determinada pelo grau de lignificação e outros fatores. Quanto maior o teor de lignina, maior é a relação do consumo com a digestibilidade. Sendo então, a digestibilidade, um parâmetro que possui sua variabilidade extremamente ligada ao valor nutritivo da dieta. Segundo Prendiville et al. (2010), a digestibilidade da dieta para animais em sistema de pastejo é bastante influenciada pela variação

no tempo de ruminação e no comportamento de pastejo, que em geral, não são modificados em função de fatores genéticos, e sim pelo tamanho corporal.

Já Reis et al. (2009) reportaram que há tendência de redução no valor nutritivo da dieta dos animais com acréscimo na altura do dossel forrageiro, contudo, o desempenho animal responde de forma inversa, ou seja, quando existe aumento na estrutura do dossel. Isso indica que o valor nutritivo não é limitante quando em condições de baixa oferta de forragem e sim o consumo de forragem pelos animais, que em ambiente de pastejo é um fator inerente a característica da pastagem e não à do animal ou grupo genético. Através da Tabela 1 é possível notar a importância do comportamento de pastejo, acima de qualquer fator, na composição da dieta, uma vez que existe um aumento na qualidade da forragem colhida quando se compara a disponibilidade de nutrientes na pastagem e a forragem colhida pelo animal (extrusa esofágica). Como exemplo pode-se observar redução nos teores de FDNcp (67,15% para 59,49%); FDNi (35,34% para 22,81) e lignina (12,18% para 6,54%) da forragem selecionada em relação à total disponível.

Pode-se observar nas Tabelas 3 e 4 que todos os parâmetros das equações de regressão relativos ao consumo ao longo do tempo foram significativos ($P < 0,05$) e apresentaram comportamento quadrático, com ponto crítico positivo, com exceção dos consumos de MS e MO (%PC), de CNF e NDT (kg e %PC), que não apresentaram os parâmetros lineares ou quadráticos significativos ($P > 0,05$). O consumo de matéria seca máximo foi estimado em 13,34 kg aos 40 dias de lactação, este fato parece estar intimamente ligado às características da pastagem ofertada. Na tabela 1 pode-se observar que o pasto apresentou menor teor de FDN na extrusa, em torno de 42 dias, o que coincide com o pico de consumo das vacas neste experimento.

O pasto apresentou ainda nesta fase maior conteúdo de PB e CNF e menor teor de MS, apesar da menor disponibilidade de pasto até 40 dias de lactação (Tabela 1). Segundo Caird e

Holmes (2009), o consumo máximo de vacas leiteiras em sistema de pastejo não coincide com a máxima disponibilidade de pasto. Os autores atribuem este fato a maior qualidade do pasto selecionado, que aumenta a densidade de nutrientes da ração. Fato este que também explica o consumo de proteína bruta (CPB) máximo aos 44 dias. Mesmo assim, nota-se que o CMS reportado neste trabalho é bastante inferior aos trabalhos com vacas se alimentando com silagens ou volumosos picados.

O NRC (2001) relata consumos de até 25 kg de matéria seca por vaca/dia, entretando vacas se alimentando em pastagens apresentam uma série de restrições ao consumo, já discutidas neste trabalho, somadas ao fato das gramíneas tropicais apresentarem qualidade nutricional inferior às gramíneas de clima temperado, que são características intrínsecas à fisiologia das gramíneas C4. Estas gramíneas apresentam mais altos teores de lignina na parede celular e consequentemente FDNi, além de tecidos de baixa digestibilidade como xilema e esclerênquima (Paciullo, 2002). Segundo Van Soest (1994), as gramíneas tropicais C4 tendem a apresentar maior conteúdo de FDN que varia consideravelmente em teor de lignificação e densidade da parede celular.

De acordo com o NRC (2001), além dos fatores nutricionais, inerentes à dieta, fatores metabólicos contribuem para aumentos significativos no consumo no início da lactação. O CMS aumenta rapidamente no pós-parto, fazendo com que haja aumento no tamanho do trato gastrointestinal, cerca de 4 kg de aumento na capacidade, para cada 1 kg de aumento no consumo. Após o pico de consumo de MS, que no caso do presente estudo ocorreu aos 40 dias (5 semanas), o consumo diminui e o trato gastrointestinal involui para dar lugar a gestação. Segundo NRC (2001), as vacas leiteiras mobilizam energia dos tecidos para suportar as exigências de energia para produção de leite no início da lactação e repõem estes tecidos a partir do meio até o final da lactação, sendo este um processo normal que ocorre com todos os

mamíferos. Para vacas Holandesas se alimentando em confinamento, o pico de consumo de MS ocorre a partir da sexta semana, o que parece vir ao encontro dos dados deste trabalho, mesmo com grandes diferenças no sistema alimentar e de manejo, o que mostra a importância dos fatores fisiológicos na nutrição de vacas de leite.

Para o consumo de FDNcp o pico ocorreu aos 50 dias, e para FDNcp (%PC) o pico ocorreu antecipadamente aos 36,36 dias. Isso pode ter ocorrido em função da mobilização de reservas corporais da vaca e perda de peso no início da lactação, o que aumentou a relevância do valor do consumo de FDNcp na relação com o peso corporal, que se apresentava em redução. Nota-se que o consumo de FDNcp acompanhou o consumo de MS associado ao aumento significativo no teor de FDNcp da pastagem (Tabela 1) entre o período que corresponde ao intervalo entre 42 e 63 dias de lactação. Kolver e Muller (1998) mostraram que aumentos no consumo de FDN ocorrem a partir do aumento na disponibilidade de pastagem, e no presente trabalho, apesar do pico de consumo de MS ter ocorrido aos 40,26 dias, a disponibilidade de pasto no intervalo de 42 a 63 dias aumentou consideravelmente (4,50 para 6,45 t/ha), sendo um fator primordial para aumentar o consumo de FDNcp e resultar o pico de consumo deste nutriente aos 50 dias.

O consumo de extrato etéreo (CEE) apresentou comportamento similar aos demais nutrientes, apresentando pico de consumo aos 52,22 dias ($P < 0,05$). Sendo pouca a quantidade de EE presente na forragem, pode-se atribuir que o consumo deste nutriente está em função do consumo de MS de pasto mais concentrado. Assim como no caso da matéria orgânica, com pico de consumo aos 38,48 dias ($P < 0,05$), o que é bastante similar ao de MS, uma vez que estes dois nutrientes são bastante correlacionados entre si.

Observa-se na Tabelas 3 e 4 que somente os coeficientes de digestibilidade PB, da FDNcp e o teor de NDT foram afetados pelo período de lactação ($P < 0,05$). Os coeficientes de

digestibilidade da MS, MO, EE e CNF, por sua vez, não variaram ao longo do período ($P > 0,05$).

Os coeficientes de digestibilidade da MS e MO não apresentaram este efeito, possivelmente porque a digestibilidade de matéria seca geralmente é afetada por fatores nutricionais ou pelo valor nutritivo da dieta. Sendo assim com a redução no valor nutritivo da pastagem houve redução no consumo de MS e maior seletividade dos animais, sem prejuízos para as digestibilidades da MS e da MO ao longo do tempo. Segundo Noller et al. (1997), o valor nutritivo pode ser considerado o parâmetro mais importante na avaliação de pastagens, uma vez que constitui o primeiro ponto determinante do ingresso de nutrientes necessários ao atendimento das exigências nutricionais e tem alta correlação com a produção animal.

A PB apresentou estimativa mínima de digestibilidade aos 249,53 dias, sendo possível inferir que houve uma queda na digestibilidade da proteína até o final da lactação. Em geral com o processo de lignificação, amplia-se a proporção de proteínas associadas à parede celular, exercendo importante papel nas ligações químicas com alguns polissacarídeos (Van Soest, 1994), tornando-se insolúveis. Este nitrogênio ligado a parede celular é relativamente indigestível e pouco utilizado, sendo possível observar este efeito através dos valores nos últimos períodos experimentais, que alcançaram até 79% do nitrogênio total na forma de NIDN. Na extrusa esse valor cai para 55% devido a seletividade dos animais (Tabela 1). O coeficiente de digestibilidade da FDN_{cp} apresenta ponto de máxima aos 10,42 dias de lactação e os teores de NDT apresentaram um queda linear, não apresentando o parâmetro quadrático da regressão. Ambos resultados também podem ser atribuídos à redução constante no valor nutritivo da pastagem.

Produção e composição do leite

Na Tabela 5 pode-se observar os parâmetros de três diferentes equações para os cruzamentos entre as raças Holandês x Gir (HGI), Holandês x Guzerá (HGU) e Holandês x Nelore (HNE), o que gerou distintas curvas de lactação para estes grupos genéticos (Figura 1). As vacas HGI apresentaram o pico de lactação de 19,33 kg/dia aos 15 dias, e as HGU apresentaram pico de 19,08 kg/dia aos 8 dias. Segundo Keown et al. (1986) existe uma tendência de atraso no pico de lactação para vacas com maior nível de produção. Apesar de pouca diferença em número de dias, as vacas HGI apresentaram maior tempo para atingir este discreto pico. Estes dois cruzamentos também coincidem suas produções ao final da lactação, quando ocorre a estabilização da produção de leite no nível mais baixo de produção. Porém, é possível afirmar que a persistência na lactação de vacas HGU é inferior à de vacas HGI. A produção de leite mantida pelas vacas HGI ao final da lactação, aos 305 dias, em relação ao pico foi de 35,58% (6,87 kg/dia), sendo um valor ligeiramente superior ao de vacas HGU que foi de 33,60% (6,41 kg/dia), sendo a produção total projetada aos 305 dias de lactação de vacas HGI (3938 kg) superior em relação às vacas HGU (3713 kg), provavelmente em função da sua menor taxa de queda na produção.

O grupo de vacas HNE, apresentou menor produção de leite acumulada que os demais grupos, sendo 3335 kg aos 305 dias, com pico de lactação discreto aos 19 dias. Sua produção máxima foi 17,56 kg/dia, havendo menor persistência na lactação, mantendo apenas 27,68% da produção do pico aos 305 dias de lactação, sendo também menor a produção inicial para este grupo, conforme pode ser observado ao comparar os interceptos das equações (Tabela 5). O grupo HNE por apresentar menor persistência na lactação apresentou maior proporção da sua lactação dentro da estação de pastejo. Este detalhe pode ser melhor visualizado ao serem analisados os parâmetros das equações das curvas de lactação. O parâmetro c das vacas deste grupo foi maior entre os demais, o que indica maior taxa de queda na produção. O parâmetro b

também foi superior, o que indica um pico de lactação mais pronunciado que os demais grupos, além disso, apresenta ainda o menor parâmetro a que indica menor produção inicial nos primeiros dias de lactação.

Na Tabela 2 pode-se observar que não houve efeito dos grupos genéticos para os teores de sólidos no leite ($P > 0.05$). Segundo Palmquist et al. (1993), as principais fontes de variação que podem alterar a composição do leite são o estágio de lactação que altera consideravelmente o status fisiológico da vaca, e a estação do ano que atua na modificação da origem e tipo de alimentos. Bauman e Griinari (2000), em revisão de diversos autores, observaram que a gordura do leite, especificamente, é marcadamente afetada por fatores fisiológicos e ambientais. Segundo Weigel et al. (1999), existe baixa herdabilidade para produção de gordura no leite de vacas em sistemas de produção em pastagens, quando comparadas às vacas mantidas em confinamento, o que deixa claro que as características genéticas não são fatores preponderantes na alteração dos sólidos no leite.

De acordo com Gonzalez et al. (2004), o teor de fibra na dieta e a relação entre volumoso e concentrado são os fatores que produzem maior interferência no percentual de gordura do leite. A grande variabilidade no teor de gordura, em geral, se refere à qualidade e à quantidade de fibra ingerida na alimentação. O tamanho e a forma da partícula ingerida afeta o consumo, a taxa de degradação e o tempo de retenção da digesta no rúmen. Ou seja, características genéticas se tornam mais pronunciadas em ambientes mais controlados e uniformes, que não é o caso do ambiente de pastejo em que o animal precisa explorar a área utilizada e colher o próprio alimento. Kearney et al. (2004) afirmaram que genes para produção de leite e proteína no leite apresentam expressão diferenciada em rebanhos considerados de baixa produção, havendo redução na correlação genética entre produção de leite e proteína no

leite, quando as características ambientais se tornam mais variadas, como no caso do ambiente de pastejo.

Entretanto, algumas raças são capazes de alterar a composição do leite de forma bastante pronunciada. Madalena (2008), em extensa revisão sobre cruzamentos utilizados em sistemas de produção de leite, relatou que os teores de sólidos no leite podem variar bastante de acordo com a raça utilizada nos cruzamentos. Vacas Jersey, Pardo Suíço e a linhagem Holandês – Friesian melhoraram o teor de proteína e de gordura, quando comparadas as com as Holandesas, que produzem maior volume de leite por dia. Segundo este autor, as vacas de origem zebuína, comumente utilizadas para cruzamentos com a raça Holandesa, proporcionam aumento nos teores de gordura e proteína à medida que se reduz a fração de genes da raça Holandesa, provavelmente em função da redução na produção de leite. O efeito da heterose para estes cruzamentos seria significativo para percentual de gordura apenas em sistemas em confinamento, o que confirma a justificativa de que os parâmetros de sólidos no leite são mais dependentes das características ambientais do que genéticas quando produzidas em ambientes de elevada variabilidade.

Já na Tabelas 3 e 4, observa-se que a variável tempo, por sua vez, não foi significativa ($P > 0,05$) para a gordura do leite, sólidos totais e Lactose. Dos componentes do leite, o teor de gordura é o que apresenta maior variação em função da alimentação, em geral, alterações no teor de gordura podem informar sobre o processo de fermentação no rúmen, como no caso do fenômeno de depressão da gordura do leite. Bauman e Griinari (2000) apresentaram uma série de teorias para explicar este fenômeno, todas baseadas em modificações no padrão de fermentação ruminal. Ao contrário, o aumento no teor de gordura do leite e mudanças no seu perfil podem ser alcançadas com o fornecimento de nutrientes protegidos da degradação ruminal, como no caso dos aminoácidos (Sancanari et al., 2001). Esta proteção possibilita o aumento da concentração

plasmática de ácidos graxos não-esterificados, permitindo que mais ácidos graxos sejam preservados e extraídos pela glândula mamária e incorporados à gordura do leite (Bremmer et al., 1997). Ou seja, existe uma variedade de aspectos nutricionais que podem causar alteração no teor de gordura do leite. O estágio de lactação que poderia ter representado um fator relevante na alteração do conteúdo de gordura do leite, no presente trabalho não foi relevante em alterar a percentagem de gordura no leite de vacas mestiças HZ. Assim, as alterações no valor nutritivo da pastagem ao longo da lactação não refletiram em modificações no perfil de fermentação ruminal ao longo da lactação.

O mesmo ocorre para o conteúdo de lactose, que é o componente que apresenta menor variação entre todos aqui avaliados e em geral representa percentagem constante no leite, variando sua quantidade em função do volume. No caso da formação da lactose, é exigida intensa gliconeogênese para produção de grandes quantidades de glicose, sendo que a maioria dos aminoácidos absorvidos pelo rúmen também são utilizados na gliconeogênese (Valadares Filho et al., 2000), sendo sua secreção proporcional a quantidade de leite produzida por dia. Portanto seria normal que a percentagem de lactose no leite não apresentar variação em função do tempo de lactação ou grupo genético.

Em contraste, a proteína do leite foi alterada em função do tempo ($P < 0.05$), apresentando comportamento quadrático e percentagem mínima no leite de 3,17% aos 85,35 dias (Tabela 4). Esta queda na percentagem de proteína a partir do início da lactação, possivelmente associado ao comportamento do teor de NDT que apresentou na prática um comportamento linear decrescente, e ainda dos teores de CNF na extrusa (Tabela 1), que se apresentaram em queda até os 85 dias.

Segundo o NRC (2001), a percentagem de proteína no leite não é afetada significativamente pelo teor de PB da dieta e é fracamente correlacionada com a quantidade de

proteína no leite ($r = 0,14$). Para que haja alguma alteração ou aumento na proteína no leite seria necessário maior suprimento de CNF que resultaria em aumento da proteína microbiana produzida, e da quantidade de aminoácidos que chega à glândula mamária para síntese de proteína. Apenas um alto consumo de CNF que supriria maior quantidade de propionato poderia causar redução no catabolismo de aminoácidos, ocorrendo assim aumento no teor de aminoácidos livres para formação de proteína. No caso do presente experimento, na faixa de 85,35 dias de experimento, data estimada do ponto de percentagem mínima de proteína no leite, foi encontrado o menor percentual de CNF na extrusa (Tabela 1).

O extrato seco desengordurado (ESD), em sua maioria, é composto pela proteína do leite e pela lactose, assim, seguiu o comportamento apresentado pela proteína, uma vez que a lactose permaneceu inalterada em função do tempo, o ESD apresentou um valor mínimo estimado de 8,78 % (Tabela 4) aos 94,87 dias de lactação ($P < 0,05$).

Eficiência de utilização do nitrogênio

Não houve efeito do grupo genético ($P > 0,05$) para as características associadas à eficiência de utilização do nitrogênio (Tabela 2). O balanço de nitrogênio (BN), a excreção de uréia na urina (EUU), o nitrogênio uréico no leite (NUL) e no plasma (NUP) atuam como indicadores bioquímicos do status nutricional do animal. Segundo Hammond (1997), os valores de NUL e NUP podem ser utilizados como indicadores da resposta biológica de ruminantes à suplementação com energia e proteína e às mudanças relativas ao tipo de forragem ofertada. Estes indicadores permitem inferir a respeito do nível de aproveitamento da proteína da dieta a partir do conhecimento das frações degradáveis da proteína e nível de carboidratos fermentáveis, sendo possíveis variações até mesmo ao longo do dia (Butler et al., 1996). O que leva a concluir que os fatores nutricionais são mais pronunciados em relação aos fatores genéticos. Segundo Hof et al. (1997), a correlação entre NUL e eficiência de utilização da proteína ocorre de modo que a

concentração média de NUL está significativamente correlacionada com os valores médios de perda total de N ($r = 0,96$). De acordo com os autores, a ingestão de proteína degradável no rúmen é responsável por 81% da variação no NUL.

A EUU também não apresentou variação em função dos grupos genéticos ($P > 0,05$), seguindo a tendência dos demais indicadores do *status* protéico, uma vez que sua quantidade total é diretamente proporcional à concentração de NUP, que por sua vez é proporcional ao NUL (Jonker et al., 1998). Kauffman e St-Pierre (2001) avaliaram diferenças no metabolismo protéico de vacas da raça Jersey e Holandês e verificaram que houve diferença significativa entre raças para vários parâmetros como produção de leite e seus componentes, entretanto não foram verificadas variações em NUP e NUL entre os grupos.

O nitrogênio microbiano (NM) e eficiência microbiana (EF) também apresentam a função de indicadores metabólicos, entretanto são mais específicos para avaliação do metabolismo microbiano ruminal. Em geral, o crescimento microbiano ou síntese protéica estão em função da disponibilidade energética (Hoover e Stokes, 1991). Dos fatores que afetam a síntese de proteína microbiana, a disponibilidade e a sincronização entre energia e compostos nitrogenados no rúmen, têm sido reconhecidos como os mais importantes (Russell et al., 1992). Neste estudo, nenhum destes fatores apresentou variações de ordem genética, sendo estes praticamente inerentes às alterações decorrentes do estado nutricional e metabólico dos animais.

A produção de nitrogênio microbiano e a eficiência microbiana também não apresentaram variação em função do tempo de lactação ($P > 0,05$). Isso pode ter ocorrido em função do baixo teor médio (Tabela 1) de nitrogênio do pasto (5,11%), que se torna limitante mesmo com algumas variações no suprimento de carboidratos (Tabela 1), uma vez que a eficiência microbiana está diretamente ligada à sincronização de proteína e energia da dieta. Mesmo na faixa de tempo em que o nitrogênio esteve máximo (8,18%) durante os dias 21 e 42

da lactação (Tabela 1), o consumo de NDT e a digestibilidade da PB já se apresentavam em queda em função do tempo, o que ainda pode revelar uma situação de desbalanço energético em determinadas etapas da lactação, que é um fator limitante para produção microbiana.

A EUU apresentou comportamento quadrático em função dos dias de lactação ($P < 0.05$) com excreção máxima estimada de 103,01mg/kg PC aos 49,14 dias (tabela 4). Segundo Wright et al. (1998), a urina seria a primeira rota de excreção de nitrogênio, quando há aumento no consumo de PB ou aumento nas perdas metabólicas de nitrogênio pelo rúmen, intestino ou glândula mamaria. Apesar do nitrogênio ter se mostrado limitante no pasto, de uma forma geral, analisando-se as primeiras semanas de lactação, nota-se que possivelmente estas perdas de nitrogênio na urina ocorreram em função de um desbalanço entre proteína e energia da dieta, pois foi neste período que o pasto apresentou maior teor de PB e as vacas apresentaram pico de consumo deste nutriente aos 44,64 dias (sexta semana). Nesta fase da lactação o consumo de NDT e a digestibilidade da PB já se apresentavam em queda constante, o que configurou a falta de sincronismo entre proteína e energia nesta fase crítica da lactação, quando ocorre o pico de CMS. Segundo Wright et al. (1998), quando vacas apresentam aumento da excreção de nitrogênio na urina, neste caso, na forma de uréia, isso pode indicar insuficiência de substratos energéticos disponíveis no rúmen para uso produtivo do nitrogênio.

Por sua vez, NUL e NUP apresentaram comportamento quadrático ($P < 0,05$) com concentrações mínimas estimadas aos 121,53 e 119,09 dias, respectivamente (Tabela 4). Isto comprova mais uma vez que apesar da ocorrência do pico de excreção de uréia na urina durante a sexta semana de lactação, de maneira geral o nitrogênio se apresentou como nutriente limitante, durante as demais fases da lactação. Broderick e Clayton (1997) reportaram que concentração de NUL abaixo de 14 mg de N/dl indica deficiência de PB por unidade de energia dietética, o que configura o *status* de desbalanço entre proteína e energia. Neste trabalho, isso pode ter ocorrido

nesta fase da lactação em função da rápida queda na PB da pastagem (Tabela 1), uma vez que aos 121,53 dias o NUL atingiu uma concentração mínima estimada de 11,21 mg/dl (Tabela 4).

As concentrações de NUL e NUP são indicadores bastante correlacionados, em geral apresentam comportamento muito semelhante, como descrito neste trabalho. Segundo Jonker et al. (1998), a uréia é uma molécula pequena e neutra que se difunde rapidamente através das membranas celulares. À medida que o leite é secretado, a uréia se difunde através de entradas e saídas da glândula mamária, se equilibrando com o teor de uréia presente no sangue, o que torna estes indicadores muito correlacionados entre si.

Sendo assim, com a menor captura de aminoácidos pela glândula mamária, seja para formação de proteína ou como substrato energético, ocorre redução na reciclagem de nitrogênio plasmático, contudo, sem gerar alterações no nitrogênio excretado na urina, o que permite inferir que não houve excedentes no teor de nitrogênio circulante derivado de desperdício de proteína nesta fase, uma vez que a urina seria a primeira via de excreção. Broderick e Clayton (1997) relataram que a uréia em fluidos corporais, incluindo o leite, resulta não somente dos excessos de proteína circulante, mas também do excesso de degradação protéica oriunda dos tecidos. A proteína excedente que não é convertida à proteína do leite pode ser catabolizada e assim contribuir para o pool de uréia que se torna aparente através das concentrações de NUL e NUP.

Conclusões

A utilização de diferentes grupos genéticos de vacas Holandês x Zebu em pastejo não promove alteração sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes e eficiência de utilização dos compostos nitrogenados. No entanto estas variáveis sofrem alteração em função do período de lactação, apresentando em geral comportamento quadrático para os três grupos genéticos estudados. A partir do modelo Wood (1967) são recomendadas três diferentes equações para estimar a produção de leite de vacas $HGI = 17,2667 * t^{0,0652} e^{-0,00424t}$, $HGU = 18,1470 * t^{0,0332} e^{-$

$0,00408 * t$ e $HN = 14,2836 * t^{0,1059} e^{-0,00552t}$. As vacas HGI apresentam maior produção acumulada durante a lactação (3938 kg) e maior persistência, atingindo seu pico de lactação aos 15 dias produzindo 19,33 kg/dia, seguidas pelas vacas HGU que atingem seu pico aos 8 dias produzindo 19,08 kg/dia com produção acumulada de 3713 kg. O grupo de vacas HNE apresentou menor produção de leite acumulada (3335 kg), com pico de lactação aos 19 dias, produzindo 17,56 kg/dia.

Literatura citada

- Allen, MS. 1996. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science* 74: 3063-3075.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Washington, DC.
- Bauman, D.E., e J.M. Griinari. 2000. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: Low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science* 70: 15-29.
- Berzaghi, P., J.H. Herbein, e C.E. Polan. 1996. Intake, site, and extent of nutrient digestion of lactating cows grazing pasture. *Journal of dairy science* 79: 1581-1589.
- Brâncio, P.A., V.P.B. Euclides, D.M. Fonseca, R.G. Almeida, M.C.M. Macedo, e R.A. Barbosa. 2003. Avaliação de três cultivares de *panicum maximum* jacq. Sob pastejo: Composição da dieta, consumo de matéria seca e ganho de peso animal. *R. Bras. Zootec* 32: 1037-1044.
- Bremmer, D.R., T.R. Overton, e J.H. Clark. 1997. Production and composition of milk from jersey cows administered bovine somatotropin and fed ruminally protected amino acids¹. *Journal of dairy science* 80: 1374-1380.

- Broderick, G.A., e M.K. Clayton. 1997. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen¹. *Journal of dairy science* 80: 2964-2971.
- Butler, W.R., J.J. Calaman, e S.W. Beam. 1996. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *Journal of Animal Science* 74: 858.
- Caird, L., e W. Holmes. 2009. The prediction of voluntary intake of grazing dairy cows. *The Journal of Agricultural Science* 107: 43-54.
- Carruthers, V.R., P.G. Neil, e D.E. Dalley. 1997. Effect of altering the non-structural: Structural carbohydrate ratio in a pasture diet on milk production and ruminal metabolites in cows in early and late lactation. *Animal Science (United Kingdom)*.
- Casali, A., E. Detmann, e S. C. Valadares Filho. 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. *R. Bras. Zootec.* 37: 335 – 342.
- Chen, X.B., e M.J. Gomes. 1992. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives-an overview of the technical details. *International Feed Resources Unit*.
- Chizzotti, M.L., S.C. Valadares Filho, R.F.D. Valadares, F.H.M. Chizzotti, M.I. Marcondes, e M.A. Fonseca. 2007. Intake, digestibility and nitrogen metabolism in holstein cows with different milk production levels. *R. Bras. Zootec* 36: 138-146.
- Detmann, E., and S. Valadares Filho. 2010. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 62: 980-984.
- Forbes, J.M. 1995. Voluntary food intake and diet selection in farm animals. Wallingford: CAB. 532p.

- Gonzalez, H.L., V. Fischer, M. E. R. Ribeiro, J. F. Gomes, W. Stumpf Jr., e M. A. Silva. 2004. Avaliação da qualidade do leite na bacia leiteira de pelotas, rs. Efeito dos meses do ano. R. Bras. Zootec 33: 1531-1543.
- Hall, M.B. 2001. Recent advances in non-carbohydrates for the nutrition of lactating cows. Sinleite—simpósio internacional novos conceitos em nutrição 2: 139-159.
- Hammond, A.C. 1997. Update on bun and mun as a guide for protein supplementation in cattle. US Departament of Agiculture, Agricultural Reserch Service Subtropical Agicultural Reserch Station Brooksville, Florida. Pp: 45-54.
- Hof, G., M.D. Vervoorn, P.J. Lenaers, e S. Tamminga. 1997. Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. Journal of dairy science 80: 3333-3340.
- Holden, L.A., L.D. Muller, e S.L. Fales. 1994. Estimation of intake in high producing holstein cows grazing grass pasture. Journal of dairy science 77: 2332-2340.
- Hoover, W.H., e S.R. Stokes. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. Journal of dairy science 74: 3630.
- IDF – International Dairy Federation. 1996. Whole milk: Determination of milk fat, protein and lactose contents. Guide for the operation of mid-infra-red instruments. IDF Doc. No. 141B. Int. Dairy Fed., Brussels, Belgium.
- Jonker, J., R. Kohn, e R. Erdman. 1998. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. Journal of dairy science 81: 2681-2692.
- Kauffman, A.J., e N.R. St-Pierre. 2001. The relationship of milk urea nitrogen to urine nitrogen excretion in holstein and jersey cows¹. Journal of dairy science 84: 2284-2294.
- Kearney, J.F., M.M. Schutz, P.J. Boettcher, e K.A. Weigel. 2004. Genotype x environment interaction for grazing versus confinement. I. Production traits. Journal of dairy science 87: 501.

- Keown, J.F., R.W. Everett, N.B. Empet, e L.H. Wadell. 1986. Lactation curves. *Journal of dairy science* 69: 769-781.
- Kolver, E.S., e L.D. Muller. 1998. Performance and nutrient intake of high producing holstein cows consuming pasture or a total mixed ration¹. *Journal of dairy science* 81: 1403-1411.
- Licitra, G., T.M. Hernandez, e P.J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal feed science and technology* 57: 347-358.
- Madalena, F.E. 2008. Estratégias de uso de recursos genéticos visando melhorar a qualidade do leite e derivados. In: SBMA (ed.) VII Simpósio Brasileiro de Produção Animal, São Carlos.
- McMenimam, N.P.. 1997. Methods of estimating intake of grazing animals. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia* 34: 131-168.
- Merchen, N.R. 1988. Digestion, absorption and excretion in ruminants. *The ruminant animal: digestive physiology and nutrition*. New Jersey: Prentice Hall: 172-201.
- Mertens, D.R. 1992. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. p 188-219.
- Mertens, D. R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. *J. AOAC Int.* 85: 1217 – 1240.
- Minson, D.J. 1981. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. p 187-197.
- Myers, W.D., P.A. Ludden, V. Nayigihugu, e BW.. Hess. 2004. Technical note: A procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. *Journal of Animal Science* 82: 179-183.

- Noller, C.H.; Nascimento Jr., D.; Queiroz, D.S. Exigências nutricionais de animais em pastejo. In: simpósio sobre manejo da pastagem, 13., 1997, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1997. p.319-352.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington. DC.
- Oldenbroek, J.K., e A.A.M. Jansen. 1978. The effect of the grazing behaviour of a breed on the performance of another breed, when they are grazing together. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologie* 95: 132-139.
- Palmquist, D.L., A.D. Beaulieu, e D.M. Barbano. 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition¹. *Journal of dairy science* 76: 1753-1771.
- Poppi, D.P., T.P. Hughes, e P.J. L'Huillier. 1987. Intake of pasture by grazing ruminants. *Feeding Livestock on Pasture*.
- Prendiville, R., K.M. Pierce, e F. Buckley. 2010. A comparison between holstein-friesian and jersey dairy cows and their fl cross with regard to milk yield, somatic cell score, mastitis, and milking characteristics under grazing conditions. *Journal of dairy science* 93: 2741-2750.
- Reis, R.A., A.C. Ruggieri, D.R. Casagrande, e AG Páscoa. 2009. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. *R. Bras. Zootec*: 147-159.
- Rook, A.J. 2000. Principles of foraging and grazing behaviour. *Grass, its production and utilization*. Blackwell Science Ltda: 229-246.
- Russell, J.B., J.D. O'connor, D.G. Fox, P.J. Van Soest, e C.J. Sniffen. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *Journal of Animal Science* 70: 3551-3561.

- Sancanari, J.B.D., J.M.B. Ezequiel, R.L. Galati, P.F. Vieira, J.R.C. Seixas, M. Santamaria, e S.N. Kronka. 2001. Efeito da metionina protegida e não protegida da degradação ruminal sobre a produção e composição do leite de vacas holandesas. *Rev. Bras. Zootec.* vol 30.
- Valadares Filho, S.C., G.A. Broderick, R.F.D. Valadares, e M.K. Clayton. 2000. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. *Journal of dairy science* 83: 106-114.
- Valadares Filho, S.C., e R.F.D. Valadares. 2001. Recentes avanços em proteína na nutrição de vacas leiteiras Simpósio internacional de bovinocultura leiteira, Simleite No. 2. p 228-243. Universidade Federal de Lavras.
- Valadares, R.F.D., L.C. Gonçalves, e N.M. Rodriguez. 1997. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 4. Concentrações de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. *Revista Brasileira de Zootecnia* 26: 1270-1278.
- Van Soest, P. J., e R. Wine. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds, Iv. Determination of plant cell-wall constituents. *J. AOAC Int.* 50: 50 – 55.
- Van Soest, P.J. 1988. Effect of environment and quality of fibre on the nutritive value of crop residues. p 71.
- Van Soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell Univ Pr.
- Verbic, J., X.B. Chen, N.A. MacLeod, e E.R. Ørskov. 2009. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. *The Journal of Agricultural Science* 114: 243-248.
- Weigel, K.A., T. Kriegl, e A.L. Pohlman. 1999. Genetic analysis of dairy cattle production traits in a management intensive rotational grazing environment. *Journal of dairy science* 82: 191-195.
- Weiss, W.P. 1999. Energy prediction equations for ruminant feeds. p 176-185.

Wood, P.D.P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature* 216: 164-165.

Wright, T.C, S. Moscardini, P.H. Luimes, P. Susmel, e B.W. McBride. 1998. Effects of rumen-undegradable protein and feed intake on nitrogen balance and milk protein production in dairy cows. *Journal of dairy science* 81: 784-793.

Tabelas:

Tabela 1 – Composição química das amostras de pasto obtidas pela extrusa (EXT) ou disponibilidade (DISP) e do concentrado, ao longo dos períodos experimentais, consumo de MS, de NDT e produção de leite média ao longo da lactação

Item ¹	21		42		63		84		105		126		
	EXT ²	DISP ³	EXT	DISP	EXT	DISP	EXT	DISP	EXT	DISP	EXT	DISP	Conc.
MSD	--	3,18	--	4,50	--	6,45	--	6,84	--	6,49	--	10,85	--
MS	--	17,63	--	19,27	--	27,07	--	30,81	--	37,09	--	41,55	87,67
MO	90,41	92,45	90,04	92,17	89,60	92,60	88,92	93,09	90,32	94,19	91,16	93,94	91,96
PB	5,23	3,17	12,37	8,18	9,63	6,92	8,40	4,42	7,61	3,69	6,86	4,30	24,65
NIDN ¹	43,19	57,37	27,31	57,54	32,62	54,38	37,02	66,13	44,70	79,13	55,84	62,45	19,21
NIDN ²	0,61	0,44	0,97	1,22	0,85	0,92	0,79	0,69	0,91	0,65	1,025	0,61	7,93
EE	2,10	0,58	1,93	0,92	1,51	0,78	1,94	0,88	2,01	1,54	2,27	1,29	2,83
FDNcp	60,04	66,24	55,40	61,63	59,13	65,38	62,35	67,20	59,69	71,11	59,80	71,38	9,55
FDNi	20,8	31,29	17,52	31,12	20,25	31,90	24,32	35,72	22,86	37,76	31,11	44,99	2,56
CNF	22,90	22,45	20,04	21,43	18,54	19,52	15,81	20,52	20,66	17,24	22,08	17,57	54,92
FDA	28,52	35,24	26,90	36,24	32,42	37,86	31,51	37,41	33,65	44,77	27,33	40,29	3,01
LIG	6,17	11,79	4,22	7,58	8,85	14,08	8,74	16,22	10,21	12,15	7,58	11,28	1,75
Consumo (kg)													
MS	12,23		14,02		13,37		13,27		12,68		11,20		--
NDT	8,51		9,71		9,00		8,79		8,15		6,80		--
Produção de leite (kg)													
	21	42	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252	
HGI	19,2	18,6	18,3	16,6	15,7	14,0	13,2	12,3	11,5	10,0	9,5	8,5	8,5
HGU	18,5	18,4	16,5	15,3	14,0	13,2	11,9	12,1	10,2	9,4	8,5	7,5	7,5
HNE	18,3	16,5	16,3	14,7	13,5	13,1	11,6	10,5	9,0	7,7	6,6	6,5	6,5

¹MSD – disponibilidade de MS de pasto (t/ha); MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; EE extrato etéreo; NIDN¹ – nitrogênio insolúvel em detergente neutro (%FDN); NIDN² – nitrogênio insolúvel em detergente neutro (%N); FDNcp – fibra em detergente neutro corrigida para cinzas proteínas; FDNi – fibra em detergente neutro indigestível; CNF – carboidratos não-fibrosos; FDA – fibra em detergente ácido; LIG – lignina %MS; HGI – Holandês x Gir; HGU – Holandês x Guzerá; HNE – Holandês x Nelore; ²EXT – extrusa esofágica; ³DPN – Disponibilidade de pasto

Tabela 2 – Efeito de grupos genéticos (valor – *P*) sobre os parâmetros de regressão linear múltipla para as diferentes variáveis em estudo, em função de dias de lactação de vacas F1 Holandês x Zebu em pastejo

Item ¹	Intercepto			Efeito linear			Efeito quadrático		
	HGI x HNE	HGU x HNE	HGI x HGU	HGI x HNE	HGU x HNE	HGI x HGU	HGI x HNE	HGU x HNE	HGI x HGU
Consumo de Nutrientes									
CMS	0,949	0,8079	0,879	0,596	0,514	0,946	0,467	0,357	0,925
CMS %PV	0,638	0,797	0,484	0,803	0,631	0,851	0,631	0,489	0,884
CPB	0,417	0,895	0,352	0,273	0,941	0,308	0,294	0,862	0,381
CFDNcp	0,938	0,988	0,928	0,660	0,721	0,911	0,455	0,520	0,881
CFDNcp %PV	0,719	0,916	0,649	0,816	0,763	0,965	0,594	0,593	0,970
CEE	0,926	0,716	0,677	0,795	0,301	0,496	0,701	0,175	0,387
CMO	0,979	0,777	0,821	0,619	0,482	0,884	0,487	0,348	0,862
CMO%PV	0,607	0,770	0,439	0,834	0,604	0,794	0,659	0,474	0,826
CCNF	0,588	0,338	0,164	0,980	0,164	0,216	0,961	0,136	0,188
CNDT	0,981	0,735	0,781	0,761	0,715	0,805	0,451	0,739	0,662
Coeficientes de Digestibilidade									
CDMS	0,740	0,859	0,860	0,434	0,583	0,205	0,374	0,312	0,074
CDPB	0,293	0,213	0,032	0,647	0,556	0,325	0,727	0,951	0,689
CDFDNcp	0,573	0,911	0,641	0,328	0,499	0,116	0,186	0,307	0,027
CDEE	0,545	0,627	0,860	0,313	0,858	0,402	0,288	0,801	0,202
CDCNF	0,643	0,686	0,894	0,525	0,793	0,199	0,779	0,517	0,057
CDMO	0,752	0,836	0,411	0,445	0,556	0,387	0,384	0,246	0,387
NDT (%)	0,840	0,698	0,886	0,499	0,663	0,289	0,511	0,262	0,096
Composição do Leite									
% Gordura	0,196	0,162	0,947	0,437	0,383	0,986	0,908	0,701	0,812
% Proteína	0,681	0,837	0,817	0,353	0,566	0,686	0,276	0,534	0,611
% Lactose	0,481	0,711	0,703	0,807	0,872	0,922	0,894	0,705	0,831
% Sólidos	0,383	0,267	0,918	0,995	0,663	0,690	0,558	0,979	0,580
% ESD	0,799	0,998	0,797	0,168	0,515	0,433	0,146	0,401	0,502
Eficiência de Utilização do Nitrogênio									
BN	0,260	0,979	0,259	0,305	0,751	0,183	0,391	0,674	0,205
EUU	0,102	0,213	0,579	0,111	0,311	0,492	0,178	0,482	0,479
NUP	0,767	0,167	0,344	0,733	0,454	0,299	0,468	0,744	0,297
NUL	0,757	0,175	0,355	0,785	0,485	0,305	0,475	0,754	0,306
NM	0,566	0,443	0,917	0,539	0,324	0,770	0,471	0,252	0,351
EF	0,274	0,297	0,857	0,122	0,145	0,826	0,065	0,081	0,721

¹CMS – consumo de matéria seca em kg; CMS%PV – consumo de matéria seca em porcentagem do peso vivo; CPB – consumo de proteína bruta em kg; CFDNcp – consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína em kg; CFDNcp%PV – consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína em porcentagem do peso vivo; CEE – consumo de extrato etéreo em kg; CMO – consumo de matéria orgânica em kg; CMO%PV – consumo de matéria orgânica em porcentagem do peso vivo; CCNF – consumo de carboidratos não-fibrosos em kg; CNDT – consumo de nutrientes digestíveis totais em kg; CDMS – coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CDPB – coeficiente de digestibilidade da proteína bruta; CDFDNcp – coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CDEE – coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo; CDCNF – coeficiente de digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos; CDMO – coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica; NDT – teores de nutrientes digestíveis totais; ESD – extrato seco desengordurado; BN – balanço de nitrogênio; EUU – excreção de uréia na urina em mg/dia; NUP – nitrogênio uréico no plasma em mg/dL; NUL – nitrogênio uréico no leite em mg/dL; NM – nitrogênio microbiano g/dia; EF – eficiência microbiana em g PB/ kg NDT; BN – balanço de nitrogênio (g/dia); Excreção uréia na urina (mg/kgPC); NUL – nitrogênio uréico no leite (mg/dL); NUP – nitrogênio uréico no plasma (mg/dL); NM – nitrogênio microbiano (g/dia) e EF – eficiência microbiana (gPB/kg NDT)

Tabela 3 – Médias e coeficiente de variação de diferentes variáveis obtidas de vacas F1 Holandês x Zebu de diferentes grupos genéticos em pastejo

Item ¹	Grupos genéticos ¹			%CV
	HGI	HGU	HNE	
Consumo de nutrientes				
CMS	12,53	12,23	12,00	15,1
CMS %PV	2,39	2,18	2,19	20,3
CMO	11,16	11,07	10,85	15,0
CMO%PV	2,16	1,97	1,98	20,2
CPB	1,58	1,53	1,48	24,2
CFDNcp	5,66	5,78	5,74	16,6
CFDNcp %PV	1,10	1,03	1,05	22,3
CEE	0,28	0,28	0,27	13,5
CCNF	4,29	4,06	3,92	16,8
CNDT	8,09	7,80	7,64	19,7
Coeficientes de digestibilidade				
CDMS	61,82	60,63	60,72	8.8
CDPB	68,56	65,25	65,18	11.3
CDFDNcp	54,57	54,07	56,09	16.2
CDEE	43,99	43,95	41,40	24.9
CDMO	64,00	63,12	62,88	8.8
CDCNFcp	80,91	80,88	78,07	5.5
NDT (%)	64,86	63,51	62,87	7.9
Composição do leite				
Gordura	3,67	3,48	3,51	17.2
Proteína	3,14	3,25	3,38	6.6
Lactose	4,73	4,74	4,65	3.3
Sólidos	12,35	12,36	12,48	5.9
ESD	8,71	8,89	8,97	3.0
Eficiência metabólica				
BN	11,91	3,99	12,52	91,9
EUU	81,17	91,77	91,43	34,3
NUP	11,62	10,90	10,14	25,3
NUL	12,35	11,70	12,92	30,6
NM	181,01	201,78	213,26	40,2
EF	153,76	167,28	163,38	40,8

¹HGI – F1 Holandês x Gir; HGU – F1 Holandês x guzerá; HNE – F1 Holandês x Nelore CMS – consumo de matéria seca em kg; CMS%PV - consumo de matéria seca em percentagem do peso vivo; CPB – consumo de proteína bruta em kg; CFDNcp – consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína em kg; CFDNcp%PV - consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína em percentagem do peso vivo; CEE – consumo de extrato etéreo em kg; CMO – consumo de matéria orgânica em kg; CMO%PV – consumo de matéria orgânica em percentagem do peso vivo; CCNF – consumo de carboidratos não-fibrosos em kg; CNDT – consumo de nutrientes digestíveis totais em kg; CDMS – coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CDPB – coeficiente de digestibilidade da proteína bruta; CDFDNcp – coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CDEE – coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo; CDCNF – coeficiente de digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos; CDMO – coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica; NDT – teores de nutrientes digestíveis totais; ESD – extrato seco desengordurado; BN – balanço de nitrogênio; EUU – excreção de uréia na urina em mg/dia; NUP – nitrogênio uréico no plasma em mg/dL; NUL – nitrogênio uréico no leite em mg/dL; NM – nitrogênio microbiano g/dia; EF – eficiência microbiana em g PB/ kg NDT; BN – balanço de nitrogênio (g/dia); Excreção uréia na urina (mg/kgPC); NUL – nitrogênio uréico no leite (mg/dL); NUP – nitrogênio uréico no plasma (mg/dL); NM – nitrogênio microbiano (g/dia) e EF – eficiência microbiana (gPB/kg NDT)

Tabela 4 – Parâmetros de regressão linear múltipla, ponto crítico da função e resposta estimada das variáveis estudadas significativas ($P < 0,05$) em função de dias de lactação de vacas F1 Holandês x Zebu em pastejo

Item ¹	Parâmetros da regressão			sxy	R ²	Valor – P	Ponto crítico	
	Intercepto	t	t ²				Posição (dias)	Resposta estimada
CMS	12,956	0,0215	-0,000267	1,84	0,3499	<0,0001	40,26	13,34
CPB	1,6181	0,0035	-,0000392	0,37	0,1985	<0,0001	44,64	1,70
CFDNcp	5,9112	0,0161	-0,000161	0,95	0,3494	<0,0001	50,00	6,31
CFDNcp %PV	1,1496	0,0016	-0,000022	0,23	0,2157	<0,0001	36,36	1,18
CEE	0,287	0,00047	-0,0000045	0,04	0,1908	<0,0001	52,22	0,299
CMO	11,779	0,0177	-0,000230	1,66	0,3435	<0,0001	38,48	12,12
CDPB	85,896	-0,2710	0,000543	7,94	0,4553	<0,0001	249,53	52,08
CDFDNcp	65,750	0,0183	-0,000878	9,28	0,4314	<0,0001	10,42	65,84
NDT	72,0420	-0,09228	—	5,04	0,3525	<0,0001	—	—
%Proteína	3,478	-0,00717	0,000042	0,21	0,1529	0,0003	85,35	3,17
ESD	9,131	-0,0074	0,000039	0,27	0,0769	0,0214	94,87	8,78
EUU	93,426	0,39019	-0,00397	30,64	0,2317	<0,0001	49,14	103,01
NUP	14,234	-0,07523	0,0003132	2,75	0,1020	<0,0001	119,09	10,07
NUL	16,590	-0,08466	0,0003483	3,06	0,0888	<0,0001	121,53	11,21

¹CMS – consumo de matéria seca em kg; CPB – consumo de proteína bruta em kg; CFDNcp – consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína em kg; CEE – consumo de extrato etéreo em kg; CMO – consumo de matéria orgânica em kg; CMO%PV – consumo de matéria orgânica em percentagem do peso vivo; CCNF – consumo de carboidratos não-fibrosos em kg; CDPB – coeficiente de digestibilidade da proteína bruta; CDFDNcp – coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; NDT – teores de nutrientes digestíveis totais; ESD – extrato seco desengordurado; EUU – excreção de uréia na urina em mg/kgPC; NUP – nitrogênio uréico no plasma em mg/dL; NUL – nitrogênio uréico no leite em mg/dL.

Tabela 5 - Estimativas dos Parâmetros do modelo Wood (1967), utilizado para o ajuste das curvas de lactação de vacas F1 Holandês x Zebu de diferentes grupos genéticos

Parâmetro	Grupo genético		
	Holandes x gir	Holandês x guzerá	Holandes x nelore
a	17,2667±2,5145	18,1470±1,2313	14,2836±2,0699
b	0,0652±0,0421	0,0332±0,0209	0,1059±0,0444
c	0,00424 ±0,00045	0,00408±0,00028	0,00552±0,00057
DPA*	2,07	1,89	2,52

Wood (1967): $Y=at^be^{-ct}$; *Desvio-padrão assintótico

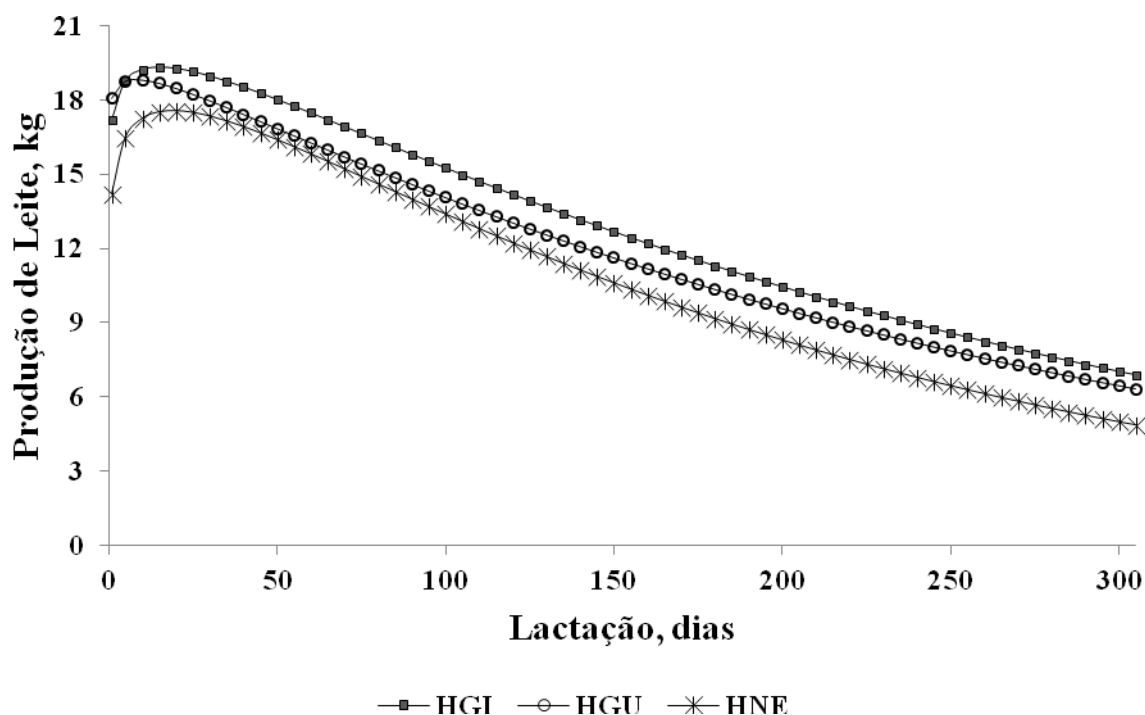


Figura 4 - Curvas de lactação de vacas F1 Holandês x Zebu de diferentes grupos genéticos, obtidas pelo modelo Wood (1967): HGI – Holandês x Gir: $Y = 17,2667 * t^{0,0652} * e^{-0,00424t}$; HGU – Holandês x Guzerá: $Y = 18,1470 * t^{0,0332} * e^{-0,00408t}$ e HNE – Holandês x Nelore: $Y = 14,2836 * t^{0,1059} * e^{-0,00552t}$

Curvas de lactação, consumo e variação de peso de vacas F1 Holandês x Zebu em sistema de confinamento

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar curvas de lactação, de consumo de nutrientes e de variação de peso de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu em sistema de confinamento, bem como a eficiência metabólica da utilização dos nutrientes. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da EPAMIG, em Felixlândia-MG, entre os meses de junho de 2008 e fevereiro de 2009. Foram utilizadas 18 vacas F1 recém-paridas, sendo seis Holandês x Gir (HGI), seis Holandês x Guzerá (HGU) e outras seis Holandês x Nelore (HNE), que constituíram três tratamentos experimentais, distribuídas em amostras aleatórias simples, alimentadas com silagem de milho à vontade mais concentrado com 20% de PB. Para estimativa do consumo individual das vacas alimentadas em grupo foram utilizados três indicadores. A LIPE® foi usada para estimar a excreção de matéria seca fecal. Para estimar o consumo individual de concentrado fornecido no cocho coletivo, na forma de mistura completa, foi utilizado o dióxido de titânio. Para estimativa do consumo individual de volumoso foi utilizada a fibra em detergente ácido indigestível. Foram utilizados três modelos matemáticos para ajuste das curvas de lactação e de variação de peso, como se segue: $Y = at^be^{-ct}$ (Wood, 1967); $Y = ate^{-ct}$ (Jenkins & Ferrel, 1984); $Y = a + bte^{-ct}$. (Jenkins and Ferrell, 1984) com um parâmetro de ajustamento. Não houve efeito ($P > 0,05$) dos grupos genéticos sobre o consumo de matéria seca (MS) e dos demais nutrientes. Os consumos de MS, de matéria orgânica (MO), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), extrato etéreo (EE) e de nutrientes digestíveis totais (NDT) apresentaram comportamento quadrático em função dos dias em lactação ($P < 0,05$), sendo o mesmo comportamento obtido para os coeficientes de digestibilidade da MS, MO e do EE, assim como para os teores de NDT ($P < 0,05$). Foram construídas curvas de lactação para os grupos genéticos

$HGI = 19,0764 * t^{0,0166} * e^{-0,00181 * t}$, $HGU = 15,6232 * t^{0,0936} * e^{-0,00274 * t}$ e $HNE = 15,4655 * t^{0,0401} * e^{-0,00305 * t}$, através do modelo matemático obtido por Wood (1967). Através do modelo Jenkins e Ferrell (1984) foi desenvolvida uma equação para estimar a variação de peso dos três grupos de forma conjunta, sendo: $HZE = 511,1 + 1,7925 * t * e^{-0,0105 * t}$. Não houve efeito ($P > 0,05$) dos grupos genéticos sobre a eficiência de utilização dos compostos nitrogenados, porém houve efeito significativo do período de lactação, exceto sobre os compostos nitrogenados microbianos (NM) que apresentaram resposta quadrática ao longo da lactação ($P < 0,05$). Assim, conclui-se que a utilização de diferentes grupos genéticos de vacas Holandês x Zebu em confinamento não promove alteração sobre os consumos e as digestibilidades dos nutrientes, variação de peso e eficiência metabólica. As vacas HGU apresentam produção de leite acumulada aos 305 dias de 4946,81 kg, com pico de lactação de 19,80 kg aos 34 dias, enquanto as vacas HGI apresentam desempenho muito próximo, com pico de lactação de 19,46 kg aos 8 dias e produção acumulada de 4821,78 kg. As vacas HNE apresentam desempenho inferior, com pico de 16,47 kg aos 16 dias e produção acumulada de 3674,98 kg.

Palavras-chave: cruzamentos, desempenho, produção de leite silagem de milho

Intake, lactation and body weight change curves of F1 Holstein x Zebu dairy cows in feedlot

Abstract: the objective was to evaluate lactation, intake and body weight change curves of F1 Holstein x Zebu dairy cows in feedlot. The experiment was conducted at the Experimental Farm of EPAMIG in Felixlândia-MG, between the months of June 2008 and February 2009. We used 18 crossbred F1, six HGI, six HGU and six HNE, which were three experimental treatments and distributed in simple random samples, fed corn silage ad libitum plus concentrate with 20% CP. To estimate the intake of individual cows fed group were used three markers. The LIPE ® was used to estimate the excretion of fecal dry matter. To estimate the individual intake of concentrate fed, we used the titanium dioxide. To estimate the individual forage intake, we used the iADF. We used three models to fit the curves of lactation and weight change, as follows: $Y = at^b e^{-ct}$ (Wood,1967); $Y = ate^{-ct}$ (Jenkins & Ferrel,1984); $Y = a+bte^{-ct}$. (Jenkins and Ferrell, 1984) with a parameter adjustment. There was no effect ($P > 0.05$) of genetic groups on the dry matter (DM) intake and other nutrients. The DM, organic matter, NDF, EE, and TDN intake presented a quadratic function of days in milking ($P < 0.05$), and the same behavior observed for the digestibility of DM, OM and EE, and TDN levels ($P < 0.05$). Lactation curves were constructed for the genetic groups, as follows: HGI = $19,0764 * t^{0,0166} * e^{-0,00181 * t}$, HGU = $15,6232 * t^{0,0936} * e^{-0,00274 * t}$ e HNE = $15,4655 * t^{0,0401} * e^{-0,00305 * t}$, through the mathematical model obtained by Wood (1967). The model Jenkins and Ferrell (1984) has developed an equation to estimate the weight variation of animals belonged to three groups jointly, as follows: HZE = $511,1 + 1,7925 * t * e^{-0,0105 * t}$. There was no effect ($P > 0.05$) of genetic groups on the efficiency of utilization of nitrogen compounds, but there was a significant effect of lactation period, except on microbial nitrogen compounds (MN), that was a quadratic model throughout the lactation

($P < 0.05$). Thus, we conclude that the use of different genetic groups of Holstein-Zebu cows in feedlot does not promote change on intake and digestibility of nutrient, weight change and metabolic efficiency. The HGU Cows present a milk produce accumulated in 305 days of 4946.81 kg, with a peak of 19.80 kg of milk at 34 days, while the HGI cows have a similar performance, with peak lactation of 19.46 kg to 8 days and cumulative production of 4821.78 kg. Cows HNE underperform, with peak production of 16.47 kg at 16 days and cumulative production of 3674.98 kg.

Keywords: corn silage, crossbreed, milk produce, performance

Introdução

A produção de leite no Brasil está baseada principalmente em rebanho bovino de vacas mestiças, utilizadas em sistema de produção semi-intensivo, baseado em pastagens durante o verão e volumosos suplementares durante o período seco. O rebanho leiteiro brasileiro é composto em sua maioria por vacas mestiças originárias de cruzamentos da raça Holandesa com animais Zebu, sendo que 70% do leite produzido no Brasil é originário deste tipo de cruzamento (Miranda e Freitas, 2009). Algumas raças Zebu, há alguns anos, vem passando por programas de melhoramento genético para seleção para produção de leite, principalmente as raças Gir e Guzará. Esta seleção vem proporcionando a utilização de animais mestiços com maior eficiência para produção de leite. A raça Nelore, embora sendo considerada raça de corte, muitas vezes é utilizada em cruzamentos com a raça Holandesa, sendo necessários estudos sobre o desempenho deste cruzamento para atividade leiteira.

As vacas mestiças são mais adaptadas ao sistema de pastejo em função da resistência ao calor, ectoparasitas e dietas com menor valor nutritivo que aquelas fornecidas em confinamento. Todavia, no período de inverno, quando existe escassez de chuvas e fotoperíodo reduzido, se faz necessário o uso do confinamento do rebanho para utilização de forrageiras conservadas ou *in natura* fornecidas na forma de mistura completa. Tendo em vista que o consumo é direcionado pela produção de leite (NRC, 2001), é necessário conhecer o perfil de consumo destas vacas com menor potencial genético que vacas Holandesas especializadas. Ao se conhecer o consumo de nutrientes, a produção de leite e a variação de peso destas vacas, é possível traçar o perfil da demanda energética destes animais e avaliar a adequação do uso de modelos matemáticos originários do rebanho de vacas Holandesas de países de clima temperado. Estes modelos são utilizados para prever o comportamento de consumo, produção de leite e variação de peso para vacas em lactação. Assim, o objetivo neste trabalho foi avaliar curvas de lactação, consumo

voluntário e variação de peso de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu em sistema de confinamento.

Material e Métodos

Local

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, em Felixlândia-MG, entre os meses de junho de 2008 e fevereiro de 2009. As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição de Ruminantes, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, MG, Brasil. Os procedimentos de cuidado e manejo humanitário dos animais seguiram as orientações da Universidade Federal de Viçosa.

Animais, dieta e delineamento experimental

Foram utilizadas 18 vacas F1, sendo seis Holandês x Gir (HGI), seis Holandês x Guzerá (HGU) e outras seis Holandês x Nelore (HNE), que constituíram três tratamentos experimentais, recém-paridas, distribuídas em amostras aleatórias simples sob as mesmas condições de alimentação com silagem de milho à vontade mais concentrado com 20% de PB. As vacas foram ordenhadas mecanicamente às 7h00 e 14h00, sendo realizado o controle leiteiro diariamente.

Todos os dias após a ordenha, as vacas foram conduzidas até as baias de confinamento, providas de cocho com sal mineral e água à vontade. Os dados relativos às estimativas de consumo e digestibilidade da matéria seca foram obtidos durante 12 períodos experimentais de 21 dias cada, que se iniciaram a partir da primeira semana de lactação das vacas. As vacas foram incluídas no experimento em diferentes períodos à medida em que ocorria o parto.

A dieta experimental foi fornecida duas vezes ao dia, às 7h30 e às 15h00 horas. Diariamente foram feitas pesagens das quantidades dos alimentos fornecidos e das sobras de cada tratamento para estimação do consumo. No momento da alimentação, durante a terceira

semana do período experimental, foram formadas amostras do volumoso fornecido, que logo em seguida foram congeladas. Ao final da semana, uma amostra composta foi elaborada e pré-seca (60° C).

Procedimento para estimação do consumo

Para estimação do consumo individual das vacas alimentadas em grupo e da digestibilidade aparente, foi utilizado o método dos três indicadores (LIPE®, dióxido de titânio e FDAi) descrito por Valadares Filho e Marcondes (2009), realizando-se períodos experimentais de 21 dias cada, sendo 14 para adaptação e sete para coletas.

A LIPE® (lignina isolada, purificada e enriquecida do *Eucalyptus grandis*, UFMG, Minas Gerais) foi usada para estimar a excreção fecal. Do décimo segundo ao décimo sétimo dia foi fornecida uma cápsula de 500 mg deste indicador, em dose única, durante a ordenha da manhã, no cocho de ração individual, para cada vaca, totalizando seis dias de aplicação, sendo três dias para estabilização da excreção do indicador nas fezes, e três para coletas de fezes, que foram realizadas duas vezes ao dia após as ordenhas.

As amostras fecais obtidas, após secas (60° C) e moídas (2 mm), foram compostas proporcionalmente, com base no peso seco ao ar, por animal, relativa aos três dias de coleta. Aproximadamente 10g das amostras compostas de fezes foram enviadas à Universidade Federal de Minas Gerais, para a estimação da produção fecal, conforme descrito por Saliba (2005).

O concentrado total fornecido (Tabela 1) foi calculado seguindo a produção de leite de cada vaca, sendo fornecidos 1 kg de concentrado para cada 3 kg de leite produzido, sendo 5 kg de leite a produção inicial para recebimento do primeiro kg de concentrado. Os animais receberam quantidades iguais de concentrado no cocho coletivo em confinamento, e a diferença no concentrado consumido, inerente à produção de leite de cada vaca, foi adicionalmente fornecido no cocho individual da sala de ordenha. O concentrado fornecido e as sobras de cada

cocho individual foram pesadas para determinação do consumo. Para estimar o consumo individual de concentrado fornecido no cocho coletivo, na forma de mistura completa, foi utilizado o dióxido de titânio (Valadares Filho e Marcondes, 2009). Do sétimo ao décimo sétimo dia foram fornecidos 15g de deste indicador por vaca, misturados ao concentrado fornecido em grupo, totalizando 11 dias de aplicação, sendo seis dias para estabilização da excreção do indicador nas fezes, e cinco para coletas de fezes, que foram realizadas duas vezes ao dia após as ordenhas.

As amostras fecais obtidas, após secas e moídas, foram compostas proporcionalmente, com base no peso seco ao ar, por animal, relativas aos cinco dias de coleta, sendo, então, submetidas à dosagem do teor dióxido de titânio seguindo a técnica descrita por Myers et al. (2004). O consumo de concentrado foi estimado dividindo-se a excreção fecal de dióxido de titânio pela sua respectiva concentração no concentrado. Ao valor obtido, foi somada a quantidade de concentrado consumida no cocho individual durante as ordenhas da manhã e da tarde. O concentrado foi constituído de farelo de soja (28%), milho moído (68,6%), calcário (1,2%), fosfato bicalcico (0,8%), cloreto de sódio (0,4%) e premix mineral (1%), cuja composição foi: sulfato de cobalto (7,93%), sulfato de cobre (23,9%), sulfato de zinco(63,5%), iodeto de potássio (3,17%), selenito de sódio (1,58%). Adicionalmente, no momento do fornecimento do volumoso, foi adicionado a ração 200 g de suplemento nitromineral por vaca, constituído de uréia (59%), calcáreo (6,3%), fosfato bicálcico (2,2%), cloreto de sódio (20%) e sulfato de amônia (12,5%), conforme recomendação do manejo das fazendas experimentais da EPAMIG (Ferreira et al., 2009).

Para estimação do consumo individual de volumoso foi utilizado o indicador interno fibra em detergente ácido indigestível (FDAi). Para quantificação da FDAi nas amostras de fezes, concentrado e volumoso, estas foram colocadas em sacos Ankon (Filter bag F57), e incubadas no

rúmen de um animal mestiço fistulado, por um período de 264 horas (Casali et al., 2008). O material remanescente da incubação foi previamente lavado com água e em seguida submetido à extração com detergente ácido, sendo o resíduo considerado a FDAi. O consumo individual de volumoso foi estimado subtraindo-se da excreção total de FDAi, a excreção desse indicador referente ao concentrado e dividindo-se essa diferença pela concentração do mesmo no volumoso.

Procedimentos analíticos

Todas as amostras foram secas em estufa ventilada (60 °C), por 72h, e processadas em moinho de faca (2 mm). As análises de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), e proteína bruta (PB) foram executadas conforme descrito pelo AOAC (2000). O extrato etéreo (EE) foi analisado por extração Soxhlet com éter de petróleo. As concentrações de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e fibra em detergente ácido corrido para cinzas e proteína (FDAcp) foram determinadas pela técnica adaptada de Mertens (2002) e foram analisadas com a adição da enzima alfa-amilase termo estável (Ankon Tech. Corp., Fairport, NY). A lignina (LIG) foi extraída com ácido sulfúrico a 72% (Van Soest, 1967). O nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) foi avaliado pelo método de Kjeldahl (Licitra et al., 1996).

Os carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína (CNFcp), foram calculados como proposto por Detmann e Valadares Filho (2010), sendo: $CNF\ cp = 100 - [(\% PB - \% PB\ derivada\ da\ uréia + \% uréia) + \% FDN\ cp + \% EE + \% cinzas]$. Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados segundo (Weiss, 1999), pela seguinte equação: $NDT\ (\%) = PBd + FDNd + CNFd + 2,25\ EEd$. Em que: PBd = proteína bruta digestível; FDNd = fibra em detergente neutro digestível; CNFd = carboidratos não-fibrosos digestíveis; EEd = extrato etéreo digestível.

Amostras de sangue foram coletadas no 21º dia de cada período experimental por punção da veia coccígea, utilizando tubos de ensaio com anticoagulante (EDTA). Imediatamente, foram centrifugadas a 2800 x g por 15 minutos, sendo então retiradas amostras de plasma, acondicionado em recipientes de vidro e congelado a -15 °C, para posteriores análises da concentração de uréia plasmática e ácidos graxos não-esterificados (AGNE). Para a determinação de AGNE, foi utilizado kit comercial, adotando-se a técnica de otimização do reagente (Johnson and Peters, 1993). Ambas as análises se basearam na extração enzimática e leitura colorimétrica.

Amostras “spot” de urina foram obtidas no 21º dia de cada período experimental, imediatamente após a ordenha, por meio de massagem estimuladora. Da urina coletada, após homogeneização e filtragem, foram obtidas alíquotas de 10 ml e diluídas em 40 ml de ácido sulfúrico 0,036 N, conforme descrito em Valadares et al. (1997). Estas amostras tiveram o pH ajustado para abaixo de 3,0 para evitar destruição bacteriana dos derivados de purina e posteriormente as amostras foram acondicionadas em recipientes plásticos, devidamente identificados, e congeladas para posteriores análises de uréia, nitrogênio total, creatinina, ácido úrico, alantoína.

O volume urinário total diário foi estimado dividindo-se as excreções urinárias diárias de creatinina pelos valores observados de concentração de creatinina na urina, segundo Valadares Filho e Valadares (2001). A excreção urinária diária de creatinina foi estimada a partir da proposição de 24,05 mg/kg de peso vivo de creatinina para vacas em lactação (Chizzotti et al., 2007).

O balanço de compostos nitrogenados foi obtido pela diferença entre o total de nitrogênio ingerido e o total de nitrogênio excretado nas fezes, na urina e no leite. As análises de alantoína,

ácido úrico e creatinina na urina foram realizadas através da cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), segundo o protocolo descrito por George et al. (2006). As análises de alantoína no soro do leite foram feitas pelo método colorimétrico, descrito por Chen e Gomes (1995). A determinação da uréia no urina foi realizada através de kit comercial (Labtest Diagnóstica, Ureia CE, Lagoa Santa, Minas Gerais) por método colorimétrico enzimático.

A excreção total de DP foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretados na urina e da quantidade de alantoína secretada no leite. As purinas absorvidas (X, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de DP (Y, mmol/dia), por meio da equação $Y = 0,85X + 0,385 PV^{0,75}$, em que 0,85 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados de purinas e $0,385 PV^{0,75}$ a contribuição endógena para excreção de purinas (Verbic et al., 2009).

A síntese de compostos nitrogenados microbianos no rúmen (Y, g N/dia) foi calculada em função das purinas absorvidas (X, mmol/dia), por meio da equação $Y = (70X) / (0,83 \times 0,116 \times 1000)$, em que 70 representa o conteúdo de N nas purinas (mg N/mmol); 0,83, a digestibilidade das purinas microbianas e 0,116, a relação N-purina:N total nas bactérias (Chen e Gomes, 1995).

Procedimentos de ordenha e pesagem individual

As vacas foram ordenhadas mecanicamente às 7h00 e 14h00, fazendo-se registro diário da produção de leite. Através do dosador acoplado à ordenhadeira foram feitas amostras proporcionais à produção de leite no décimo sexto dia do período experimental, e foram acondicionadas em frascos plásticos com bromopol® e enviadas para o Laboratório de análise da qualidade do leite da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), para avaliação dos teores de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e extrato seco desengordurado, segundo a

metodologia descrita pela IDF (1996). A produção de leite corrigida (PLC) para 4,0% de gordura foi calculada segundo NRC (2001).

Outra parte da amostra composta de leite foi desproteïnizada com ácido tricloroacético (10 mL de leite misturados com cinco mL de ácido tricloroacético a 25%), filtrada em papel-filtro quantitativo e posteriormente armazenada a -20 °C para análises de uréia e alantoína. As análises de alantoína no soro do leite foram feitas pelo método colorimétrico, segundo Chen e Gomes (1995). A uréia no soro do leite foi determinada através de kit comercial (Labtest Diagnóstica, Ureia CE, Lagoa Santa, Minas Gerais) por método colorimétrico enzimático.

Os pesos dos animais corresponderam às médias de duas pesagens, feitas antes do fornecimento das alimentações e após as ordenhas. Para o cálculo da variação diária de peso, foram considerados os pesos obtidos a cada 10 dias, até o final do experimento.

Análises estatísticas

Foram utilizados três modelos matemáticos para ajuste das curvas de lactação e de variação de peso, como se segue: $Y = at^b e^{-ct}$ (Wood, 1967); $Y = ate^{-ct}$ (Jenkins & Ferrel, 1984); $Y = a + bte^{-ct}$. (Jenkins and Ferrell, 1984) com um parâmetro de ajustamento; em que: Y = produção de leite (kg/dia); t = semana de lactação e a; b; c = parâmetros a serem estimados. O parâmetro de ajustamento foi proposto através da soma de uma variável com o objetivo de ajustar o modelo para o início da lactação (Henriques et al., 2011). Para obtenção dos parâmetros das equações de regressão não-lineares, foi utilizado o algoritmo iterativo de Marquardt, e estatística *t* para construção dos intervalos de confiança assintóticos para os parâmetros ($1 - \alpha = 0,95$). Para cálculo do desvio-padrão assintótico foi utilizado o método da máxima verossimilhança.

Para indicação do melhor ajuste foram utilizados três critérios. O primeiro foi a regressão linear simples de valores observados sobre valores preditos, sob as seguintes hipóteses: $H_0: \beta_0 = 0$

e $H_a: \beta_0 \neq 0$; $H_0: \beta_1 = 1$ e $H_a: \beta_1 \neq 1$. No caso de não-rejeição de ambas as hipóteses de nulidade, concluiu-se pela similaridade entre valores preditos e observados. Como segundo critério, adotou-se a decomposição do quadrado médio do erro de predição em vício médio, erro sistemático e erro aleatório, segundo protocolo descrito por Tedeschi (2004). E como terceiro critério, procedeu-se à análise dos resíduos padronizados que consiste em plotar os valores preditos menos os observados, ponderados para o desvio-padrão assintótico, em função dos dias de lactação. Para proceder a comparação de modelos entre diferentes grupos genéticos, utilizou-se o teste de identidade de modelos (Regazzi, 1999).

As análises estatísticas para consumo e digestibilidade da matéria seca, bem como para parâmetros de eficiência metabólica, foram realizadas através do modelo de regressão linear múltipla $Y = D_0\beta_0 + \beta_1D_1 + \beta_2D_2 + \beta_3t + \beta_4(t*D_1) + \beta_5(t*D_2) + \beta_6t^2 + \beta_7(t^2*D_1) + \beta_8(t^2*D_2) + \epsilon$, em que D_1 e D_2 são variáveis Dummy correspondentes aos efeitos de grupos genéticos, sendo $D_1 = 0$ e $D_2 = 0$ para HNE, $D_1 = 1$ e $D_2 = 0$ para HGU, $D_1 = 0$ e $D_2 = 1$ para HGI e t é a variável referente ao efeito do tempo sobre as variáveis. Foi utilizado 5% como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I.

Resultados

Consumo e digestibilidade

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos grupos genéticos sobre os diferentes parâmetros da regressão linear múltipla para o consumo, podendo-se inferir que os grupos Holandês x Gir (HGI), Holandês x Guzerá (HGU) e Holandês x Nelore (HNE) apresentaram o mesmo nível de consumo em função dos dias em lactação, e podem ser avaliados conjuntamente (Tabelas 2 e 3). O mesmo ocorreu para os coeficiente de digestibilidade (Tabelas 2 e 3).

Os consumos de MS (kg e %PC), de MO (kg), de FDNcp (kg e %PC), de EE e de NDT (kg) apresentaram comportamento quadrático ($P < 0,05$) em função dos dias em lactação

(Tabelas 3 e 4). Porém, os consumos de PB, MO (%PC) e CNFcp não foram alterados ($P > 0,05$) em função dos dias em lactação (Tabela 3). Os coeficientes de digestibilidade da MS, MO e do EE, assim como os teores de NDT apresentaram comportamento quadrático ($P < 0,05$) em função dos dias em lactação (Tabelas 3 e 4). Porém, os coeficientes de digestibilidade da PB, FDNcp e CNFcp não foram alterados ($P > 0,05$) em função dos dias em lactação (Tabela 3).

Curvas de Lactação e composição do leite

Observa-se na Tabela 5, que todos os modelos propostos para estimar as curvas de lactação de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu em sistema de confinamento apresentaram resultados para as estimativas dos parâmetros a e c ($P < 0,05$), bem como para o parâmetro b, de acordo com sua utilização. O desvio-padrão assintótico obtido pelo modelo Jenkins e Ferrell (1984) original, foi superior aos demais modelos. Adicionalmente, na Tabela 5, observa-se que o modelo Jenkins e Ferrell (1984) original apresentou rejeição da hipótese de nulidade ($P < 0,05$), sendo assim, os dados observados neste experimento e os preditos pelo modelo foram estatisticamente diferentes. Para o quadrado médio do erro de predição (QMEP), o modelo Jenkins e Ferrell (1984) original apresentou o maior valor, sendo o erro aleatório considerado o problema de maior magnitude. Porém, a presença de 29,4% de erros sistemáticos é interpretada como problema uma vez que isso é uma consequência dos vícios constantes nos dados estimados. Pode-se completar essa interpretação observando-se a análise de resíduos (Figura 1), já que este mesmo modelo apresenta menor exatidão, uma consequência da presença do erro sistemático.

Comparativamente, nota-se a similaridade dos modelos Jenkins e Ferrell (1984) com um parâmetro de ajustamento (Henriques et al. 2011) e Wood (1967) para predizerem com exatidão a produção de leite de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu em confinamento, quando comparados ao modelo Jenkins e Ferrel (1984) original. Estes modelos apresentam menor

desvio-padrão assintótico (Tabela 5), além de aceitação da hipótese de nulidade ($P > 0,05$) para o teste do intercepto conjunto. Isto significa que os dados observados e preditos por estes modelos são estatisticamente iguais, demonstrando a habilidade do modelo em se ajustar ao banco de dados real. Adicionalmente, estes modelos proporcionaram ausência de vícios e erros sistemáticos (Tabela 5), sendo possível afirmar que 100% do erro de predição é referente ao erro aleatório, em ambos os modelos.

Observa-se na análise dos resíduos padronizados (Figura 1) que o modelo Jenkins e Ferrell (1984) original apresentou um vício de estimação ao longo do tempo. Em termos ideais, espera-se que o conjunto de projeções horizontais dos resíduos plotados contra uma variável constituinte do modelo se aproxime de uma linha reta, ou seja, apresente-se constante, independentemente do nível da variável em questão (Draper e Smith, 1966).

Outro ponto importante é a condição de homocedasticidade, ou seja, a tendência de redução da dispersão dos resíduos, em relação à nulidade (Detmann et al., 2001). Através da análise de resíduo, observou-se que o modelo Jenkins e Ferrell (1984) original apresenta uma tendência a subestimar os valores de produção de leite no início da lactação, até 50 dias, e superestimar o período intermediário, de 100 a 150 dias, que são tendências associadas a erros sistemáticos como foi discutido anteriormente. Em situações como estas, os resíduos desenvolvem tendências e outros afastamentos da aleatoriedade (Bard, 1974), o que pode levar, em muitos casos, a estimativas viesadas com taxa constante (Souza, 1998).

O modelo de Wood (1967) apresentou dispersão uniforme em torno do eixo X, sem tendências à super ou subestimação de dados, sendo então utilizado para estimação de parâmetros para cada grupo genético. Através do teste de identidade de modelos ($n = 2994$), foi possível a comparação estatística entre os modelos reduzido e completo. O modelo reduzido consiste em apenas 3 parâmetros gerais do modelo, sem levar em consideração os grupos

genéticos, em contraste, o modelo completo consiste em 9 parâmetros exclusivos referentes a cada grupo genético estudado dentro de cada parâmetro. Houve diferença estatística ($P < 0,0001$) para esta comparação, ou seja, foi necessária a construção de modelos individuais de predição da curva de lactação para os diferentes cruzamentos da raça Holandesa com as raças zebuínas Gir, Guzerá ou Nelore, em função do tempo.

A partir deste pressuposto, foram desenvolvidos os parâmetros de três diferentes equações para os grupos HGI, HGU e HNE (Tabela 5), o que gerou distintas curvas de lactação para estes grupos genéticos (Figura 3) como se segue: $HGI = 19,0764 * t^{0,0166} * e^{-0,00181 * t}$; $HGU = 15,6232 * t^{0,0936} * e^{-0,00274 * t}$ e $HNE = 15,4655 * t^{0,0401} * e^{-0,00305 * t}$. Nota-se pelas curvas de lactação (Figura 3), que as vacas HGI e HGU apresentaram desempenho semelhante e que houve maior nível de produção de leite durante boa parte da lactação, em relação ao grupo HNE. Nota-se, no entanto, uma diferença quanto ao pico de lactação deste dois grupos. As vacas HGI apresentaram pico de lactação de 19,46 kg aos 8 dias e as vacas HGU apresentaram pico de 19,80 kg aos 34 dias, assim apesar de ter sido encontrada essa diferença no tempo de ocorrência do pico, suas produções ao pico foram semelhantes. A produção de leite mantida pelas vacas HGI aos 305 dias, em relação ao pico, foi de 62,05% (12,07 kg/dia), que é pouco superior a de vacas HGU que foi de 58,44% (11,57 kg/dia), o que indica maior persistência para o primeiro grupo. A produção total projetada aos 305 dias de lactação para vacas HGI apresentou pequena inferioridade (4821,78 kg) em relação às vacas HGU (4946,81 kg). As vacas HGU apresentaram maior magnitude do pico de lactação (parâmetro b) que as HGI e maior taxa de queda na produção (parâmetro c). Porém suas produções médias foram bastante similares, sendo 15,81 kg/dia para HGI e 16,22 kg/dia para HGU.

O grupo de vacas HNE, de uma maneira geral, apresentou menor produção de leite acumulada que os demais grupos, sendo 3674,98 kg aos 305 dias, com pico de lactação de menor

magnitude aos 16 dias. Sua produção máxima foi 16,47 kg/dia, com menor persistência na lactação entre os três grupos, mantendo apenas 46,57% da produção do pico aos 305 dias de lactação. Também foi menor a produção média (12,05 kg/dia) e produção inicial para este grupo, como pode ser observado quando se comparam os interceptos das equações (Tabela 5).

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos grupos genéticos sobre os diferentes parâmetros da regressão linear múltipla para as variáveis de composição do leite. O mesmo ocorreu para o efeito do tempo, que não foi significativo ($P > 0,05$) para nenhuma variável (Tabelas 2 e 3), com exceção ao percentual de gordura do leite, que apresentou variação ao longo dos dias de lactação (Tabela 4). O percentual de gordura no leite apresentou resposta quadrática com teor máximo estimado de 4,24% estimado aos 88,64 dias.

Curva de variação de peso e mobilização de reservas

Observa-se na Tabela 6, que todos os modelos propostos para estimar as curvas de variação de peso de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu em sistema de confinamento apresentaram resultados para as estimativas dos parâmetros a e c, bem como para o parâmetro b, onde ele é necessário ($P < 0,05$). O desvio-padrão assintótico obtido pelo modelo Jenkins e Ferrell (1984) original, foi superior aos demais modelos. Adicionalmente, na Tabela 6, observa-se que ambos os modelo Jenkins e Ferrell (1984) original e Wood (1967) apresentaram rejeição da hipótese de nulidade ($P < 0,05$), sendo assim, os dados observados neste experimento e os preditos por estes modelos são estatisticamente diferentes. Apenas o modelo modelo Jenkins e Ferrell (1984) com um parâmetro de ajustamento (Henriques et al., 2011) se adequou ao banco de dados disponível a partir deste experimento. Para o quadrado médio do erro de predição (QMEP), o modelo Jenkins e Ferrell (1984) original apresentou o maior valor, sendo o erro sistemático considerado o problema de maior magnitude (77,17 %), o que indica grande presença de vícios na estimação de variação de peso através deste modelo, não sendo então adequado para

esta finalidade. Pode-se completar essa interpretação, observando-se a análise de resíduos (Figura 2), já que este mesmo modelo apresenta menor exatidão. Nota-se que houve tendências à super e subestimação nas estimativas deste modelo, o que o torna pouco confiável para utilização como preditor da variação de peso corporal de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu.

Comparativamente, nota-se a eficiência do modelo Jenkins e Ferrell (1984) com um parâmetro de ajustamento em predizer com exatidão a variação de peso de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu em confinamento, quando comparado ao modelo Jenkins e Ferrell (1984) original. Este modelo apresentou menor desvio-padrão assintótico (Tabela 6), além de aceitação da hipótese de nulidade ($P > 0,05$) para o teste do intercepto conjunto. Isto significa que os dados observados e preditos por este modelo são estatisticamente iguais, demonstrando a habilidade do modelo em se ajustar ao banco de dados real. Adicionalmente, este modelo proporcionou baixa ocorrência de vícios e erros sistemáticos (Tabela 6), sendo possível afirmar que 99,24 % do erro de predição é referente ao erro aleatório, um tipo de erro que ocorre ao acaso, e não é originário de estimativas viesadas. Nota-se ainda (Figura 2), que os valores estimados pelo modelo Jenkins e Ferrell (1984) com um parâmetro de ajustamento apresentaram dispersão uniforme em torno do eixo X, apresentando uma tendência de exatidão nas estimativas obtidas.

Observa-se na análise dos resíduos padronizados (Figura 2) que o modelo Jenkins e Ferrell (1984) original apresentou um vício de estimação ao longo do tempo. Em termos ideais, espera-se que o conjunto de projeções horizontais dos resíduos plotados contra uma variável constituinte do modelo se aproxime de uma linha reta, ou seja, apresente-se constante, independentemente do nível da variável em questão (Draper e Smith, 1966). Através da análise de resíduo, observou-se que o modelo Jenkins e Ferrell (1984) original apresenta uma tendência a subestimar os valores de peso no início da lactação, até 50 dias, no final, depois dos 150 dias,

e superestimar no período intermediário, de 100 a 150 dias, que são tendências associadas a erros sistemáticos como foi discutido anteriormente.

O modelo de Wood (1967) apresentou dispersão uniforme em torno do eixo X, sem tendências à super ou subestimação de dados (Figura 2), além de baixa incidência de vícios ou erros sistemáticos (Tabela 6). Porém este modelo apresentou rejeição da hipótese de nulidade ($P < 0,05$), quando submetido ao teste do intercepto conjunto, sendo assim, os dados observados neste experimento e os preditos por este modelo foram estatisticamente diferentes, o que inviabiliza a utilização deste modelo com o propósito de estimar a curva de variação de peso de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu em confinamento.

Assim, o modelo Jenkins e Ferrell (1984) com um parâmetro de ajustamento foi utilizado para estimar a curva de variação de peso de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu. Através do teste de identidade de modelos ($n = 421$), foi possível a comparação estatística entre os modelos reduzido e completo. O modelo reduzido consiste em apenas 3 parâmetros gerais do modelo, sem levar em consideração os grupos genéticos, em contraste, o modelo completo consiste em 9 parâmetros exclusivos referentes a cada grupo genético estudado dentro de cada parâmetro. Não houve diferença estatística ($P = 0,2270$) para esta comparação, ou seja, não foi necessária a construção de modelos individuais de predição da curva de variação de peso para os diferentes cruzamentos da raça Holandesa com as raças zebuínas Gir, Guzerá ou Nelore, em função do tempo, sendo então construída apenas uma equação geral que prediz a variação de peso das vacas do três grupos genéticos.

A partir deste pressuposto, foram desenvolvidos os parâmetros de uma única equação para os grupos HGI, HGU e HNE (Tabela 6 e Figura 4), como se segue: $HZE = 511,1 + 1,7925 * t * e^{-0,0105 * t}$. Assim é possível observar que ao contrário do que se tem para vacas em lactação de raças especializadas em confinamento, as vacas Holandês x Zebu não apresentam

perda de peso no início da lactação. Ocorre um ganho de peso até a faixa dos 95 dias, quando então pode ser encontrado um pico de peso corporal (573,9 kg) e a partir daí ocorre perda de peso, até atingir o final da lactação.

Os ácidos graxos não-esterificados (AGNE) não apresentaram efeito ($P > 0,05$) dos diferentes grupos genéticos (Tabela 2) e também não apresentaram efeito do tempo de lactação sobre seu comportamento ($P > 0,05$), não havendo significância para nenhum parâmetro da regressão linear múltipla (Tabela 3).

Eficiência metabólica de utilização dos compostos nitrogenados

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos grupos genéticos (Tabela 2) sobre os diferentes parâmetros da regressão linear múltipla para as variáveis balanço de nitrogênio (BN), excreção de uréia na urina (EUU), nitrogênio uréico no plasma (NUP) e no leite (NUL), produção de nitrogênio microbiano (NM) e eficiência microbiana (EF). O tempo de lactação também não afetou significativamente estas mesmas variáveis, com exceção do NM que apresentou resposta quadrática ao longo da lactação com produção máxima de 258,73 g/dia estimada aos 59,96 dias ($P < 0,05$).

Discussão

Consumo e digestibilidade

O consumo de nutrientes por vacas em lactação, em geral, segue alguns mecanismos fisiológicos de controle, principalmente em função da produção de leite. Assim é possível que a diferença nos grupos genéticos utilizados não tenha representado fator relevante na variação do consumo. Segundo o NRC (2001), o consumo de vacas em lactação é consequência da produção de leite relativa a cada animal, uma vez que há a necessidade de se atender as exigências energéticas para produção de leite. Ocorre assim, aumento no consumo em resposta à elevação na demanda energética durante a lactação. Segundo Bauman et al. (1985), em resposta ao nível

de produção leiteira de cada animal, ocorre maior ou menor mobilização de reservas corporais do tecido adiposo, e que em geral a maior capacidade de mobilização confere a cada vaca maior habilidade em produzir leite ao início da lactação. Essa maior demanda por produção, por sua vez eleva a necessidade de consumo de nutrientes. O autor ainda acredita que exista um controle homeorrético sobre o consumo de vacas no início da lactação. Este controle envolveria algumas mudanças sistemáticas no metabolismo, resultando em esquema específico de partição dos nutrientes para suportar a produção de leite em estágios específicos da lactação. Assim, os grupos genéticos utilizados neste experimento apresentaram controle de consumo semelhante entre si, uma vez que o tipo de cruzamento não representou fonte de variação dentro do grupo de vacas como um todo.

Além destes fatores, a relevância da expressão da heterose, em geral é mais pronunciada em ambientes mais severos como ambiente de pastejo ou uso de forrageiras com menor valor nutritivo. No presente experimento, o uso de vacas em lactação confinadas recebendo silagem de milho a vontade pode ter contribuído para expressão semelhante no efeito da heterose, entre os grupos genéticos. Segundo Ahlborn-Breier e Hohenboken (1991), vacas submetidas à restrição alimentar durante a lactação, potencialmente restringem a expressão de genes aditivos, porém permitem alta expressão do efeito da heterose. Em contraste, a produção de leite sob condições mais controladas de alimentação, com o fornecimento de mistura completa, favorece para que a genética aditiva possa ser completamente expressa, sendo quantificada através da herdabilidade.

Segundo Freeman (1975), a herdabilidade é uma variável que estima quanto da variação total de uma característica é de origem genética aditiva, e que em geral o consumo apresenta grande variação nas estimativas, apresentando valores de herdabilidade pouco relevantes. Para Persaud et al. (1991), as estimativas de variação genética para consumo, em geral, não são de grande relevância numérica, devido a grandes variações ambientais e de manejo, bem como do

nível e estágio da produção de leite. Assim, não foi possível observar diferenças entre grupos genéticos para as variáveis referentes ao consumo. Segundo Mackinnon et al. (1996), o mais pronunciado efeito genético sobre rebanhos leiteiros é a heterose individual, sendo que a heterozigose derivada do cruzamento de *Bos taurus* com *Bos indicus* origina grandes e positivos efeitos no sistema de produção. Assim, o efeito da heterose na utilização destas diferentes subespécies bovinas para obtenção de vacas F1 é bastante pronunciada, sem no entanto ter sido possível destacar pequenas diferenças inerentes às heranças maternas das Gir, Guzerá e Nelore.

Os grupos genéticos utilizados também não apresentaram diferenças nos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes. Bauman et al. (1985) acreditam que existe pequena diferença entre vacas na sua habilidade de digerir determinada dieta, particularmente quando a dieta é padronizada para todos os animais, como ocorreu no presente experimento. Os autores afirmaram que mesmo que haja seleção genética para aumento na produção de leite ou de sólidos, em geral este aumento não está acompanhado de grandes mudanças na eficiência de digestão e absorção. Custodio et al. (1983) e Grieve et al. (1976) avaliaram a relação entre habilidade de transmissão de características produtivas e digestibilidade da dieta de vacas Holandesas e ambos autores concluíram que a habilidade de vacas digerirem componentes da dieta na forma de mistura completa foi independente dos méritos genéticos avaliados. Trigg e Parr (1981) compararam linhagens de vacas jersey e observaram apenas uma pequena diferença (< 1%) na conversão de energia bruta em energia digestível durante o primeiro terço da lactação e nenhuma diferença no segundo terço.

Os consumos de MS (kg e %PV) e de MO (kg) apresentaram comportamento quadrático ao longo da lactação. Estimou-se consumos máximos de MS de 18,56 kg aos 54,89 dias e de 3,33 %PV aos 53,26 dias, e consumo máximo de MO de 15,55 kg aos 34,20 dias. Esse aumento gradual no nível de consumo de MS e MO até atingir ponto máximo, ocorre de forma natural em

vacas no terço inicial da lactação. De acordo com o NRC (2001), além dos fatores nutricionais, inerentes a dieta, fatores metabólicos contribuem para aumentos significativos no consumo no início da lactação. O consumo de MS aumenta rapidamente no pós-parto, fazendo com que haja aumento no tamanho do trato gastrointestinal (TGI) em cerca de 4 kg de aumento na capacidade, para cada 1 kg de aumento no consumo. Dado e Allen (1995) afirmaram que o consumo máximo no início da lactação estabelece a base para produção de leite durante toda a lactação, sendo que nesta fase o consumo, em grande parte, é limitado pela capacidade ruminoreticular mais representativamente do que pelos fatores fisiológicos. A partir do parto, a produção de leite aumenta, acompanhada pela demanda por nutrientes, e naturalmente o TGI recupera sua capacidade, tornando a capacidade física menos importante para os mecanismos de controle do consumo.

Ellis (1978) afirmou que a presença de gordura abdominal em vacas de leite compete por espaço abdominal e reduz o volume ruminoreticular limitando o consumo adicionalmente ao efeito de enchimento ruminal. Garnsworthy e Topps (1982) comprovaram essa afirmação ao constatar que o nível de gordura corporal ao parto atua como *feedback* negativo no consumo de alimentos. Assim, vacas que parem com melhor condição corporal não elevam seu consumo suficientemente para atingir as exigências energéticas para produção de leite até que tenham perdido certa quantidade de gordura corporal. O NRC (2001) através de alguns modelos matemáticos para prever o consumo de MS durante a lactação, reporta que o ponto máximo de consumo de MS de vacas Holandesas, em clima temperado, ocorre em torno de 14 semanas, enquanto que neste experimento, as vacas F1 Holandês x Zebu alcançaram o consumo máximo mais rapidamente, em torno de 7 semanas, provavelmente uma consequência da sua menor produção de leite.

O consumo de FDNcp (kg e %PV) também apresentou comportamento quadrático, seguindo o padrão do consumo de matéria seca, entretanto despendeu mais tempo para atingir o ponto crítico, estimando-se valores máximos de 7,94 kg aos 79,14 dias e 1,28 %PV aos 76,57 dias. Este fato pode ser explicado pelo maior uso de concentrado durante as primeiras semanas de lactação em função da maior produção de leite nesta fase, elevando assim o tempo para que as vacas atingissem o ponto máximo de consumo de FDNcp (Tabela 1). Uma vez que a participação do volumoso na dieta das vacas se tornou maior ao longo dos períodos experimentais, o mesmo pode ter ocorrido para o percentual de FDNcp consumido, sendo então inferior nas primeiras semanas de lactação. Segundo Yang et al. (2001), variações no consumo de FDN com mudanças na relação entre volumoso e concentrado refletem a composição da dieta consumida, uma vez que estas variações podem não estar acompanhadas de alteração no consumo de MS.

Woodford et al. (1986), avaliando dietas de vacas em lactação com diferentes níveis de concentrado, não observaram variações no consumo de MS, porém à medida que se reduziu o nível de concentrado na dieta, houve aumento no consumo de FDN. Llamas-Lamas e Comb (1991), em experimento semelhante, à medida que elevaram o nível de concentrado na dieta de 13,1 para 33,8 %, observaram aumento no consumo de MS e redução no consumo de FDN. Pela avaliação destes dados é possível observar que no presente trabalho o nível de volumoso da dieta se elevou ao longo da lactação, isso permitiu que o pico de consumo de FDNcp ocorresse após o pico de consumo de MS, levando-se em consideração que a participação do concentrado na dieta nas primeiras 7 semanas foi mais proeminente.

O consumo de NDT apresentou resposta quadrática ao longo da lactação, estimando-se valor máximo de 14,15 kg aos 22,82 dias. O mesmo ocorreu para os teores de NDT, com ponto de máxima de 76,76 aos 12,24 dias, para a digestibilidade da MS, com ponto de máximo de 73,57 aos 3,24 dias e para a digestibilidade da MO, com ponto de máximo de 74,72 aos 6,19

dias. Os teores de NDT, a digestibilidade da MS e consequentemente o consumo de NDT apresentaram ponto de máxima antes do primeiro mês do período de lactação, o que parece se justificar pelo menor consumo nesta fase, levando-se em consideração que o consumo de MS apresentou ponto máximo apenas no final do segundo mês de lactação. Outro fato que parece justificar os adiantados picos de consumo de NDT, teores de NDT e digestibilidade da MS é a maior participação do concentrado na dieta das vacas no primeiro mês do período de lactação (Tabela 1). Os mesmos fatos também justificam o ponto de máxima para a digestibilidade da MO aos 6,19 dias. Segundo Van Soest (1994), a conversão da matéria seca digerida para unidades equivalentes a energia, envolve ajustes para os conteúdos de gordura e cinzas. As correções para cinzas são as mais significativas no caso de ruminantes, uma vez que as quantidades de EE são pequenas e variáveis nos alimentos, sendo assim, a matéria orgânica digerida é tão representativa quanto o NDT. Segundo o NRC (2001), a matéria seca digestível aumenta linearmente com o aumento de concentrado na dieta. Llamas-Lamas e Combs (1991) afirmaram que a digestibilidade é afetada pelo nível de consumo, pela relação entre volumoso e concentrado e pela maturidade da forragem. No caso do presente trabalho, os dois primeiros fatores parecem ter contribuído para obtenção de pontos máximos de digestibilidade (MS e MO), consumo e teores de NDT numa fase bastante inicial da lactação, em que o nível de consumo foi inferior e o uso de concentrado na dieta foi maior.

Curvas de lactação e composição do leite

A modificação proposta ao modelo Jenkins & Ferrell (1984), que foi originalmente proposto para ajuste de curvas de lactação de vacas de corte (Henriques et al., 2011), reduziu os vícios de estimação e proporcionou uma melhor condição de homocedasticidade, uma vez que o parâmetro de ajustamento para o início da lactação se adaptou ao nível de produção de leite de vacas mestiças. Porém, mesmo com esta correção para o modelo Jenkins & Ferrel (1984) e

menor sistematização do vício, nota-se que ainda existe tendência de subestimar os dados no início da lactação, que é a fase mais crítica para análise de curvas de lactação, o que se tornou fator primordial para escolha do modelo de Wood (1967) para predizer as curvas de lactação dos diferentes grupos genéticos avaliados neste trabalho.

Outros modelos foram utilizados na literatura, para predizer a curva de lactação de vacas leiteiras. Macciotta et al. (2005), avaliando diversos modelos, observaram que quando compararam os modelos de Wood (1967) e Wilmink (1987) que é um modelo exponencial, o primeiro modelo foi capaz de se ajustar aos diferentes bancos de dados formados, de forma mais significativa (80 e 64%, respectivamente). Silvestre et al. (2006), avaliando os modelos Wood (1967), Wilmink (1987), o modelo logarítimo de Ali & Schaeffer (1987), o modelo de interpolação de *splice* cúbica e funções polinomiais, recomendaram a função polinomial com cinco parâmetros ou o modelo logarítimo. Os autores afirmaram que os modelos de Wood (1967) e Wilmink (1987) foram fortemente afetados pela alteração na frequência de amostragem de quatro para oito semanas. Porém neste trabalho não houve esta limitação, uma vez que ocorreu amostragem diária para avaliação dos modelos.

Macciotta et al. (2005) relataram que muitas vezes pode-se encontrar curvas de lactação sem o efeito pronunciado do parâmetro *b*, ou seja, sem apresentar uma grande magnitude do pico de lactação, como foi observado no presente experimento para vacas F1 Holandês x Zebu. Os autores consideram este tipo de curva atípica, e que em geral se deve a ausência de dados relativos ao início da lactação, principalmente aos primeiros 30 dias. Porém, esta justifica não se aplica a este trabalho, uma vez que o banco de dados foi formado por registros diários, com início na primeira semana de lactação, sendo descartados apenas os dados relativos ao período de secreção de colostro.

Assim, através do modelo de Wood (1967), foram projetadas curvas de lactação para os diferentes grupos genéticos. As vacas HGI apresentaram o pico aos 8 dias de lactação, produzindo 19,46 kg/dia, e as HGU apresentaram pico aos 34 dias, produzindo 19,80 kg/dia. Estes intervalos de tempo para atingir o pico são bastante distintos daquele descrito por Wood (1967; 1976) que é de 5 a 6 semanas, para sistemas intensivos em clima temperado, com vacas Holandesas de elevada produção e persistência na lactação. Assim pode-se afirmar que existe uma particularidade no formato da curva de lactação de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu, que as distingue de vacas de raças especializadas, assumindo um padrão específico, que não necessariamente as classifica como atípicas.

De maneira geral, os grupos HGI e HGU coincidiram suas produções aos 305 dias de lactação, quando a produção de leite se encontra no nível mais baixo. A diferença encontrada foi de apenas 0,51 kg/dia. É possível observar através dos parâmetros das equações destes dois grupos (Tabela 5 e Figura 3), que as vacas HGI apresentaram maior linearidade na curva e as vacas HGU se igualaram à produção das vacas HGI devido à maior magnitude no seu pico através do parâmetro b , mesmo apresentando menor produção inicial. Porém a maior taxa de queda representada pelo parâmetro c parece ter contribuído para redução na persistência, reduzindo sua produção final encontrada aos 305 dias.

Nota-se bastante semelhança no desempenho de vacas dos grupos HGI e HGU, mesmo apresentando uma pequena distinção com relação à magnitude e tempo para atingir o pico, fazendo com que as duas curvas se diferissem no seu formato. Entretanto, é possível que essa pequena diferença, também refletida nas produções totais destes dois grupos (4821,8 e 4946,8 kg respectivamente), não sejam essencialmente de origem genética, uma vez que ambas as raças, que são de origem Zebu, passaram por seleção para produção de leite. Cobuci et al. (2001), estudando aspectos genéticos de curvas de lactação de vacas guzerá, observaram que os

parâmetros a e c no modelo Wood (1967), referentes à produção inicial e taxa de declínio da produção, respectivamente, apresentam relação muito variável ao longo dos anos em diferentes ordens de lactação, significando que tais características são influenciadas mais fortemente por fatores ambientais do que por fatores genéticos. Os mesmo autores acreditam que o formato como se apresentam as curvas de lactação pode ser diretamente influenciado por características ambientais como ano e estação de parto e alimentação.

Apesar das vacas nestes experimento estarem submetidas ao mesmo ano de parto e alimentação, outras características não avaliadas podem ter contribuído para esta pequena diferença observada no formato das curvas dos dois grupos genéticos, como idade da vaca ao parto, ordem de lactação, período de serviço e duração da lactação, que são variáveis que afetam em grande parte a produção inicial, a taxa de declínio da produção, bem como a produção acumulada. Shanks et al. (1981), estudando aspectos genéticos e ambientais de curvas de lactação, observaram que persistência e produção de leite no pico de lactação apresentam herdabilidades baixas para vacas primíparas, negativas na segunda lactação e próximas de zero na terceira. Este fato indica que existe variação genética muito pequena para estes parâmetros.

Segundo Capuco et al. (2003), existem outros fatores que podem interferir na curva e persistência de lactação. Fatores como número e atividade de células secretoras que podem variar em função do estado fisiológico das vacas, além de prenhez, ação hormonal, duração do período seco e interação entre estes fatores. Assim, nota-se que entre estes dois grupos genéticos a diferença básica ocorreu com relação ao tempo para atingir o pico, a produção inicial e a produção final, alterando assim a produção total e a persistência.

Contudo, é necessário afirmar que a diferença nos valores de persistência apresentadas pelas vacas HGU em relação às HGI são de pequena magnitude e que esta característica não é estritamente herdável, sendo pouca a aditividade de genes maternos. Cobuci et al. (2001)

avaliaram a correlação genética (Pearson) entre os parâmetros da curva de lactação de vacas Zebu e observaram que a produção de leite inicial é positivamente correlacionada com a produção de leite total (0,67), sendo possível a seleção para aumentos da produção no início da lactação. Entretanto, é muito pequena a influência do melhoramento genético na redução na taxa de declínio na produção (0,03), a partir da seleção para produção de leite acumulada, o que dificulta a seleção para melhores persistências na lactação.

Segundo Cobuci et al. (2003), as estimativas de herdabilidade para produção de leite são maiores no período intermediário da lactação e menores no início e no final da lactação. Os autores acreditam que diferenças nos valores de herdabilidade podem ser causadas por três fatores: eficiência biológica do tipo de mensuração da persistência na lactação, a eficiência estatística do tipo de mensuração e a parte da lactação usada para calcular a medida de persistência. Assim são encontrados uma variedade de valores de herdabilidade para persistência. No caso das vacas HGI e HGU, parece ter havido grande efeito da heterose sobre o desempenho de ambos os grupos, assim como para as vacas HNE. O que diferiu os dois primeiros grupos do ultimo possivelmente foi a atividade de genes aditivos com atuação na produção de leite, oriundos das linhagens leiteiras maternas que deram origem aos cruzamentos HGI e HGU. Isto tornou o desempenho destes dois grupos muito semelhantes e por sua vez bastantes distintos do grupo HNE.

Glória et al. (2010), utilizando os mesmos grupos genéticos que no presente experimento, porém com alimentação diversificada e avaliando diferentes ordens de lactação, também observaram desempenhos semelhantes para as vacas HGI e HGU. Os picos de produção de leite foram de 13,96 e 13,12 kg/dia, respectivamente, porém com grande variação nos valores de tempo para atingir o pico, principalmente em função das ordens de lactação. Os valores variaram de 13,9 para vacas no quinto parto até 42,7 para vacas de primeira cria, mas os

valores médios foram de 22,7 e 27,7 dias, respectivamente, para HGI e HGU. A produção acumulada média para os dois grupos foi de 2806 e 2642 kg, respectivamente. Segundo os autores, de maneira geral, as produções iniciais e no pico aumentaram com a ordem de lactação. Esse resultado provavelmente está associado à maturidade fisiológica e às mudanças no comportamento dos animais, pois tendem a aceitar a ordenha mais facilmente à medida que são condicionados para isso. Estes autores observaram ainda desempenho inferior das vacas HNE, assim como neste experimento, e verificaram que o desempenho foi melhor à medida que se elevou a ordem de lactação, mas ainda sem alcançar o desempenho dos demais grupos genéticos. Em geral encontraram produção inicial média de 10,92 kg/dia e produção ao pico de 11,19, sendo estas médias bastante superiores àquelas das vacas na primeira cria.

Neste experimento, as vacas HNE apresentaram desempenho inferior aos demais grupos. Sua produção inicial foi menor, assim como a produção final, a produção total acumulada aos 305 dias, a produção ao pico e sua persistência, que foi a menos significativa. O parâmetro c das vacas deste grupo foi maior que os demais, o que indica maior queda na produção. Apresentaram ainda o menor parâmetro a que indica menor produção inicial. Estes dois parâmetros foram reflexo da menor persistência da lactação destas vacas. Trabalhos na literatura consultada que apresentam o desempenho de vacas mestiças HNE não foram encontrados. Porém, alguns trabalhos podem ser encontrados para curvas de lactação de vacas Nelore puras, com ênfase no desempenho do bezerro, sendo poucos os que determinaram a produção de leite durante todo o período de lactação. Alencar (1988) encontrou produção total de 972 kg de leite aos 210 dias de lactação. Calegare (2004) encontrou produção de 641,5 kg aos 180 dias de lactação. Todas estas curvas de lactação apresentaram redução linear na produção de leite e ausência de pico de lactação (Alencar, 1988 e Rosado, 1991). Segundo Keown et al. (1986), em geral animais com maior produção de leite apresentam maior persistência, uma vez que são características bastante

correlacionadas. No caso das vacas HNE, em razão da não haver seleção de linhagens específicas para produção de leite da raça Nelore, as características aditivas maternas não contribuíram para aumentar a produção de leite como no caso das raças Gir e Guzerá, que passaram por uma seleção de linhagens com aptidão leiteira.

Com relação à composição do leite avaliada, não foi encontrado efeito dos diferentes grupos genéticos. Segundo Palmquist et al. (1993), as principais fontes de variação que podem alterar a composição do leite são o estágio de lactação que altera consideravelmente o status fisiológico da vaca, e a estação do ano que atua na modificação da origem e tipo de alimentos. Bauman e Griinari (2000), em revisão de diversos autores, observaram que a gordura do leite, especificamente, é marcadamente afetada por fatores fisiológicos e ambientais. Kearney et al. (2004) afirmaram que genes para produção de leite e proteína no leite apresentam expressão diferenciada em rebanhos considerados de baixa produção, havendo redução na correlação genética entre produção de leite e proteína no leite.

Entretanto, algumas raças são capazes de alterar a composição do leite de forma pronunciada. Madalena (2008), em extensa revisão sobre cruzamentos utilizados em sistemas de produção de leite, relatou que os teores de sólidos no leite podem variar bastante de acordo com a raça utilizada no cruzamento. Vacas Jersey e Pardo Suíço melhoraram o teor de proteína e de gordura quando comparadas com as Holandesas, que produzem maior volume de leite por dia. Em estudo realizado por Madalena (2008), as vacas de origem zebuína, comumente utilizadas para cruzamentos com a raça Holandesa, proporcionaram aumento nos teores de gordura e proteína à medida que se reduziu a fração de genes da raça Holandesa, provavelmente em função da redução na produção de leite. Porém, no caso do presente trabalho não houve variação na fração genética da raça Holandesa utilizada, sendo possível inferir que não houve assim fonte de variação genética para as variáveis de composição do leite.

No entanto, o percentual de gordura no leite apresentou variação em função do tempo de lactação, apresentando valor máximo de 4,24 % aos 88,64 dias de lactação, sendo elevado em 8,25% do inicial que foi de 3,89%. Este comportamento quadrático provavelmente ocorre em função do maior aporte de nutrientes fornecido pelo maior consumo, que também seguiu comportamento quadrático. O ponto crítico de percentual de gordura no leite está muito próximo ao ponto crítico de consumo de FDNcp, que foi aos 79,14 dias, o que parece ser uma consequência. De acordo com Gonzalez et al. (2004), o teor de fibra na dieta e a relação entre volumoso e concentrado são os fatores que produzem maior interferência no percentual de gordura do leite, principalmente em função da alteração dos parâmetros fermentativos ruminais como o pH e a relação entre os ácidos graxos voláteis como o acetato e o propionato. A grande variabilidade no teor de gordura, em geral, se refere à qualidade e à quantidade de fibra ingerida na alimentação. Assim, a gordura é um componente extremamente sensível às variações que ocorrem na dieta, sendo o teor deste sólido mais elevado no leite de rebanhos mestiços com menor produção, devido ao menor consumo de concentrados e da qualidade da fibra ingerida.

O maior consumo de FDN ocorrido nesta fase, em função de uma maior relação entre volumoso e concentrado (Tabela 1), pode ter permitido maior nível de acetato circulante no sangue. Segundo Valadares Filho e Pina (2006), em ruminantes somente pequena quantidade de acetato absorvido através da parede ruminal, é utilizada pelo fígado, devido à baixa atividade da enzima acetil-CoA sintetase no fígado de ruminantes em relação ao tecido adiposo, músculo e glândula mamária. Assim, ácidos graxos de cadeia curta e média são prontamente sintetizados por ruminantes a partir de acetato, que representa de 90 a 100% do total de ácidos graxos voláteis que circula nas artérias. Porém o butirato também pode ser utilizado nos tecidos periféricos, sendo rapidamente oxidado ou utilizado para lipogênese na formação da gordura do leite. Além do maior aporte de nutrientes, sabe-se que existe uma relação inversa entre a produção de leite e

o percentual de gordura, uma vez que existe efeito de diluição da gordura produzida. Assim, com a redução no nível de produção de leite ao longo da lactação, a maior quantidade de gordura produzida em função do maior aporte de nutrientes esteve presente numa menor quantidade de leite secretado, elevando assim o percentual de gordura no leite até aos 88,64 dias, talvez pelo efeito de diluição.

Já os demais sólidos não apresentaram efeito do tempo de lactação. A lactose é o nutriente que apresenta menor variação entre todos os componentes, em geral representa percentagem constante no leite, variando sua quantidade em função do volume. Portanto, a percentagem de lactose no leite não apresentou variação em função do tempo de lactação ou grupo genético. No caso da proteína, para que houvesse uma elevação em seus teores seria necessária a redução no catabolismo de aminoácidos que chegam à glandula mamária para formação do leite, o que neste caso não ocorreu. O extrato seco desengordurado, em sua maioria, é composto pela proteína do leite e pela lactose, assim, seguindo o comportamento apresentado por estes dois componentes, não apresentou variação ao longo da lactação.

Curva de variação de peso e mobilização de reservas

Os três grupos genéticos avaliados neste experimento apresentaram curva de variação de peso equivalente, apresentaram o mesmo comportamento durante a lactação. Berry et al. (2002) e Veerkamp (1998), resumindo alguns dados, observaram que a herdabilidade para peso corporal é de moderada a alta, entretanto, ao avaliar a herdabilidade para variação de peso constataram valores baixos, sendo pouca a contribuição genética para seleção desta variável. Segundo os autores, a variação de peso ao longo da lactação se deve à associação genética entre o escore de condição corporal, peso corporal e parâmetros de mobilização de tecidos. Devido a isso não foram verificadas diferenças nas curvas de variação de peso das vacas utilizadas neste experimento, bem como nos valores de AGNE encontrados no plasma.

Assim, o peso corporal inicial estimado pelo modelo Jenkins & Ferrell (1984) com um parâmetro de ajustamento para os três grupos genéticos juntos foi de 511,1 kg. Observa-se através da Figura 4 que ocorreu uma variação de peso positiva até aos 95 dias, quando os animais atingiram peso estimado de 573,90 kg como ponto crítico máximo. A partir deste ponto houve redução no peso, sendo projetado para 305 dias de lactação peso de 533,32 kg. Esta variação positiva de peso, em geral não está de acordo com a maioria dos dados encontrados na literatura para vacas em lactação. Comumente espera-se que haja variação negativa de peso nos primeiros dias da lactação, quando os animais mobilizam reservas corporais para dar suporte a produção de leite, uma vez que o consumo ainda não atingiu seu potencial máximo para suprir a demanda energética de produção de leite. Porém deve-se observar que a maioria dos trabalhos que relata este fenômeno são originários de dados coletados de vacas Holandesas especializadas. Este modelo (NRC, 2001) é tomado como padrão para países de clima temperado, que utilizam raças especializadas de alta produção leiteira.

Segundo Santos e Santos (1998), no sistema de padrão de utilização das reservas corporais, quando as demandas do animal ultrapassam a ingestão de nutrientes e o balanço de energia torna-se negativo, há acréscimo na taxa de lipólise e decréscimo na de lipogênese. O resultado final é o aumento na hidrólise de triglicerídeos pela enzima lipase sensível a hormônio (LSH) e liberação de glicerol e ácidos graxos livres. Assim nos dias que antecedem o parto ou logo após, existe um aumento nos receptores beta-adrenérgicos nos adipócitos, aumentando a reatividade do tecido aos estímulos lipolíticos. O hormônio de crescimento que é lactogênico, por sua vez, responde a demanda de produção de leite, aumenta a atividade da enzima LSH e estimula diretamente o processo de lipólise durante o período de balanço energético positivo.

Além disso, o tecido adiposo de vacas nesta fase torna-se refratário aos efeitos anabólicos da insulina, acentuando o efeito catabólico neste tecido. Rennó et al. (2006) se

referiram ao fenômeno metabólico relatado acima, como padrão para vacas de elevado mérito genético para produção de leite, pois apresentam modificações no metabolismo que vão alterar drasticamente as taxas de lipólise e lipogênese. Os autores acreditam que entre os fatores que alteram essa taxa de lipólise, a principal delas é a produção de leite, que se relaciona à magnitude dos estímulos hormonais que regulam as taxas de lipólise e lipogênese, bem como a partição dos nutrientes entre a glândula mamária e os demais tecidos. Porém, no presente trabalho, o menor nível de exigências nutricionais para produção leiteira, quando comparado àquelas de vacas especializadas, parece limitar a demanda por mobilização de reservas, permitindo assim que a elevação no consumo de MS no início da lactação contribuisse para o ganho de peso ocorrido para as vacas F1 Holandês x Zebu.

Bauman et al. (1985) relataram que uma das mais importantes adaptações de vacas de alta produção é a habilidade de utilizar as reservas corporais do tecido adiposo na parte inicial da lactação. O mais conhecido mecanismo fisiológico para seleção para produção de leite é um complexo mecanismo genético para maximização da quantidade disponível de tecido adiposo mobilizável durante a lactação. Segundo estes autores, esta mobilização de reservas no início da lactação e sua reposição no período final são componentes importantes para o aumento da eficiência produtiva de vacas geneticamente superiores, acompanhados ainda pela diluição das exigências de manutenção.

Assim, a magnitude de mobilização de reservas corporais no início da lactação de vacas mestiças de baixa produção leiteira não é geneticamente priorizada para atender a produção de leite, principalmente devido a menor exigência energética para produção, e consequente menor demanda por consumo de nutrientes. Sendo assim, deve-se rever o mecanismo de fornecimento de concentrado para vacas mestiças F1 Holandês x Zebu, no nível apresentado neste trabalho, seguindo as recomendações clássicas de fornecimento de nutrientes disponíveis no NRC (2001).

As características genéticas adquiridas pelas vacas F1 Holandês x Zebu não permitem o mesmo desempenho de vacas de raças especializadas, o que as torna menos eficientes frente ao fornecimento de uma dieta que atenderia a produção de leite de vacas especializadas, suprimindo assim demandas que na prática não ocorrem, mesmo levando-se em consideração menor nível produtivo.

Freitas Jr. et al. (2008) relataram que vacas da raça Holandesa apresentam mobilização de reservas corporais no pós-parto em torno de -0,80 unidades de escore de condição corporal, indicando maior habilidade desses animais em mobilizar reservas corporais para produção de leite, quando comparadas às vacas mestiças Holandês x Zebu, que apresentaram valores médios de -0,12 unidades. Os autores atribuíram este fato ao menor grau de resistência dos tecidos de reserva à insulina, desfavorecendo a mobilização para produção de leite. É possível que estes fatos possam justificar a ausência de variação nos AGNE durante o período de lactação. Provavelmente não houve um período de intensa mobilização capaz de resultar em valores de AGNE superiores em determinado momento da lactação, sendo assim estes se apresentaram constantes durante todo o período, com uma média plasmática de 284,46 µeq/L

Eficiência de utilização dos compostos nitrogenados

De forma geral, as variáveis utilizadas no presente trabalho para indicar a eficiência de utilização de compostos nitrogenados atuam como indicadores bioquímicos do status nutricional do animal, principalmente com relação aos *status* protéico, sendo um efeito direto da dieta ofertada. Assim, seria esperado observar a ausência de efeito de grupos genéticos sobre estas variáveis. Segundo Hammond (1997), NUL e NUP podem ser utilizados como indicadores da resposta biológica de ruminantes à suplementação com energia e proteína e às mudanças relativas ao tipo de forragem ou pastagem ofertada. Estes indicadores permitem inferir a respeito do nível de aproveitamento da proteína da dieta a partir do conhecimento das frações degradáveis

da proteína e nível de carboidratos fermentáveis, sendo possíveis variações até mesmo ao longo do dia (Butler et al., 1996). Isto leva a concluir que os fatores nutricionais são mais pronunciados em relação aos fatores genéticos. Segundo Hof et al. (1997), a ingestão de proteína degradável no rúmen é responsável por 81% da variação no NUL.

A excreção de uréia na urina (EUV) também é diretamente proporcional a concentração NUP, que por sua vez é proporcional a NUL (Jonker et al., 1998). Kauffman e St-Pierre (2001) avaliaram diferenças no metabolismo protéico de vacas da raça Jersey ou Holandês e verificaram que houve diferença significativa entre raças para vários parâmetros como produção de leite e seus componentes, entretanto não foram verificadas variações em NUP e NUL entre os grupos. As variáveis NM e eficiência microbiana (EF) são utilizadas mais especificamente para avaliação do metabolismo microbiano ruminal. Em geral, o crescimento microbiano ou síntese protéica estão em função da disponibilidade energética (Hoover e Stokes, 1991). Dos fatores que afetam a síntese de proteína microbiana, a disponibilidade e a sincronização entre energia e compostos nitrogenados no rúmen, têm sido reconhecidos como os mais importantes (Russell et al., 1992). No experimento em estudo, nenhum destes fatores apresentou variações de ordem genética, sendo estes praticamente inerentes às alterações decorrentes do estado nutricional e metabólico dos animais.

O NM apresentou comportamento quadrático ao longo da lactação, sendo que seu ponto crítico se mostrou bastante próximo ao do consumo de MS, o que permitiu maior teor de substratos para fermentação ruminal favorecendo a produção microbiana. Torna-se importante ressaltar que nos primeiros 42 dias de experimento foram fornecidos maiores teores de concentrado na dieta dos animais (Tabela 1), o que possivelmente permitiu a elevação no nível de nitrogênio microbiano produzido ruminalmente no início da lactação, até aos 59,96 dias. Segundo Santos (2006), rações mais ricas em concentrado suportam maior produção microbiana

em virtude do maior teor de açúcares, amido e pectina. Quanto mais degradável no rúmen forem os carboidratos, mais energia será disponibilizada para o crescimento microbiano. A maioria dos dados indica que a maior produção microbiana com fontes de amido de alta degradabilidade ruminal se deve à maior disponibilidade de energia dessas fontes, uma vez que a eficiência microbiana geralmente não é afetada, justamente como aconteceu no presente experimento. Segundo Huntington e Archibeque (1999) até 80% de amônia originada da degradação da uréia ruminal pode ser incorporada ao nitrogênio bacteriano, porém a disponibilidade de energia é o maior fator determinante na quantidade que será incorporada, alterando assim o nível de nitrogênio microbiano produzido.

Segundo Rennó et al. (2000), as disponibilidades ruminais de energia e nitrogênio são os fatores nutricionais que mais limitam o crescimento microbiano, sendo que a alteração da relação entre volumoso e concentrado na dieta poderia influir no crescimento microbiano, em razão da variação na disponibilidade de energia. Além disso, a energia para síntese de proteína microbiana é oriunda principalmente dos carboidratos dietéticos cuja fonte pode alterar o crescimento microbiano. Se os carboidratos não estruturais estiverem em maior proporção na ração e o pH for mantido, os microrganismos fermentadores deste substrato vão crescer mais rapidamente, o que parece justificar o comportamento crescente do NM no início da lactação, com ponto máximo aos 59,96 dias.

Conclusões

Dentre os modelos matemáticos avaliados, o modelo de Wood (1967) apresenta melhor ajuste aos dados de produção de leite de vacas mestiças F1 em sistema de confinamento. A partir deste modelo, são recomendadas as seguintes equações para estimar a produção de leite: $HGI = 19,0764 * t^{0,0166} * e^{-0,00181 * t}$, $HGU = 15,6232 * t^{0,0936} * e^{-0,00274 * t}$ e $HNE = 15,4655 * t^{0,0401} * e^{-0,00305 * t}$. O grupo HGU proporcionou maior produção acumulada aos 305 dias (4946,81 kg), seguido pelo

grupo HGI (4821,78 kg) e pelo grupo HNE (3674,98 kg). O consumo de MS e demais nutrientes, assim como a digestibilidade dos nutrientes não apresentam diferenças entre grupos genéticos, e de uma forma geral apresentam comportamentos quadráticos. Estimou-se consumo máximo de MS de 18,56 kg aos 54,89 dias, de MO de 15,55 kg aos 34,2000 dias e de FDNcp de 7,94 kg aos 79,14 dias. A composição do leite não se altera de acordo com os grupos genéticos, porém o teor de gordura atingiu ponto máximo de 4,24 % aos 88,64 dias. A variação de peso também foi similar para os três grupos genéticos, que apresentaram valor máximo aos 95 dias, projetado pela seguinte equação $HZE = 511,1 + 1,7925 * t * e^{-0,0105 * t}$, obtida através da parametrização do modelo Jenkins e Ferrell (1984) com um parâmetro de ajustamento.

Literatura Citada

- Ahlborn-Breier, G., and W. Hohenboken. 1991. Additive and nonadditive genetic effects on milk production in dairy cattle: Evidence for major individual heterosis. *Journal of dairy science* 74: 592-602.
- Alencar, M. M. 1988. Desempenho produtivo de fêmeas das raças canchim e nelore. *Desenvolvimento dos bezerros. R. Bras. Zootec.* 17: 411 – 420.
- Ali, T., and L. Schaeffer. 1987. Accounting for covariances among test day milk yields in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci* 67: 637.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Washington, DC.
- Bard, Y. 1974. Nonlinear parameter estimation. Acad. Press. Inc., New York.
- Berry, D. et al. 2002. Genetic parameters for level and change of body condition score and body weight in dairy cows. *Journal of dairy science* 85: 2030-2039.

- Bauman, D., S. McCutcheon, W. Steinhour, P. Eppard, and S. Sechen. 1985. Sources of variation and prospects for improvement of productive efficiency in the dairy cow: A review. *Journal of Animal Science* 60: 583.
- Bauman, D.E., e J.M. Griinari. 2000. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: Low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science* 70: 15-29.
- Butler, W.R., J.J. Calaman, e S.W. Beam. 1996. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle. *Journal of Animal Science* 74: 858.
- Calegare, L. N. D. P. 2004. Exigências e eficiência energética de vacas de corte nelore e de cruzamento *Bos taurus* x Nelore. PhD Diss. Escola Superior Luiz de Queiroz ESALQ. Piracicaba.
- Capuco, A. V., S. E. Ellis, S. A. Hale, E. Long, R. A. Erdman, X. Zhao, and M. J. Paape. 2003. Lactation persistency: Insights from mammary cell proliferation studies. *J. Anim. Sci.* 81: 18 – 31.
- Casali, A., E. Detmann, and S. C. Valadares Filho. 2008. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. *R. Bras. Zootec.* 37: 335 – 342.
- Chen, X.B., e M.J. Gomes. 1995. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives-an overview of the technical details. International Feed Resources Unit.
- Chizzotti, M.L., S.C. Valadares Filho, R.F.D. Valadares, F.H.M. Chizzotti, M.I. Marcondes, e M.A. Fonseca. 2007. Intake, digestibility and nitrogen metabolism in holstein cows with different milk production levels. *R. Bras. Zootec* 36: 138-146.
- Cobuci, J. A., R. F. Euclides, R. S. Verneque, and R. Luiz. 2000. Curva de lactação na raça guzerá. *R. Bras. Zootec* 29: 1332 – 1339.

- Cobuci, J. A., R. F. Euclydes, R. L. Teodoro, R. S. Verneque, P. S. Lopes, and M. A. Silva. 2001. Genetic and environmental aspects of the lactation curve in guzerá breed cows. R. Bras. Zootec. 30: 1204 – 1211.
- Custodio, A. et al. 1983. Relationships between measures of feed efficiency and transmitting ability for milk of holstein cows¹. Journal of dairy science 66: 1937-1946.
- Dado, R., and M. Allen. 1995. Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. Journal of dairy science 78: 118-133.
- Detmann, E., P. R. Cecon, M. F. Paulino, J. T. Zervoudakis, S. C. Valadares Filho, and C. V. Araújo. 2001. Estimação de parâmetros da cinética de trânsito de partículas em bovinos sob pastejo por diferentes seqüências amostrais. R. Bras. Zootec. 30: 222 – 230.
- Dhanoa, M. 1981. A note on an alternative form of the lactation model of wood. Anim. Sci. 32: 349 – 351.
- Draper, N. R., and H. Smith. 1966. Applied regression analysis. John Wiley. New York.
- Ellis, W. C. 1978. Determinants of grazed forage intake and digestibility. J. Dairy Sci. 61: 1828 – 1840.
- Ferreira, J. J.; Amaral, R.; Ruas, J. M.; Marcatti Neto, A.; Menezes, A. C.; Barcelos, A. F.. Sistema EPAMIG de alimentação de vacas mestiças leiteiras. 2. ed. Belo Horizonte: EPAMIG, 2009. 47 p. (EPAMIG. Boletim Técnico, 91).
- Freeman, A. 1975. Genetic variation in nutrition of dairy cattle. p 19.
- Freitas Júnior, J. et al. 2008. Efeito da condição corporal ao parto sobre o desempenho produtivo de vacas mestiças holandês× zebu. R. Bras. Zootec 37: 116-121.

- Garnsworthy, P., and J. Topps. 1982. The effect of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets. *Animal Science* 35: 113-119.
- George, S.K., Dipu, M.T., Mehra, U.R., Singh, P., Verma, A.K., Ramgaokar, J.S., 2006. Improved hplc method for the simultaneous determination of allantoin, uric acid and creatinine in cattle urine. *J. Chromatogr. B* 832, 134-137.
- Glória, J. et al. 2010. Lactation curves of four genetic groups of holstein-zebu crossbred cows. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39: 2160-2165.
- Gonzalez, H.L., V. Fischer, M. E. R. Ribeiro, J. F. Gomes, W. Stumpf Jr., e M. A. Silva. 2004. Avaliação da qualidade do leite na bacia leiteira de pelotas, rs. Efeito dos meses do ano. *R. Bras. Zootec* 33: 1531-1543.
- Grieve, D., G. Macleod, T. Batra, E. Burnside, and J. Stone. 1976. Relationship of feed intake and ration digestibility to estimated transmitting ability, body weight, and efficiency in first lactation. *Journal of dairy science* 59: 1312-1318.
- Hall, M. B. 2001. Recent advances in non-carbohydrates for the nutrition of lactating cows. Page 139 in *Proc. Sinleite—simpósio internacional novos conceitos em nutrição.*, Lavras. Brazil.
- Hammond, A.C. 1997. Update on bun and mun as a guide for protein supplementation in cattle. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service Subtropical Agricultural Research Station Brooksville, Florida. Pp: 45-54.
- Hof, G., M.D. Vervoorn, P.J. Lenaers, e S. Tamminga. 1997. Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. *Journal of dairy science* 80: 3333-3340.
- Hoover, W.H., e S.R. Stokes. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. *Journal of dairy science* 74: 3630.

- Huntington, G., and S. Archibeque. 2000. Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. *Journal of Animal Science* 77.
- IDF – International Dairy Federation. 1996. Whole milk: Determination of milk fat, protein and lactose contents. Guide for the operation of mid-infra-red instruments. IDF Doc. No. 141B. Int. Dairy Fed., Brussels, Belgium.
- Jenkins, T. G., and C. L. Ferrell. 1984. A note on lactation curves of crossbred cows. *Anim. Prod.* 39: 479 – 472.
- Johnson, M. M., and J. P. Peters. 1993. Technical note: An improved method to quantify nonesterified fatty acids in bovine plasma. *J. Anim. Sci.* 71: 753 – 756.
- Jonker, J., R. Kohn, e R. Erdman. 1998. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. *Journal of dairy science* 81: 2681-2692.
- Kauffman, A.J., e N.R. St-Pierre. 2001. The relationship of milk urea nitrogen to urine nitrogen excretion in holstein and jersey cows¹. *Journal of dairy science* 84: 2284-2294.
- Kearney, J. F., M. M. Schutz, P. J. Boettcher, and K. A. Weigel. 2004. Genotype x environment interaction for grazing versus confinement, Production traits. *J. Dairy Sci.* 87: 501 – 509.
- Keown, J. F., R. W. Everett, N. B. Empet, and L. H. Wadell. 1986. Lactation curves. *J. of Dairy Sci.* 69: 769 – 781.
- Licitra, G., T. M. Hernandez, and P. J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Tech.* 57: 347 – 358.
- Llamas-Lamas, G., and D. Combs. 1991. Effect of forage to concentrate ratio and intake level on utilization of early vegetative alfalfa silage by dairy cows. *Journal of dairy science* 74: 526-536.
- Mackinnon, M., W. Thorpe, and R. Baker. 1996. Sources of genetic variation for milk production in a crossbred herd in the tropics. *Animal Science* 62: 5-16.

- Macciotta, N., D. Vicario, and A. Cappio-Borlino. 2005. Detection of different shapes of lactation curve for milk yield in dairy cattle by empirical mathematical models. *J. of Dairy Sci.* 88: 1178 – 1191.
- Madalena, F. E., M. L. Martinez, and A. F. Freitas. 1979. Lactation curves of holstein-friesian and holstein-friesian x Gir cows. *Anim. Prod.* 29: 101 – 107.
- Mertens, D. R. 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. *J. AOAC Int.* 85: 1217 – 1240.
- Miranda, J. E. C. e Freitas, A. F. 2009. Raças e tipos de cruzamentos para produção de leite. Juíz de Fora: Embrapa Gado de Leite, Circular Técnica, 98. 12p.
- Myers, W. D., P. A. Ludden, V. Nayigihugu, and B. W. Hess. 2004. Technical note: A procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. *J. Anim. Sci.* 82: 179 – 183.
- NRC. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington. DC.
- Palmquist, D.L., A.D. Beaulieu, e D.M. Barbano. 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition1. *Journal of dairy science* 76: 1753-1771.
- Persaud, P., G. Simm, and W. Hill. 1991. Genetic and phenotypic parameters for yield, food intake and efficiency of dairy cows fed ad libitum 1. Estimates for ‘total’lactation measures and their relationship with live-weight traits. *Animal Science* 52: 435-444.
- Regazzi, A. J. 1999. Teste para verificar a identidade de modelos de regressão e a igualdade de parâmetros no caso de dados de delineamentos experimentais. *Revista Ceres* 46: 383 – 410.

- Rennó, L. et al. 2000. Estimativa da produção de proteína microbiana pelos derivados de purinas na urina em novilhos. *Revista Brasileira de Zootecnia* 29: 1223-1234.
- Rennó, F. P., J. C. Pereira, A. D. F. Santos, N. G. Alves, C. A. A. Torres, L. N. Rennó, and P. Z. Balbinot. 2006. Efeito da condição corporal ao parto sobre a produção e composição do leite, a curva de lactação e a mobilização de reservas corporais em vacas da raça Holandesa. *Arq. Bras. Med* 58: 220 – 233.
- Rosado, M. L. 1991. Características reprodutivas, produtivas e biométricas de fêmeas Nelore e F1 europeu-Nelore. Msc. Diss. Universidade Federal de Viçosa., Viçosa. Brazil.
- Russell, J.B., J.D. O'connor, D.G. Fox, P.J. Van Soest, e C.J. Sniffen. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. *Journal of Animal Science* 70: 3551-3561.
- Saliba, E.O., 2005. Uso de indicadores: Passado, presente e futuro. *Proceedings of Conference of Markers on Animal Nutrition*. Belo Horizonte, Brazil. pp. 4-22.
- Santos, J., e F. Santos. 1998. Novas estratégias no manejo e alimentação de vacas pré-parto. p 165-214.
- Santos, F. A. P. 2006. Metabolismo de Proteína. In: Berchielli, T.T.; Pires,A.V.; Oliveira,S.G. *Nutrição de Ruminantes*, Jaboticabal,São Paulo.
- Sikka, L. 1950. A study of lactation as affected by heredity and environment. *J. Dairy Res.* 17: 231 – 252.
- Silvestre, A., F. Petim-Batista, and J. Colaco. 2006. The accuracy of seven mathematical functions in modeling dairy cattle lactation curves based on test-day records from varying sample schemes. *Journal of dairy science* 89: 1813-1821.
- Shanks, R. D., P. J. Berger, A. E. Freeman, and F. N. Dickinson. 1981. Genetic aspects of lactation curves1. *J. Dairy Sci.* 64: 1852 – 1860.

- Souza, G. S. 1998. Introdução aos modelos de regressão linear e não-linear. Embrapa-SPI, Brasília. Brazil.
- Tedeschi, L.O. 2006. Assessment of the adequacy of mathematical models. *Agric. Syst.* 89: 225 – 247.
- Trigg, T., and C. Parr. 1981. Aspects of energy metabolism of jersey cows differing in breeding index. *Proceedings of the New Zeland Society of Animal Production* 41.
- Vadiveloo, J., and W. Holmes. 1979. The prediction of the voluntary feed intake of dairy cows. *J. Agric. Sci.* 93: 553 – 562.
- Valadares, R.F.D., L.C. Gonçalves, e N.M. Rodriguez. 1997. Níveis de proteína em dietas de bovinos. 4. Concentrações de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. *Revista Brasileira de Zootecnia* 26: 1270-1278.
- Valadares Filho, S.C., e R.F.D. Valadares. 2001. Recentes avanços em proteína na nutrição de vacas leiteiras Simpósio internacional de bovinocultura leiteira, Simleite No. 2. p 228-243. Universidade Federal de Lavras.
- Valadares Filho, S. C. E Pina, D. S. 2006. Fermentação Ruminal. In: Berchielli, T.T.; Pires,A.V.; Oliveira,S.G. *Nutrição de Ruminantes*, Jaboticabal,São Paulo.
- Valadares Filho, S.C., Marcondes, M.I., 2009. Utilização de indicadores na avaliação do consumo de animais: Estado da arte. *Proceedings of 2nd International Symposium of Advances and Research Techniques on Ruminant Nutrition*. Pirassununga, Brazil. pp. 152-168.
- Van Soest, P. J., and R. Wine. 1967. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds, Iv. Determination of plant cell-wall constituents. *J. AOAC Int.* 50: 50 – 55.
- Van Soest, P. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell Univ Pr.

- Veerkamp, R. 1998. Selection for economic efficiency of dairy cattle using information on live weight and feed intake: A review¹. *Journal of dairy science* 81: 1109-1119.
- Verbic, J., X.B. Chen, N.A. MacLeod, e E.R. Ørskov. 2009. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. *The Journal of Agricultural Science* 114: 243-248.
- Vilela, D. 2002. Perspectivas para a produção de leite no brasil. Teixeira, J.C.; David, F.M.; Andrade, G.A.; Ítalo Neto, A.; Teixeiras, L.F.A.C. *Avanços em produção e manejo de bovinos leiteiros*. Lavras: UFLA: 225-262.
- Wilmink, J. 1987. Adjustment of test-day milk. fat and protein yield for age, season and stage of lactation. *Livest. Prod. Sci.* 16: 335 – 348.
- Wood, P. D. P. 1967. Algebraic model of the lactation curve in cattle. *Nature* 216: 164 – 165.
- Wood, P. D. P. 1976. Algebraic models of the lactation curves for milk, fat and protein production, with estimates of seasonal variation. *Anim. Prod.* 22: 35 – 40.
- Woodford, J., N. Jorgensen, and G. Barrington. 1986. Impact of dietary fiber and physical form on performance of lactating dairy cows¹. *Journal of dairy science* 69: 1035-1047.
- Yang, W., K. Beauchemin, and L. Rode. 2001. Effects of grain processing, forage to concentrate ratio, and forage particle size on rumen pH and digestion by dairy cows¹. *Journal of dairy science* 84: 2203-2216

Tabelas

Tabela 1 – Composição química das amostras de silagem de milho utilizadas ao longo dos períodos experimentais de 21 dias, composição química do concentrado, percentagem de concentrado em relação ao volumoso consumido, consumo de matéria seca, consumo de NDT e produção de leite média ao longo da lactação

matéria seca, consumo de NDT e produção de leite média ao longo da lactação												
Itens ¹	21	42	63	84	105	126	147	168	CONC			
MS	31,80	38,44	33,47	36,74	27,41	32,13	30,58	27,85	88,67			
MO	96,19	96,23	96,52	96,66	96,01	94,59	96,02	95,90	93,84			
PB	5,68	5,26	5,38	5,85	6,11	5,31	7,71	7,53	21,62			
FDNcp	46,87	50,67	47,64	51,28	48,77	57,05	47,01	48,77	10,58			
PIDN	2,45	2,45	2,57	1,97	1,25	2,83	3,45	2,50	50,06			
FDNi	8,85	12,02	11,94	12,52	10,74	9,76	11,05	10,23	1,33			
FDACP	26,54	28,62	27,77	28,47	30,54	32,91	27,43	27,42	2,63			
LIG	5,43	8,41	9,59	13,96	11,11	10,92	9,92	6,12	1,70			
CNFcp	42,27	38,52	42,21	37,85	38,94	30,59	39,40	37,67	65,93			
EE	1,37	1,77	1,28	1,68	2,77	1,63	1,90	1,93	2,04			
%Conc ²	33,02	30,08	23,98	24,10	21,22	21,25	18,51	19,97	--			
CMS	18,62	19,04	17,16	19,0	18,34	16,95	15,39	15,87	--			
CNDT	13,87	14,89	13,07	13,69	12,60	12,84	11,80	10,47	--			
Produção de Leite (kg)												
Itens ³	21	42	63	84	105	126	147	168	189	210	231	252
HGI	19,5	19,4	19,0	18,2	16,4	15,7	16,0	16,1	15,3	14,7	14,1	15,0
HGU	18,6	19,6	19,5	19,0	18,4	17,7	17,0	17,0	15,7	15,2	13,3	9,7
HNE	16,8	15,9	15,2	14,2	13,9	13,4	12,5	11,9	11,4	8,8	--	--

¹Percentuais com base na MS; MS – matéria seca %; MO – matéria orgânica %; PB – proteína bruta %; FDNcp – fibra em detergente neutro corrigida para cinzas proteínas %; PIDN – Proteína insolúvel em detergente neutro (%FDN); FDNi – fibra em detergente neutro indigestível %; FDAcp – fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína %; LIG – lignina %MS; CNFcp – carboidratos não-fibrosos corrigidos para cinzas e proteína %; EE extrato etéreo %;

²%Conc – Percentagem de concentrado consumido em relação ao volumoso ao longo dos períodos experimentais;

³HGI – Holandês x Nelore; HGU – Holandês x Guzerá; HNE – Holandês x Nelore

Tabela 2 – Efeito de diferentes grupos genéticos (valor – *P*) sobre os parâmetros de regressão linear múltipla para as diferentes variáveis em estudo, em função de dias de lactação de vacas F1 Holandês x Zebu em confinamento

Item ¹	Intercepto			Efeito linear			Efeito quadrático		
	HGI x	HGU x	HGI x	HGI x	HGU x	HGI x	HGI x	HGU x	HGI x
	HNE	HNE	HGU	HNE	HNE	HGU	HNE	HNE	HGU
Consumo de nutrientes									
CMS	0,872	0,735	0,616	0,450	0,764	0,693	0,705	0,987	0,709
CMS %PV	0,198	0,854	0,307	0,213	0,602	0,535	0,279	0,776	0,476
CMO	0,989	0,721	0,701	0,585	0,707	0,907	0,981	0,961	0,976
CMO%PV	0,161	0,798	0,291	0,364	0,566	0,804	0,519	0,732	0,812
CPB	0,832	0,965	0,877	0,466	0,651	0,836	0,944	0,948	0,997
CFDNcp	0,975	0,669	0,679	0,948	0,901	0,944	0,842	0,880	0,980
CFDNcp %PV	0,344	0,966	0,351	0,657	0,717	0,972	0,759	0,914	0,864
CEE	0,372	0,636	0,727	0,419	0,711	0,713	0,830	0,976	0,815
CCNF	0,802	0,837	0,655	0,443	0,634	0,850	0,877	0,860	0,965
CNDT	0,749	0,810	0,5832	0,848	0,783	0,912	0,714	0,943	0,789
Coeficientes de digestibilidade									
CDMS (kg)	0,763	0,744	0,956	0,847	0,719	0,843	0,301	0,453	0,867
CDPB (kg)	0,435	0,923	0,526	0,250	0,680	0,519	0,929	0,951	0,881
CDFDNcp	0,161	0,278	0,844	0,094	0,214	0,792	0,083	0,185	0,835
CDEE	0,254	0,614	0,582	0,555	0,532	0,917	0,507	0,725	0,318
CDMO	0,738	0,797	0,962	0,737	0,738	0,970	0,243	0,438	0,789
CDCNFcp	0,871	0,373	0,441	0,812	0,499	0,625	0,556	0,916	0,506
NDT (%)	0,768	0,826	0,961	0,644	0,760	0,911	0,118	0,389	0,585
Composição do leite									
Gordura	0,281	0,401	0,907	0,743	0,817	0,953	0,553	0,988	0,584
Proteína	0,128	0,944	0,122	0,512	0,726	0,314	0,778	0,736	0,524
Lactose	0,954	0,946	0,985	0,393	0,801	0,277	0,432	0,821	0,320
Sólidos	0,775	0,526	0,673	0,933	0,887	0,940	0,683	0,970	0,668
ESD	0,145	0,951	0,141	0,778	0,948	0,735	0,937	0,952	0,992
Eficiência metabólica									
NEFA	0,228	0,457	0,727	0,855	0,774	0,626	0,777	0,681	0,471
BN	0,387	0,394	0,981	0,490	0,645	0,855	0,629	0,800	0,742
EUU	0,443	0,225	0,619	0,465	0,367	0,782	0,624	0,500	0,841
NUP	0,062	0,936	0,757	0,334	0,770	0,993	0,747	0,642	0,759
NUL	0,815	0,343	0,275	0,793	0,641	0,191	0,258	0,514	0,364
NM	0,144	0,162	0,805	0,225	0,278	0,928	0,660	0,522	0,801
EF	0,559	0,109	0,996	0,235	0,251	0,952	0,468	0,405	0,750

¹CMS – consumo de matéria seca em kg; CMS%PV - consumo de matéria seca em percentagem do peso vivo; CPB – consumo de proteína bruta em kg; CFDNcp – consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína em kg, CFDNcp%PV - consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína em percentagem do peso vivo; CEE – consumo de extrato etéreo em kg; CMO – consumo de matéria orgânica em kg; CMO%PV – consumo de matéria orgânica em percentagem do peso vivo; CCNF – consumo de carboidratos não-fibrosos em kg; CNDT – consumo de nutrientes digestíveis totais em kg; CDMS – coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CDPB – coeficiente de digestibilidade da proteína bruta; CDFDNcp – coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CDEE – coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo; CDCNF – coeficiente de digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos; CDMO – coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica; NDT – teores de nutrientes digestíveis totais; ESD – extrato seco desengordurado; BN – balanço de nitrogênio; EUU – excreção de uréia na urina em mg/dia; NUP – nitrogênio uréico no plasma em mg/dL; NUL – nitrogênio uréico no leite em mg/dL; NM – nitrogênio microbiano g/dia; EF – eficiência microbiana em g PB/ kg NDT; BN – balanço de nitrogênio (g/dia); Excreção uréica na urina (mg/kgPC); NUL – nitrogênio uréico no leite (mg/dL); NUP – nitrogênio uréico no plasma (mg/dL); NM – nitrogênio microbiano (g/dia) e EF – eficiência microbiana (gPB/kg NDT); HGI – F1 Holandês x Gir; HGU – F1 Holandês x guzerá; HNE – F1 Holandês x Nelore;

Tabela 3 – Médias e coeficiente de variação de diferentes variáveis obtidas de vacas F1 Holandês x Zebu de diferentes grupos genéticos em sistema de confinamento

	Grupos genéticos			%CV
	HGI	HGU	HNE	
Consumo de nutrientes				
CMS	17,56	15,81	15,01	15,37
CMS %PV	3,38	2,87	2,42	16,04
CMO	16,06	14,80	13,94	14,76
CMO%PV	3,09	2,64	2,26	15,17
CPB	2,00	1,93	1,71	13,76
CFDNcp	6,81	6,49	6,42	18,10
CFDNcp %PV	1,31	1,16	1,03	18,74
CEE	0,31	0,30	0,29	14,85
CCNF	7,54	6,70	6,09	16,38
CNDT	12,75	11,66	10,79	16,66
Coeficientes de digestibilidade				
CDMS (kg)	71,61	70,01	68,36	4,65
CDPB (kg)	73,06	70,67	67,35	5,57
CDFDNcp	61,68	62,19	61,69	8,54
CDEE	81,21	76,09	71,80	14,80
CDMO	73,13	71,90	70,24	4,38
CDCNFcp	85,43	84,18	82,81	3,58
NDT	75,09	73,70	71,60	4,38
Composição do leite				
Gordura	4,37	3,99	3,75	16,00
Proteína	3,35	3,39	3,35	5,99
Lactose	4,48	4,67	4,54	4,06
Sólidos	13,20	13,03	12,59	6,44
ESD	8,82	9,03	8,84	3,54
Eficiência metabólica				
NEFA, µeq/L	331,5	315,9	206,0	51,69
BN	8,31	13,21	6,35	413,48
EUU	151,11	120,02	129,30	57,20
NUP	11,50	10,06	10,59	27,57
NUL	12,24	12,85	11,43	22,42
NM	237,99	233,07	234,82	51,14
EF	117,61	118,16	122,78	56,60

HGI – F1 Holandês x Gir; HGU – F1 Holandês x guzerá; HNE – F1 Holandês x Nelore; CMS – consumo de matéria seca em kg; CMS%PV – consumo de matéria seca em percentagem do peso vivo; CPB – consumo de proteína bruta em kg; CFDNcp – consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína em kg; CFDNcp%PV – consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína em percentagem do peso vivo; CEE – consumo de extrato etéreo em kg; CMO – consumo de matéria orgânica em kg; CMO%PV – consumo de matéria orgânica em percentagem do peso vivo; CCNF – consumo de carboidratos não-fibrosos em kg; CNDT – consumo de nutrientes digestíveis totais em kg; CDMS – coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CDPB – coeficiente de digestibilidade da proteína bruta; CDFDNcp – coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CDEE – coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo; CDCNF – coeficiente de digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos; CDMO – coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica; NDT – teores de nutrientes digestíveis totais; ESD – extrato seco desengordurado; BN – balanço de nitrogênio; EUU – excreção de uréia na urina em mg/dia; NUP – nitrogênio uréico no plasma em mg/dL; NUL – nitrogênio uréico no leite em mg/dL; NM – nitrogênio microbiano g/dia; EF – eficiência microbiana em g PB/ kg NDT; BN – balanço de nitrogênio (g/dia); Excreção uréia na urina (mg/kgPC); NUL – nitrogênio uréico no leite (mg/dL); NUP – nitrogênio uréico no plasma (mg/dL); NM – nitrogênio microbiano (g/dia) e EF – eficiência microbiana (gPB/kg NDT)

Tabela 4 – Parâmetros de regressão linear múltipla, ponto crítico da função e resposta estimada das variáveis significativas ($P < 0,05$) em função de dias de lactação de vacas F1 Holandês x Zebu em confinamento

	Parâmetros da regressão			sxy	R ²	Ponto crítico	
	Intercepto	t	t ²			Posição (dias)	Resposta estimada
CMS	17,5079	0,0382	-0,000347	2,72	0,4696	54,89	18,56
CMS %PV	3,1596	0,00653	-0,000061	6,19	0,3577	53,26	3,33
CMO	17,2345	0,0184	-0,000269	2,39	0,5383	34,20	17,55
CFDNcp	6,3175	0,0220	-0,000139	1,18	0,2552	79,14	7,19
CFDNcp %PV	1,1453	0,00366	-0,000024	2,44	0,2050	76,57	1,28
CEE	0,3070	0,00064	-0,0000049	0,046	0,3003	65,57	0,33
CNDT	14,0424	0,0094	-0,000206	2,14	0,5228	22,82	14,15
CDMS	73,5700	0,00133	-0,000205	3,64	0,3723	3,24	73,57
CDEE	77,1719	0,2640	-0,00189	13,07	0,4142	69,84	86,39
CDMO	74,7142	0,0024	-0,000194	3,48	0,3325	6,19	74,72
NDT	76,7221	0,0058	-0,000237	3,75	0,3638	12,24	76,76
Gordura	3,8973	0,0078	-0,000044	0,75	0,0581	88,64	4,24
NM	233,437	0,8434	-0,00703	51,14	0,2772	59,96	258,73

CMS – consumo de matéria seca em kg; CMS%PV - consumo de matéria seca em percentagem do peso vivo; CFDNcp – consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína em kg, CFDNcp%PV - consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína em percentagem do peso vivo; CEE – consumo de extrato etéreo em kg; CMO – consumo de matéria orgânica em kg; CNDT – consumo de nutrientes digestíveis totais em kg; CDMS – coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CDEE – coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo; CDMO – coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica; NDT – teores de nutrientes digestíveis totais; NM – nitrogênio microbiano (g/dia)

Tabela 5 – Estimativa dos parâmetros de diferentes modelos utilizados no ajuste de curvas de lactação, avaliação do melhor ajuste, estimativa dos parâmetros para o modelo Jenkins & Ferrell (1984) com parâmetro de ajustamento e estatística descritiva dos dados observados em vacas F1 Holandês x Zebu em confinamento

Parâmetro	Modelo ¹		
	JF	JFA	WD
a	0,6017 ± 0,0081	14,5684 ± 0,1264	17,4475 ± 0,4677
b	-	0,4431 ± 0,0299	0,0283 ± 0,00898
c	0,0112 ± 0,0001	0,0365 ± 0,0017	0,00193 ± 0,00015
DPA ²	4,94	3,81	3,81
	JF	JFA	WD
Regressão			
Intercepto	12,263 ± 0,337	0,050 ± 0,63	0,130 ± 0,627
Inclinação	0,251 ± 0,021	0,997 ± 0,039	0,992 ± 0,038
r	0,214	0,426	0,427
sxy	4,11	3,80	3,81
Valor-P	<0,001	0,994	0,976
QMEP ³	24,357	14,475	14,474
Vício médio%	1,3	0,0	0,0
Erro sistemático%	29,4	0,0	0,0
Erro aleatório%	69,3	100,0	100,0

Parâmetro	Modelo Jenkins & Ferrell (1984) com parâmetro de ajustamento ⁴		
	HGI	HGU	HNE
a	19,0764 ± 0,668	15,6232 ± 0,726	15,4665 ± 0,743
b	0,0166 ± 0,0115	0,0936 ± 0,0154	0,0401 ± 0,0170
c	0,00181 ± 0,00018	0,00274 ± 0,00033	0,00305 ± 0,00032
DPA*	13,77	13,57	14,51

	Estatística descritiva							
	média	mediana	Moda	Máximo	Mínimo	DP	CV	n
Dias em lactação	107,0	106,0	146,0	240,0	1,0	129,5	52,1	2994
Produção de leite	16,1	16,0	17,0	28,5	4,0	4,2	25,9	2994

¹Jenkins & Ferrell (1984): $Y = ate^{-ct}$; Jenkins & Ferrell (1984) com um parâmetro de ajustamento : $Y = a + bte^{-ct}$; Wood (1967): $Y = at^be^{-ct}$;

²DPA – desvio-padrão assintótico;

³Quadrado médio do erro de predição;

⁴HGI – F1 Holandês x Gir; HGU – F1 Holandês x Guzerá; HNE – F1 Holandês x Nelore

Tabela 6 – Estimativa dos parâmetros de diferentes modelos utilizados no ajuste de curvas de variação de peso corporal, avaliação do melhor ajuste, estimativa dos parâmetros para o modelo Jenkins & Ferrell (1984) com parâmetro de ajustamento e estatística descritiva dos dados observados em vacas F1 Holandês x Zebu em confinamento

Parâmetro	Modelo ¹							
	JF	JFA	WD					
a	15,6913 ± 0,4334	511,1 ± 13,5354	474,6 ± 24,5962					
b	-	1,7925 ± 0,4503	0,0585 ± 0,0149					
c	0,0088 ± 0,0001	0,0105 ± 0,0011	0,0008 ± 0,0001					
DPA ²	124,48	59,98	58,93					
	JF	JFA	WD					
Regressão								
Intercepto	535.5384 ± 12.92	228.999 ± 129.444	321.2055 ± 106.791					
Inclinação	0.04795 ± 0.0234	0.59276 ± 0.23080	0.42819 ± 0.19033					
r	0.09942	0.12449	0.10925					
sxy	55.2693	55.1123	55.2120					
Valor-P	<0,001	0,2061	0,0113					
QMEP ³	15507.516	3045.821	3099.465					
Vício médio%	3.22	0,014	0.007					
Erro sistemático%	77.17	0.737	2.109					
Erro aleatório%	19.60	99.24	97.88					
	Modelo Jenkins & Ferrell (1984) com parâmetro de ajustamento ⁴							
Parâmetro	Holandês x Zebu							
a	511,1 ± 13,5354							
b	1,7925 ± 0,4503							
c	0,0105 ± 0,00109							
DPA*	3185,22	2719,43	2777,15					
	Estatística descritiva							
	média	mediana	Moda	Máximo	Mínimo	DP	CV	n
Dias em lactação	131,6	131,0	165,0	279,0	1,0	70,4	53,5	421
Peso corporal	561,4	566,0	566,0	693,0	423,0	55,4	9,8	421

¹Jenkins & Ferrell (1984): $Y=ate^{-ct}$; Jenkins & Ferrell (1984) com um parâmetro de ajustamento : $Y=a+bte^{-ct}$; Wood (1967): $Y=at^be^{-ct}$;

²DPA – desvio-padrão assintótico;

³Quadrado médio do erro de predição;

⁴HGI – F1 Holandês x Gir; HGU – F1 Holandês x Guzerá; HNE – F1 Holandês x Nelore

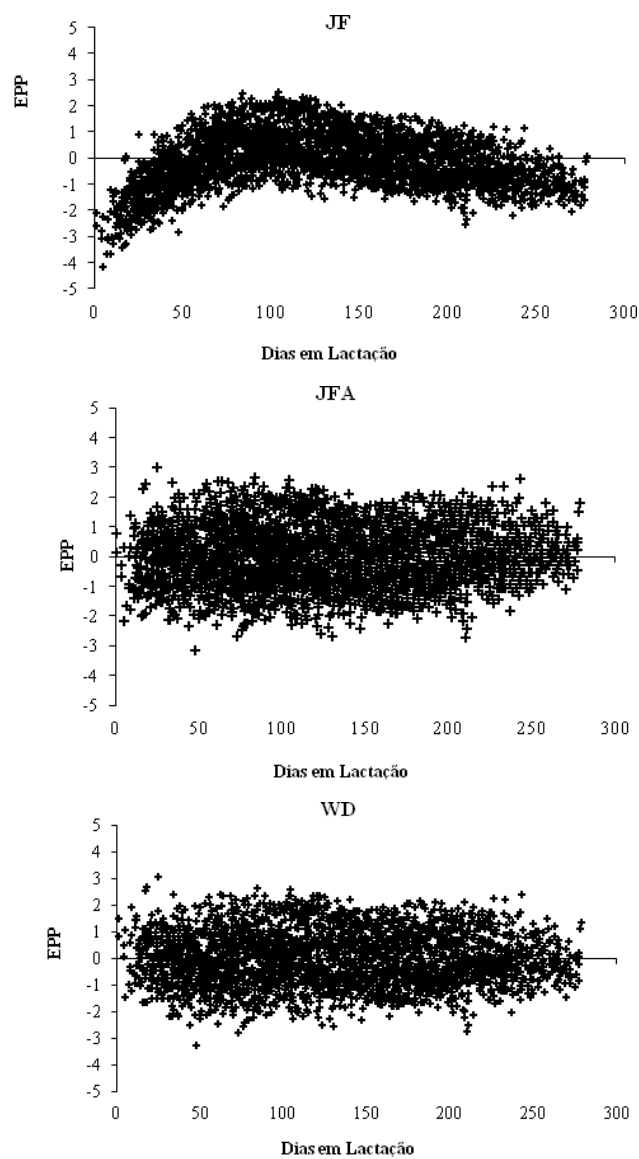


Figura 5 – Erros de predição padronizados para os modelos Jenkins & Ferrell (1984): $Y = ate^{-ct}$ (JF); Jenkins & Ferrell (1984) com um parâmetro de ajustamento : $Y = a + bte^{-ct}$ (JFA) e Wood (1967): $Y = at^be^{-ct}$ (WD) para ajuste de curvas de lactação em função dos dias de lactação de vacas F1 Holandês x Zebu

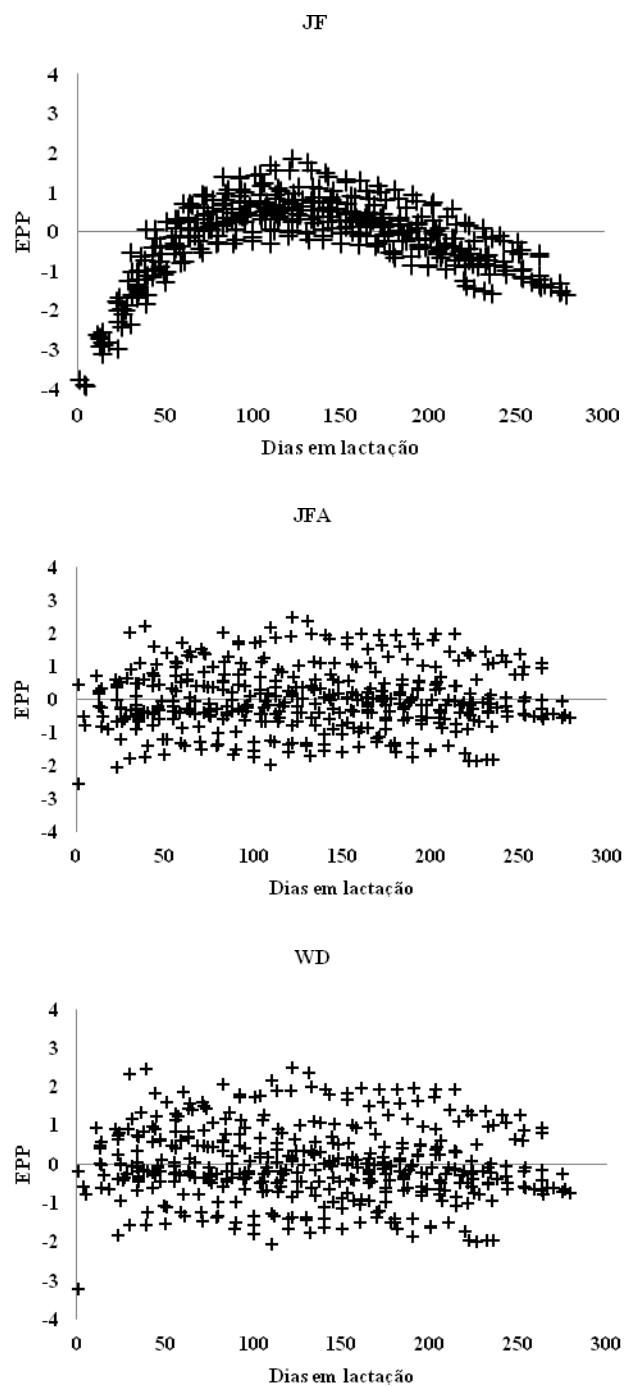


Figura 6 - Erros de predição padronizados para os modelos Jenkins & Ferrell (1984): $Y = ate^{-ct}$ (JF); Jenkins & Ferrell (1984) com um parâmetro de ajustamento : $Y = a + bte^{-ct}$ (JFA) e Wood (1967): $Y = at^be^{-ct}$ (WD) para ajuste de curvas de variação de peso corporal em função dos dias de lactação de vacas F1 Holandês x Zebu

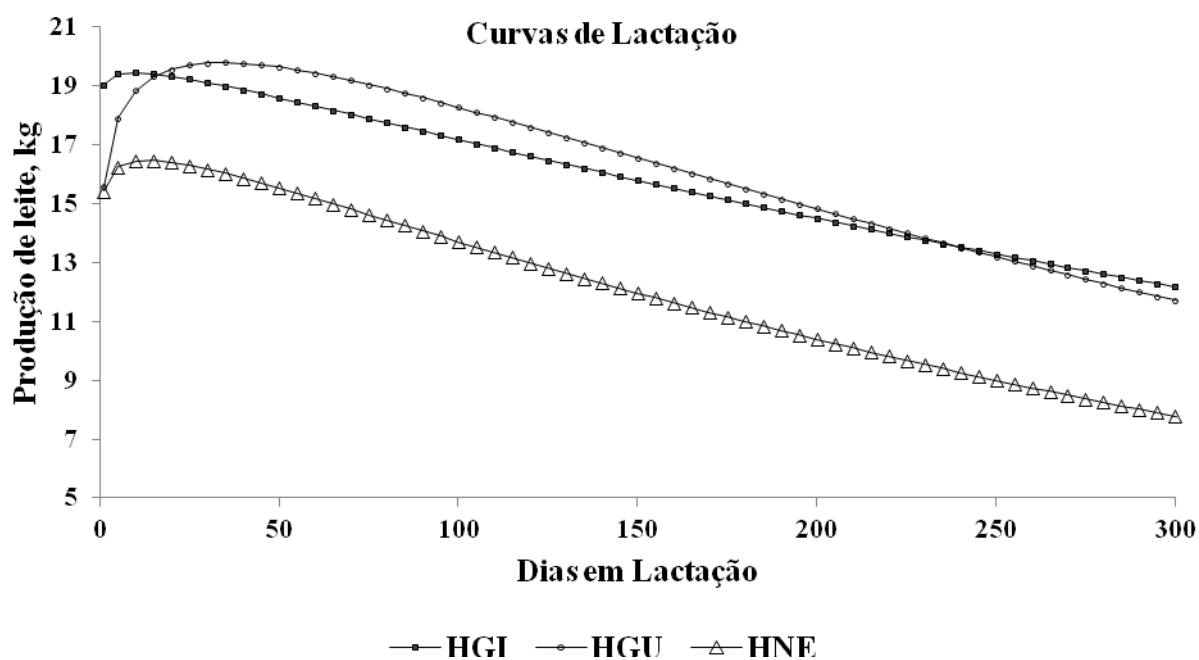


Figura 7 – Curvas de lactação de vacas mestiças F1 Holandês x Gir (HGI), Holandês x Guzerá (HGU) e Holandês x Nelore (HNE) ajustadas pelo modelo Wood (1967)

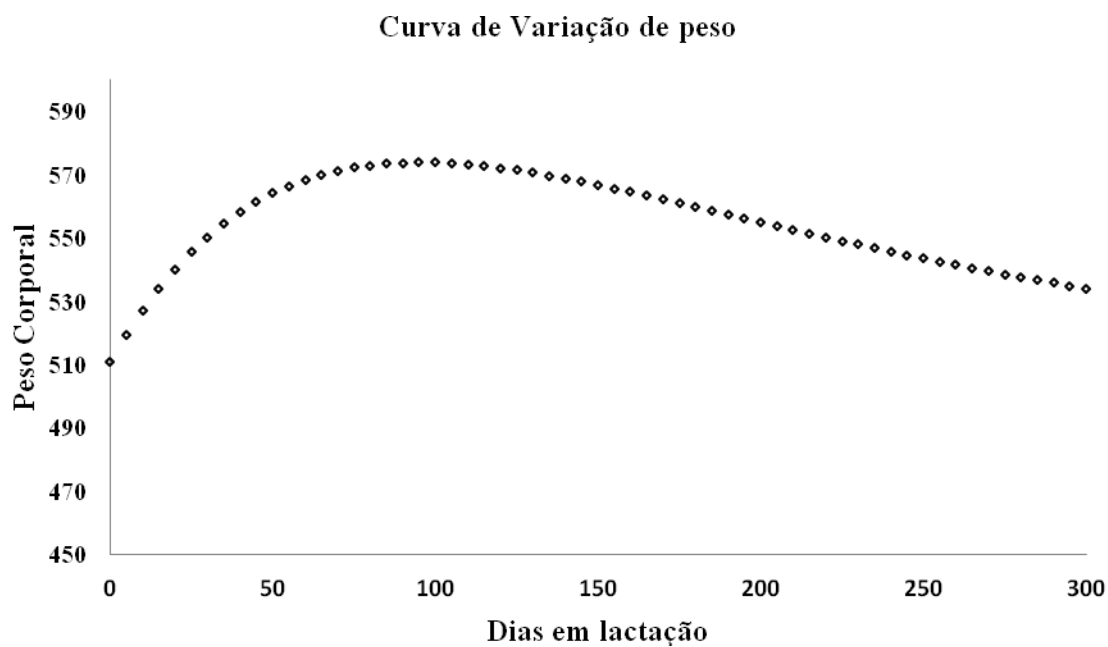


Figura 8 – Curva de variação de peso corporal de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu obtida pelo modelo Jenkins & Ferrell (1984) com um parâmetro de ajustamento em função dos dias em lactação ($Y = 511 + 1,7925te^{-0,0105t}$)

Conclusões Gerais

A silagem de cana-de-açúcar proporciona baixo consumo, baixa digestibilidade e alta mobilização de reservas corporais de vacas F1 Holandês x Gir. Esta mobilização mantém a produção de leite similar àquela proporcionada pela cana-de-açúcar *in natura*. As silagens de milho e de sorgo proporcionam desempenho satisfatório, mesmo com a maior relação entre volumoso e concentrado, sendo o consumo destes volumosos suficiente para atingir as exigências nutricionais das vacas, manter a condição corporal e os indicadores metabólicos dentro da normalidade.

Para vacas Leiteiras F1 Holandês x Zebu em pastejo, dentre os modelos matemáticos avaliados, o de Wood (1967) apresenta melhor ajuste aos dados de produção de leite. A partir deste modelo, são recomendadas três equações para estimar a produção de leite de vacas $HGI = 17.2667 * t^{0.0652} e^{-0.00424t}$, $HGU = 18.1470 * t^{0.0332} e^{-0.00408t}$ e $HN = 14.2836 * t^{0.1059} e^{-0.00552t}$. Utilizando-se estes modelos, o primeiro grupo apresenta maior produção acumulada aos 305 dias. O pico de consumo de matéria seca, estimado pela equação do NRC (2001) reparametrizada $CMS(kg/dia) = (0.6089 * LCG + 0.0244 * PC^{0.75}) + (1 - e^{(-0.2919 * (SL + 5.5772)}))$, ocorre durante a sexta semana de lactação, quando ocorre estabilização do consumo de matéria seca de pasto. Mesmo assim as vacas passam por uma fase de balanço energético negativo durante a sétima semana em função das características da pastagem tropical. As equações obtidas para a variação de peso de vacas mestiças F1 Holandês x Zebu durante a lactação apresentam diferentes interceptos para cada um dos grupos, sendo $HGI = 657.42 + 3.6957 * t - 32.4659 * t^{1/2} - 0.1352 * t^{3/2}$; $HGU = 664.73 + 3.6957 * t - 32.4659 * t^{1/2} - 0.1352 * t^{3/2}$; $HNE = 607.70 + 3.6957 * t - 32.4659 * t^{1/2} - 0.1352 * t^{3/2}$. A utilização de diferentes grupos genéticos de vacas Holandês x Zebu sob pastagens tropicais não promove alteração sobre o consumo, a digestibilidade dos nutrientes e a eficiência de utilização dos compostos nitrogenados. No entanto estas variáveis sofrem alteração em função

do período de lactação, apresentando em geral comportamento quadrático para os três grupos genéticos estudados.

Para vacas Leiteiras F1 Holandês x Zebu em confinamento, dentre os modelos matemáticos avaliados, o de Wood (1967) apresenta melhor ajuste aos dados de produção de leite. A partir deste modelo, são recomendadas as seguintes equações para estimar a produção de leite: $HGI = 19,0764 * t^{0,0166} * e^{-0,00181 * t}$, $HGU = 15,6232 * t^{0,0936} * e^{-0,00274 * t}$ e $HNE = 15,4655 * t^{0,0401} * e^{-0,00305 * t}$. O grupo HGU apresenta maior produção acumulada aos 305 dias (4946,81 kg), seguido pelo grupo HGI (4821,78 kg) e pelo grupo HNE (3674,98 kg). O consumo de MS e demais nutrientes, assim como a digestibilidade dos nutrientes não apresentam diferenças entre grupos genéticos, e de uma forma geral apresentam comportamentos quadráticos. Estimou-se consumo máximo de MS de 18,56 kg aos 54,89 dias, de MO de 15,55 kg aos 34,20 dias e de FDNcp de 7,94 kg aos 79,14 dias. A composição do leite não se altera de acordo com os grupos genéticos, porém o teor de gordura atingiu ponto máximo de 4,24 % aos 88,64 dias. A variação de peso também foi similar para os três grupos genéticos, que apresentaram valor máximo aos 95 dias, conforme a equação: $HZE = 511,1 + 1,7925 * t * e^{-0,0105 * t}$, obtida através da parametrização do modelo Jenkins e Ferrell (1984) com um parâmetro de ajustamento.