

**VANILDO RIBEIRO PAIVA**

**NÍVEIS DE PROTEÍNA BRUTA EM DIETAS PARA VACAS LEITEIRAS DA RAÇA  
HOLANDESA EM CONFINAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2009

**VANILDO RIBEIRO PAIVA**

**NÍVEIS DE PROTEÍNA BRUTA EM DIETAS PARA VACAS LEITEIRAS DA  
RAÇA HOLANDESA EM CONFINAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 18 de fevereiro de 2009.

---

Prof. Augusto César de Queiroz

---

Prof<sup>a</sup>. Maria Ignez Leão  
(Co-orientadora)

---

Prof. Maurício de Souza Campos

---

Prof. André Soares de Oliveira

---

Prof. Rogério de Paula Lana  
(Orientador)

**Esta conquista não é só mérito meu, mas também de pessoas que estão sempre do meu lado, apoiando nas horas mais difíceis.**

**Aos meus avós paternos João e Maria (*In Memoriam*),**

**Aos meus avós maternos Antônio e Carmelita (*In Memoriam*),**

**Aos meus pais João e Maria do Rosário,**

**Aos meus irmãos José Carlos, Ângela, Denise e João Bosco,**

**E a todos que me ajudaram**

**Dedico este trabalho**

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me iluminar neste período.

Ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade e pelo apoio na realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor Rogério de Paula Lana, pela amizade, pelos ensinamentos e valiosa orientação durante a realização do curso.

Ao Doutor Rafael Monteiro de Araújo, pela amizade e importantes sugestões durante a condução do experimento.

Ao professor André Soares de Oliveira, pela amizade e pelas importantes sugestões feitas durante a condução deste trabalho.

À professora Maria Ignez Leão, pelas sugestões, pela contribuição e pela amizade.

Ao professor Edenio Detmann, pelas sugestões.

A Celeste, secretária da Pós-Graduação, pela paciência em nos atender, pela dedicação e competência com a qual exerce sua função.

Aos estagiários Diogo, Douglas, Hugo, Paulo Vitor, Poliana, Expedito, Tiago e Henrique pelo empenho e dedicação durante o experimento.

Aos Funcionários do estábulo, fábrica de ração e do laboratório de nutrição de ruminantes pelo auxílio na condução deste trabalho.

Aos amigos do futebol Abelardo, Rodrigo (Coxa) e Mário (Rufião) pelas brincadeiras e descontrações.

Aos colegas Henrique Machado, Tiago, Daniel, Ana Lúcia, e vários outros pela ótima convivência neste período.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Zootecnia, pelos preciosos ensinamentos, apoio, convívio e amizade.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

VANILDO RIBEIRO PAIVA, filho de João Ferreira de Paiva Filho e Maria do Rosário Ribeiro de Paiva, nasceu em Porto Firme, estado de Minas Gerais, em 15 de maio de 1981.

Em 2002, ingressou na Universidade Federal de Viçosa - UFV, onde obteve o título de Zootecnista, colando grau em 16 de março de 2007.

Em 26 de março de 2007, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa - UFV, concentrando seus estudos na área de Nutrição e produção de Ruminantes, defendendo a dissertação em 18 de fevereiro de 2009.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
INTRODUÇÃO.....	6
MATERIAL E MÉTODOS.....	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
CONCLUSÃO.....	31
LITERATURA CITADA.....	32
ANEXO.....	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Composição em ingredientes das dietas experimentais (%MS).	9
2	Composição nutricional dos concentrados e da silagem de milho.	9
3	Composição nutricional e nutrientes digestíveis totais das dietas experimentais.	10
4	Consumo de nutrientes e de nutrientes digestíveis totais para as dietas experimentais.	15
5	Valores observados e os estimados de consumo (kg/dia) de matéria seca, nutrientes digestíveis totais e proteína bruta.	17
6	Digestibilidade aparentes dos nutrientes e dos nutrientes digestíveis totais para as dietas experimentais.	18
7	Produções de leite e de leite corrigido para 3,5% de gordura, eficiência de utilização da matéria seca ingerida (kg de leite/kg matéria seca ingerida) e do nitrogênio (kg N no leite/kg N ingerido), porcentagem no leite e produção diária de proteína bruta, gordura, lactose, extrato seco total e extrato seco desengordurado para as diferentes dietas experimentais.	20
8	Excreções urinárias de alantoína, ácido úrico, purinas totais, purinas absorvidas, estimativas da síntese diária de compostos nitrogenados microbianos, proteína bruta microbiana e eficiência microbiana obtidas para as diferentes dietas experimentais.	23

- 9 Volume urinário, excreções urinárias de uréia, concentração de nitrogênio uréico no leite (NUL) e no plasma (NUP), e relação NUL/NUP obtidos para as diferentes dietas experimentais. 25
- 10 Consumos de compostos nitrogenados totais (NT), excreção de compostos nitrogenados nas fezes, na urina e no leite, balanço de nitrogênio e médias das excreções ou secreções de nitrogênio em relação ao NT obtidas para as diferentes dietas experimentais. 27
- 11 Custo com alimentação e saldo por litro e por vaca, com e sem variação de peso vivo para as dietas experimentais. 29

## RESUMO

PAIVA, Vanildo Ribeiro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2009. **Níveis de Proteína Bruta em Dietas para Vacas Leiteiras da Raça Holandesa em Confinamento**. Orientador: Rogério de Paula Lana. Co-orientadores: Maria Ignez Leão e Edenio Detmann

Avaliou-se o efeito de dietas com níveis de proteína bruta - PB (10, 12, 14 e 16% na matéria seca - MS) sobre o desempenho produtivo e eficiência de utilização dos nutrientes em vacas em lactação. Doze vacas da raça Holandesas com peso corporal (PC) médio de 570 kg, produção de leite (PL) de 13 kg/dia foram distribuídas em três quadrados latinos (4x4). O volumoso utilizado foi a silagem de milho e a relação volumoso:concentrado foi de 75:25. Houve aumento ( $P<0,05$ ) linear para o consumo de todos os componentes da dieta, exceto para o consumo de carboidratos totais e carboidratos não fibrosos, que reduziram ( $P<0,05$ ) linearmente com os acréscimos de PB na dieta. O consumo dos nutrientes digestíveis totais (NDT) apresentou comportamento quadrático ( $P<0,05$ ) ao aumento da PB, sendo estimado o valor máximo de 10,13 kg/dia na dose de 15,62% de PB na dieta. As digestibilidades da PB, extrato etéreo, fibra em detergente neutro sem e corrigido para cinzas e proteína aumentaram ( $P<0,05$ ) linearmente com os acréscimos de PB. Já os valores de digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, CNF e NDT apresentaram efeito quadrático ( $P<0,05$ ) com os acréscimos de PB, estimando-se ponto de máximo de 65,09, 67,23, 78,35 e 67,92 nas doses de 15,39, 15,22, 12,62 e 15,68% de PB, respectivamente. A PL, sem e com correção para 3,5% de gordura (PLG), a variação de peso corporal e a composição do leite aumentaram linearmente ( $P<0,05$ ) em função dos aumentos de PB, exceto para lactose que não apresentou efeito. A eficiência de utilização de compostos nitrogenados no leite (kg de N no leite/kg de N ingerido), apresentou efeito quadrático ( $P<0,05$ ) estimando o valor mínimo de 0,21 no nível de 15,57% de PB. As excreções de derivados de purina na urina e produção de proteína microbiana, volume urinário e concentração de uréia no leite e no plasma sanguíneo aumentaram ( $P<0,05$ ) linearmente com os aumentos de PB. No entanto, a excreção de nitrogênio uréico na urina apresentou efeito quadrático ( $P<0,05$ ), estimando valor mínimo de 16,27 g/dia no nível 9,08% de PB. O balanço de nitrogênio aumentou ( $P<0,05$ ) linearmente com o nível de PB, estimando-se BN nulo no nível de 11,59% de PB. O nível de 14% de PB na dieta é o mais indicado para alimentação de vacas com produção média de 13kg/dia de leite.

## ABSTRACT

PAIVA, Vanildo Ribeiro, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2009. **Levels of Crude Protein in Diets for Dairy Holstein Cows in Tie Stall.** Adviser: Rogério de Paula Lana. Co-advisers: Maria Ignez Leão and Edenio Detmann.

It was evaluated the effect of diets with levels crude protein - CP (10, 12, 14 and 16% in dry matter - DM) on the performance and efficiency of utilization of nutrients in dairy cows. Twelve Holstein cows with average body weight (BW) of 570 kg, milk production (MP) of 13 kg/day were distributed in three 4x4 Latin squares. The feed consisted of 75% of corn silage and 25% of concentrate. Increased ( $P < 0.05$ ) linear in the intake of all components of the diet, except for total carbohydrates and non-fibrous carbohydrates (NFC), which decreased ( $P < 0.05$ ) linearly with the increase CP in the diet. The intake of total digestible nutrients (TDN) presented quadratic effect ( $P < 0.05$ ) with increase of CP, and estimated the maximum value of 10.13 kg / day at level of 15.62% of CP in the diet. The digestibility of CP, ether extract, neutral detergent fiber without and corrected for ash and protein increased ( $P < 0.05$ ) linearly with increases of CP. But the values for digestibility of dry matter, organic matter, NFC and TDN showed quadratic effect ( $P < 0.05$ ) with increases of CP, with an estimated point of maximum of 65.09, 67.23, 78.35 and 67.92 at levels of 15.39, 15.22, 12.62 and 15.68% CP, respectively. The MP, without and with correction to 3.5% fat (MPC), body weight variation and composition of the milk increased linearly ( $P < 0.05$ ) as function of the levels of CP, except for lactose which had no effect. The efficiency of nitrogen compounds in milk (kg milk N/kg N intake) presented quadratic effect ( $P < 0.05$ ) estimated the minimum value of 0.21 at the level of 15.57% CP. The excretions of purine derivatives in urine and protein production, urine volume and concentration of urea in milk and blood plasma increased ( $P < 0.05$ ) linearly with increase the CP. However, the excretion of urea nitrogen in urine showed a quadratic effect ( $P < 0.05$ ), estimated minimum value of 16.27 at the level of 9.08% CP. The balance of nitrogen increased ( $P < 0.05$ ) linearly with the level of CP, BN is estimated to be zero in the level of 11.59% CP. The level of 14% CP in the diet is more suitable for feeding to cows with average production of 13kg/dia milk.

## INTRODUÇÃO GERAL

Em sistema de produção de leite, caracterizado pela redução das margens de lucro em detrimento do aumento dos custos, deve-se considerar as despesas com alimentação que representam de 30 a 50% dos gastos variáveis da atividade leiteira.

O consumo de matéria seca determina a quantidade de nutrientes disponíveis para manutenção e para a produção de leite (NRC, 2001). A otimização do consumo de matéria seca pelas vacas de leite tem sido um dos objetivos do pecuarista para aumentar a disponibilidade de nutrientes para o animal e assim possibilitar que esse expresse maior produção. O consumo de matéria seca pelo animal está relacionado principalmente com a qualidade do volumoso fornecido, fragilidade e tamanho de partículas e relação volumoso:concentrado, sendo este, o principal meio utilizado para aumentar o consumo de matéria seca. No entanto, o NRC (2001) considera que o aumento no consumo reduz a digestibilidade dos nutrientes, devido ao menor tempo de exposição do alimento com a microbiota ruminal e as enzimas digestivas.

Na ingestão de alimentos, os fatores físicos e fisiológicos são reguladores e são alterados pelo aumento da digestibilidade da matéria seca da dieta, sendo que, o consumo é praticamente determinado pelos fatores físicos em dietas cuja digestibilidade da matéria seca seja menor que 66%, e pelos fatores fisiológicos, quando a digestibilidade for maior que 66% (Conrad et al., 1964, citados pelo NRC, 1989).

Outro fator que afeta o consumo pelos animais é a deficiência de nitrogênio ruminal, na forma de amônia, aminoácidos ou peptídeos. Ocorre limitação do crescimento da microbiota ruminal quando o suprimento de nitrogênio, de origem alimentar e endógena, não atende seus requerimentos (Sniffen et al., 1993). O menor crescimento microbiano resulta em diminuição na digestão da parede celular (Wilson & Kennedy, 1996). Há uma correlação

relativamente alta entre o teor de proteína na dieta e a concentração de amônia ruminal. No entanto, a relação entre a concentração de amônia ruminal e o fluxo de proteína microbiana para o intestino é baixa, quando a concentração ruminal de amônia varia de 2 a 30 mg/dL. Assim, estes dados estão de acordo com os valores de 2 a 5 mg/dL considerados como adequados para maximizar a síntese de proteína microbiana (Satter & Slyter, 1974, citados por Berchielli et al., 2006).

No metabolismo do nitrogênio, a amônia ruminal, proveniente da degradação da proteína dietética, endógena e da reciclagem através da saliva e parede do rúmen, é utilizada pelos microrganismos para síntese de proteína microbiana. No entanto, a amônia não utilizada é absorvida pela parede do rúmen e transportada pelo sistema porta hepático até o fígado, que é transformada em uréia pelo ciclo da uréia. A uréia, principal molécula de excreção do nitrogênio em mamíferos e altamente solúvel está presente em todos os fluidos corporais, inclusive no plasma sanguíneo e no leite. Logo, com vista a monitorar o metabolismo protéico, as determinações de concentração de uréia no plasma sanguíneo e no leite servem de orientação para evitar perdas econômicas, produtivas, reprodutivas e ambientais (Broderick & Clayton, 1997).

Na alimentação de ruminantes a proteína é o segundo nutriente limitante, sendo a exigência protéica de vacas lactantes ocorre mediante a absorção de aminoácidos pelo intestino delgado, proveniente da proteína microbiana verdadeira, proteína não degradada no rúmen e proteína endógena, que contribuem para o suprimento de proteína metabolizável (AFRC, 1993).

O conteúdo de proteína bruta (PB) da dieta se relaciona freqüentemente de forma positiva com o consumo de matéria seca por vacas lactantes, em que o mecanismo envolvido é presumivelmente pela redução no enchimento e aumento na digestibilidade da matéria seca (Allen, 2000).

O aproveitamento dos nutrientes pelos animais se relaciona com a digestibilidade dos alimentos consumidos, em que, a maior digestibilidade representa maior absorção dos nutrientes pelo intestino e menores perdas dos mesmos nas fezes. A digestibilidade de um alimento é a diferença entre as quantidades consumidas e as excretadas nas fezes, envolvendo medidas de consumo de alimentos e excreção de fezes (Marais, 2000).

A quantificação da excreção fecal é necessária para o cálculo da digestibilidade aparente dos alimentos. Esta quantificação pode ser feita pela coleta total de fezes ou pela coleta apenas de amostras quando se usam indicadores. Os indicadores, componentes indigestíveis pelo animal, podem ser internos, ou seja, componentes indigestíveis do próprio alimento, ou externos, componentes indigestíveis incorporados na dieta. Assim, com os valores de consumo e concentração do indicador no alimento consumido e nas fezes é possível estimar a produção total de fezes.

A suplementação protéica tem bastante representatividade nos custos de uma dieta, e o excesso de proteína além de tornar a dieta mais onerosa, está relacionado com maiores excreções de nitrogênio e conseqüentemente poluição ambiental. No entanto, o fornecimento adequado de proteína bruta se relaciona com outros fatores como o estágio de lactação, potencial genético do animal, e a concentração de carboidratos na dieta (Valadares Filho & Cabral, 2002).

A digestibilidade, capacidade de um alimento em fornecer nutrientes para o animal, pode ser influenciada por alguns fatores, entre os quais, pode-se citar o nível de consumo, efeito associativo entre alimentos, tratamento físico, tratamento químico, tamanho de partículas, nível de proteína na dieta e espécie de animal (Kitessa et al., 1999).

Na nutrição animal, tanto a falta quanto o excesso de proteína na dieta pode proporcionar redução do consumo. A deficiência de proteína é relacionada ao não atendimento dos requerimentos nutricionais dos microrganismos, sendo que o excesso resulta

em maior produção de amônia ruminal, causando toxidez aos microrganismos, maior excreção de uréia pela urina e desperdício de proteína e energia.

A proteína da dieta pode ser mais ou menos degradada no rúmen, mas o crescimento bacteriano pode compensar a perda de qualidade. Quando a proteína é consumida em excesso, a maior parte do nitrogênio dietético convertido em amônia é absorvido pelo epitélio ruminal e excretado na forma de uréia pelos rins. No entanto, em dietas pobres de proteína, utilização desse nutriente no rúmen torna-se mais eficiente, proporcionando maior retenção da proteína consumida (Van Soest, 1994; Broderik, 1997).

Diminuir os teores de proteína bruta na dieta de vacas em lactação é a forma mais comum e prática de reduzir os custos com a alimentação e a excreção dos compostos nitrogenados na urina desses animais, mas se essa redução for abaixo dos requerimentos dos animais ocorrerá queda na produção de leite (Kalsheur et al., 1999).

O fornecimento de proteína dietética de alta degradabilidade ruminal juntamente com os carboidratos fermentáveis é fundamental para o ótimo crescimento dos microrganismos ruminais. A proteína microbiana apresenta um bom equilíbrio de aminoácidos em relação a proteína do leite e do tecido muscular, o que a qualifica como de ótima qualidade (Berchielli et al., 2006) e a otimização de sua produção é uma forma efetiva e sustentável para a melhoria da produtividade dos animais ruminantes, sem necessariamente aumentar os custos da dieta. Desta forma, a quantificação da produção de proteína microbiana é importante na nutrição animal, pois permite elaborar dietas que maximize sua produção.

Várias técnicas têm sido desenvolvidas para estimativa da síntese de proteína microbiana e o uso de técnicas não invasivas, através de excreção urinária de derivados de purina (DP), tem sido mais promissora devido a praticidade de coletar as amostras e obter os resultados. Esta técnica assume que todos os ácidos nucleicos que chegam ao duodeno são, predominantemente, de origem microbiana, e que as bases purinas, guanina e adenina, são

absorvidas, metabolizadas e excretadas, proporcionalmente, na urina na forma de alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina pela maioria dos mamíferos (Perez et al., 1996). No entanto, nos bovinos há uma intensa atividade da enzima xantina oxidase no sangue e tecidos que converte a xantina e hipoxantina em ácido úrico, antes da excreção (Rennó et al., 2000). Portanto, na urina desses animais, o ácido úrico e alantoína representam 98% dos derivados de purina.

Neste contexto, a estimativa da massa microbiana é obtida a partir da relação N-purina:N-microbiano e da quantidade de purinas absorvidas que é estimada através da excreção urinária de DP (Chen & Gomes, 1992).

Para obter a quantidade de DP na urina é preciso medir o volume urinário diário que pode ser obtido pela coleta total ou através de uma amostra, também chamada de coleta *spot* de urina. Esta se baseia no fato de que a creatinina, produto do metabolismo da proteína, é excretada na urina proporcional ao peso corporal. Assim, com os valores da concentração de creatinina na urina, pode-se estimar a sua excreção total e o volume urinário (Chizzotti et al., 2007).

## INTRODUÇÃO

A pecuária leiteira é uma atividade importante no Brasil e no Mundo pela grande movimentação financeira e envolver milhares de pessoas. Nesta atividade, como em qualquer outra, reduzir os custos de produção tem sido objetivo para aumentar a competitividade no mercado. Dentre as despesas com a produção incluem a alimentação, mão-de-obra, infraestrutura, animais e outros. A alimentação é um dos pontos mais discutidos por inferir ajustes entre consumo, produção e custos, além de poder representar a maior percentagem dos gastos de produção.

Na alimentação de vacas leiteiras, o consumo de matéria seca e sua digestibilidade determinam a quantidade de nutrientes disponíveis para manutenção e para a produção de leite (NRC, 2001). Neste contexto, a otimização do consumo tem sido uma boa alternativa de aumentar a disponibilidade de nutrientes para o animal e assim possibilitar que ele expresse maior produção.

A proteína é o ingrediente mais requerido, depois da energia, pelos ruminantes. O requerimento protéico de vacas lactantes ocorre mediante a absorção de aminoácidos pelo intestino delgado, proveniente da proteína microbiana verdadeira, proteína não degradada no rúmen e proteína endógena, que contribuem para o suprimento de proteína metabolizável. Entretanto, a ingestão de proteína bruta abaixo de 7% da MS proporciona menor crescimento microbiano por não atender as exigências mínimas dos microrganismos, o que causa reduções da digestibilidade da parede celular, do consumo e conseqüentemente do desempenho animal (Van Soest, 1994). Por outro lado, a ingestão em excesso de PB está relacionada ao maior custo da dieta e maior excreção de uréia na urina com desperdício de proteína e energia.

No rúmen, a degradabilidade protéica juntamente com os carboidratos é fundamental para o ótimo crescimento dos microrganismos. A proteína microbiana apresenta um bom equilíbrio de aminoácidos em relação a proteína do leite e do tecido muscular, o que a qualifica como de ótima qualidade e a otimização de sua produção resulta em melhor desempenho animal. Desta forma, a quantificação da produção de proteína microbiana é importante na nutrição animal.

Várias técnicas têm sido desenvolvidas para estimativa da síntese de proteína microbiana e o uso de técnicas não invasivas, através de derivados de purina, tem sido mais promissora devido a praticidade de coletar as amostras e obter os resultados.

Contudo, variações nos teores de proteína bruta na dieta de vacas em lactação proporcionam mudanças nos custos com alimentação e na excreção de compostos nitrogenados. Com isso, as avaliações de parâmetros produtivos e fisiológicos tornam-se necessária para maior eficiência de sistemas produtivos leiteiros.

Assim, objetivou-se avaliar os efeitos dos níveis de proteína na dieta sobre os consumos e a digestibilidade aparentes dos nutrientes, a variação de peso corporal, a produção e composição do leite, a excreção de nitrogênio uréico na urina, a concentração de nitrogênio uréico no plasma e no leite, o balanço de compostos nitrogenados, a síntese de proteína microbiana e a economicidade das dietas de vacas em lactação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Gado de Leite (UEPE-GL) do Departamento de Zootecnia (DZO), na Universidade Federal de Viçosa (UFV), durante o período de setembro a novembro de 2007.

A cidade de Viçosa está localizada na Zona da Mata, Estado de Minas Gerais, a 649 m de altitude geograficamente definida pelas coordenadas de 20° 45' 20'' de latitude sul e 42° 52'40'' de longitude oeste. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação proposta por KÖPPEN, tendo duas estações definidas: seca de abril a setembro e águas de outubro a março.

Foram utilizadas 12 vacas da raça Holandesa, com média de 170±121 dias de lactação, produção média de 13 kg/dia de leite e 570 kg de peso corporal. Os animais foram distribuídos em três quadrados latinos (4 X 4), balanceados de acordo com o período de lactação.

O experimento foi constituído por quatro períodos, com duração de 14 dias cada um, sendo os nove primeiros dias de adaptação às dietas e os demais para avaliação do consumo, da digestibilidade dos componentes da dieta, da produção de leite e sua composição, variação de peso corporal, excreção de nitrogênio uréico na urina, concentração de nitrogênio uréico no leite e no sangue e síntese de compostos nitrogenados microbianos.

Os animais foram alimentados com quatro dietas com níveis de proteína bruta (10, 12, 14 e 16% na base da matéria seca (MS) total da dieta) sendo utilizado a silagem de milho na proporção de 75% da MS total em todas as dietas. A composição em ingredientes das dietas experimentais, composição nutricional dos concentrados e da silagem de milho e a composição nutricional e nutrientes digestíveis totais das dietas experimentais encontram nas Tabelas 1, 2 e 3, respectivamente.

Tabela 1 – A composição em ingredientes das dietas experimentais (%MS)

Itens	% PB na dieta (base da MS)			
	10	12	14	16
Silagem de milho	75	75	75	75
Milho	22,8	18,0	13,4	8,9
Farelo de soja	0,3	5,32	10,0	14,7
Uréia +SA (9:1) <sup>1</sup>	0,62	0,57	0,57	0,57
Mistura mineral <sup>2</sup>	1,28	1,11	1,00	0,90
Total	100	100	100	100

<sup>1</sup>Uréia com sulfato de amônio na proporção de 9 para 1.

<sup>2</sup>Mistura mineral = fosfato bicálcico (20%), calcário (40,84%), cloreto de sódio (32,44%), flor de enxofre (5,84%), sulfatos de cobalto (0,003%), cobre (0,083%) e zinco (0,775%), iodato de potássio (0,006%) e selenito de sódio (0,005%).

Tabela 2 – Composição nutricional dos concentrados e da silagem de milho

Itens	% de PB no concentrado (base da MS)				Silagem de milho
	15	23	31	39	
MS (%)	88,79	89,15	87,6	87,66	29,11
MO <sup>1</sup>	94,58	93,96	93,67	92,99	94,98
PB <sup>1</sup>	14,84	22,89	31	39,11	7,11
EE <sup>1</sup>	1,5	1,65	1,68	2,53	3,16
CT <sup>1</sup>	82,27	73,44	65,01	54,97	84,71
FDN <sup>1</sup>	17,14	21,77	26,32	31,78	52,31
FDNcp <sup>1</sup>	15,51	20,05	22,51	25,03	51,02
CNF <sup>1</sup>	65,13	51,67	38,69	23,59	32,40
Ca <sup>1</sup>	1,18	1,29	1,09	1,05	0,17
P <sup>1</sup>	0,61	0,66	0,68	0,69	0,15

<sup>1</sup>Valores em percentagem da MS.

Tabela 3 – A composição nutricional e nutrientes digestíveis totais das dietas experimentais

Itens	% PB na dieta (base da MS)			
	10	12	14	16
MS (%)	44,57	44,67	44,08	44,08
MO <sup>1</sup>	94,84	94,68	94,59	94,42
PB <sup>1</sup>	9,33	11,56	13,71	15,90
EE <sup>1</sup>	2,78	2,81	2,84	3,07
CT <sup>1</sup>	82,78	80,36	78,10	75,50
FDN <sup>1</sup>	42,54	43,74	44,96	46,44
FDN <sub>cp</sub> <sup>1</sup>	41,14	42,34	42,97	43,63
FDN <sub>i</sub> <sup>1</sup>	11,09	11,05	11,12	11,15
CNF <sup>1</sup>	40,24	36,62	33,14	29,06
NDT <sup>1</sup>	61,69	64,74	65,29	65,17
Ca <sup>1</sup>	0,42	0,45	0,40	0,39
P <sup>1</sup>	0,26	0,28	0,28	0,28

<sup>1</sup>Valores em percentagem da MS.

Os animais foram manejados em baias individuais, tipo “Tie Stall”, providas de cocho e bebedouro automático, onde receberam alimentação fornecida *ad libitum* duas vezes ao dia, após as ordenhas, na forma de mistura completa. Realizaram-se pesagens, diariamente, das quantidades das dietas fornecidas e das sobras de cada tratamento, para estimativa do consumo e fazendo o monitoramento diário, a fim de manter as sobras de alimento na ordem de 5 a 10%, com base na matéria natural. No período de coleta, últimos cinco dias do período experimental, foram obtidas amostras dos alimentos fornecidos e das sobras e no final, realizadas amostras compostas representativas por animal e armazenadas em sacos plásticos e congeladas a – 20° C, para posteriormente serem analisadas.

Semanalmente foi realizada coleta da silagem de milho e analisada a MS para ajuste da relação V:C da dieta. As coletas de fezes foram realizadas diretamente na ampola retal, duas vezes ao dia, durante os três primeiros dias do período experimental (8:00h e 14:00h; 10:00h

e 16:00h e 12:00 e 18:00h, respectivamente) sendo acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas a – 20°C.

O preparo das amostras compostas, com base no peso seco por animal, dos alimentos fornecidos, sobras e fezes, foi realizado após serem descongeladas, pré-secas em estufa de ventilação forçada a  $60\pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 72 a 96 horas e posteriormente moídas em moinhos tipo Willey com peneira de 1 mm. As amostras compostas foram acondicionadas em potes plásticos e as análises de matéria seca (MS), cinzas, extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB) nos alimentos, nas sobras e nas fezes seguiram as especificações descritas por Silva & Queiroz (2002). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram estimados segundo recomendações de Mertens (2002) assim como as correções para cinzas Mertens (2002) e proteína Licitra et al. (1996). A percentagem de carboidratos totais (CT) foi obtida por:  $100 - (\%PB + \%EE + \%cinzas)$ , os carboidratos não-fibrosos (CNF) foram calculados como descrito por Hall (2000):  $CNF = 100 - [(\%PB - \%PB \text{ derivada da uréia} + \%uréia) + \%FDN + \%EE + \%Cinzas]$ . Para o cálculo de nutrientes digestíveis totais (NDT), utilizou-se a equação descrita no NRC (2001):  $NDT = PBD + EED \times 2,25 + FDND + CNFD$ , em que PBD, EED, FDND e CNFD representam os nutrientes digestíveis.

Para estimativa da excreção de MS fecal, utilizou-se fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador interno, obtida após 240 horas de incubação ruminal dos alimentos, sobras e fezes utilizando sacos de tecido não-tecido (TNT) ( $100\text{g/m}^2$ ) como descrito por Casali et al. (2008). Após o período de incubação, os saquinhos foram lavados em água corrente até a mesma apresentar-se totalmente límpida. Logo após os saquinhos foram submetidos à fervura em detergente neutro durante uma hora.

O peso dos animais foi obtido pela média das pesagens após as ordenhas, manhã e tarde, no início e no final de cada um dos períodos experimentais e foram utilizados para calcular a variação de peso corporal.

Foi coletada uma amostra de sangue nos animais, no 12º dia, por punção na veia coccígea, aproximadamente quatro horas após a alimentação matinal, utilizando tubos de ensaio com anticoagulante (EDTA). Posteriormente foram centrifugadas a 5.000 rpm por 15 minutos, sendo então retiradas amostras de plasma, que foram acondicionadas em recipientes de polietileno e congeladas a  $-15^{\circ}\text{C}$  para análise de N-uréico.

No 13º dia do período experimental foram coletadas três amostras *spot* de urina de cada uma das 12 vacas (7:00h; 12:00h e 16:00h), durante micção estimulada por massagem na vulva. A cada coleta, a urina foi filtrada e alíquotas de 10 mL foram retiradas e diluídas imediatamente em 40 mL de ácido sulfúrico a 0,072N para análise de ácido úrico e alantoína. Uma outra amostra de urina foi coletada, sem diluição com ácido, para análises de uréia e creatinina. Posteriormente as amostras foram acondicionadas em potes plásticos e congeladas a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

Antes da análise, as amostras de urina foram descongeladas e realizada uma composta por animal. As análises de alantoína na urina foram realizadas segundo Fujihara et al. (1987), descrito por Chen & Gomes (1992). As determinações de creatinina, ácido úrico e uréia da urina e uréia do plasma e leite desproteínizado foram realizadas por meio de kits comerciais (Labtest Diagnóstica S.A.).

O volume urinário total diário foi estimado dividindo-se a excreção média de creatinina pela concentração de creatinina (mg/L) na amostra *spot* de urina. A excreção diária de creatinina na urina foi estimada a partir da proposição de 24,05 mg/kg de peso corporal (PC) de creatinina (Chizzotti et al., 2007).

A exceção total de DP foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretados na urina em mmol/dia. Neste caso, considerou que a alantoína da urina representa aproximadamente 97% do total de alantoína excretada, baseado nos dados obtidos de dez experimentos com vacas de leite que obteve secreção média de alantoína de 8,43

mmol/dia (Timmermans Jr. et al., 2000). 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 purina e  $0,385 PV^{0,75}$  representa a contribuição endógena para a excreção de purinas (Verbic et al., 1990).

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

As vacas foram ordenhadas, mecanicamente, duas vezes por dia, 6:00h e 16:00h e nos últimos cinco dias foi coletado as produções de cada animal para acompanhamento de seu desempenho. No 14º dia, foram retiradas amostras, manhã e tarde, das produções de cada vaca e ao final, realizada amostra composta, proporcional a produção de leite. Parte desta amostra foi colocada em frascos plásticos com conservante (Bronopol®), mantidas entre 2 e 6°C, e encaminhadas para o Laboratório de Análises de Qualidade de Leite da Embrapa Gado de Leite, no município de Juiz de Fora - MG, para análise dos teores de proteína bruta, gordura, lactose e extrato seco total, segundo a metodologia descrita pelo IDF-International Dairy Federation (1996). Uma outra alíquota de 10 mL de leite foi retirado e misturado com 5 mL de ácido tricloroacético a 25% e filtrada em papel de filtro, por aproximadamente 30 minutos, obtendo o leite desproteinizado, sendo o mesmo congelado a - 20° C, para posteriormente serem feitas análises de N-uréico. A produção de leite foi corrigida para 3,5% de gordura (PLG) pela equação citada por Sklan et al. (1992); onde  $PLG = (0,432 + 0,1625 \times G) \times \text{kg de leite}$ , em que G = % de gordura no leite.

A eficiência alimentar foi calculada para cada vaca, dividindo-se a produção média de leite pela ingestão média de MS de cada período experimental (Valadares Filho et al., 2000).

Da mesma forma procedeu-se para o cálculo da eficiência de utilização de compostos nitrogenados para produção de leite, dividindo-se o N-total médio do leite pela ingestão média de N-total da dieta (Broderick, 2003).

Foi calculado o balanço de compostos nitrogenados (BN) pela diferença entre o consumo total de nitrogênio (N-total) e a excreção total de nitrogênio nas fezes (N-fezes), na urina (N-urina) e no leite (N-leite). A determinação do nitrogênio total nas fezes e na urina seguiu a metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002).

A economicidade das dietas foi realizada considerando o preço médio praticado em Minas Gerais em 2008 para o leite (R\$0,70/kg), farelo de soja (R\$0,86/kg), milho (R\$0,41/kg) (Cepea, 2009), peso corporal de vaca de descarte (R\$2,16/kg), mistura mineral (R\$1,40/kg), uréia/sulfato de amônio 9:1 (R\$1,13/kg) e a silagem de milho (R\$0,07/kg).

As variáveis obtidas foram submetidas à análise de variância e análise de regressão, utilizando-se contraste ortogonal polinomial (efeito linear ou quadrático), conforme Kaps & Lamberson (2004). As análises estatísticas foram realizadas através do programa *Statistical Analysis System* (SAS, 1989). Os três quadrados latinos foram analisados em conjunto e utilizou-se nível de 5% de probabilidade para o erro tipo I.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Observa-se na Tabela 4, aumento linear ( $P < 0,05$ ) nos consumos de matéria seca (MS) (kg/dia, %PC e  $g/kg^{0,75}$ ), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro sem correção (FDN) (kg/dia e %PV) e corrigido para cinzas e proteína (FDNcp) com os aumentos de PB na dieta.

Tabela 4 – Consumo de nutrientes (kg/dia, %PC e g/kg<sup>0,75</sup>) e de nutrientes digestíveis totais para as dietas experimentais

Itens	% PB na dieta (base da MS)				CV (%)	Efeito	
	10	12	14	16		L	Q
	kg/dia						
MS	12,85	13,91	14,91	14,90	7,43	0,0001 <sup>1</sup>	0,0957
MO	12,19	13,17	14,10	14,07	7,41	0,0001 <sup>2</sup>	0,0941
PB	1,20	1,60	2,0	2,36	9,32	0,0001 <sup>3</sup>	0,3884
EE	0,36	0,39	0,42	0,46	6,75	0,0001 <sup>4</sup>	1,0000
CT	10,64	11,17	11,64	11,26	0,26	0,0001 <sup>5</sup>	0,1579
FDN	5,47	6,08	6,70	6,93	7,71	0,0001 <sup>6</sup>	0,1733
FDNcp	5,29	5,89	6,41	6,51	7,59	0,0001 <sup>7</sup>	0,0737
CNF	5,17	5,09	4,94	4,33	6,97	0,0010 <sup>8</sup>	0,0549
NDT	7,91	9,00	9,73	9,68	8,10	0,0001	0,0281 <sup>9</sup>
	%PC						
MS	2,36	2,51	2,68	2,67	6,83	0,0002 <sup>10</sup>	0,1230
FDN	1,00	1,10	1,20	1,24	6,70	0,0001 <sup>11</sup>	0,1924
	g/kg <sup>0,75</sup>						
MS	113,7	121,6	129,7	129,3	6,94	0,0001 <sup>12</sup>	0,1100

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, CT = carboidratos totais, FDN = fibra em detergente neutro, FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, CNF = carboidratos não fibrosos.

L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático; CV = Coeficiente de variação.

<sup>1</sup> $\hat{Y} = 9,4976 + 0,3573PB$  ( $r^2 = 0,88$ ); <sup>2</sup> $\hat{Y} = 9,1034 + 0,3292PB$  ( $r^2 = 0,88$ ); <sup>3</sup> $\hat{Y} = - 0,7557 + 0,1967PB$  ( $r^2 = 0,99$ ); <sup>4</sup> $\hat{Y} = 0,190 + 0,1667PB$  ( $r^2 = 0,99$ ); <sup>5</sup> $\hat{Y} = 9,6592 + 0,1166PB$  ( $r^2 = 0,53$ ); <sup>6</sup> $\hat{Y} = 3,0569 + 0,2493PB$  ( $r^2 = 0,96$ ); <sup>7</sup> $\hat{Y} = 3,3132 + 0,2087PB$  ( $r^2 = 0,93$ ); <sup>8</sup> $\hat{Y} = 6,3475 - 0,0916PB$  ( $r^2 = 0,75$ ); <sup>9</sup> $\hat{Y} = - 5,8002 + 2,0391PB - 0,06526PB^2$  ( $R^2 = 0,99$ ); <sup>10</sup> $\hat{Y} = 1,8507 + 0,0541PB$  ( $r^2 = 0,87$ ); <sup>11</sup> $\hat{Y} = 0,6052 + 0,0409PB$  ( $r^2 = 0,96$ ); <sup>12</sup> $\hat{Y} = 87,809 + 2,751PB$  ( $r^2 = 0,88$ ).

O aumento no consumo de MS, MO, FDN, FDNcp com o acréscimo de proteína na dieta pode ser devido a um melhor aporte de compostos nitrogenados no rúmen, que proporcionou maior crescimento dos microrganismos fibrolíticos, resultando no aumento na degradação da fibra, taxa de passagem e utilização dos nutrientes. Olmos Colmenero & Broderik (2006b) observaram aumentos da atividade celulolítica no rúmen, indicada por

aumento na concentração de acetato, quando forneceu dietas com níveis crescentes de PB para vacas leiteiras.

O consumo de extrato etéreo aumentou ( $P<0,05$ ) com o aumento de PB na dieta, o que pode ser explicado pelas diferenças nos teores desse nutriente entre as dietas (Tabela 3) e também pelo aumento do consumo de MS.

Os resultados foram semelhantes aos observados por Broderick (2003), que ao utilizar vacas com 130 dias de lactação, com produção de leite de 34 kg/dia, observou aumento linear no consumo de MS (21,2; 22,1 e 22,6 kg/dia) com aumento no teor de PB dietéticos (15,1, 16,7 e 18,4% PB na base da MS, respectivamente).

Entretanto, Pereira et al. (2005b) trabalhando com vacas de produção de leite aproximada de 20 kg/dia e 110 dias de lactação, não observaram efeito no consumo de MS (média de 16,54 kg/dia) quando o nível de PB foi elevado de 11,3 para 14,4% na base da MS da dieta.

O aumento linear ( $P<0,05$ ) no consumo de PB foi devido ao incremento no teor de PB da dieta, além do aumento no consumo de MS. Em contrapartida, a ingestão de carboidratos totais (CT) e carboidratos não fibrosos (CNF) apresentaram reduções lineares ( $P<0,05$ ) com o aumento de PB na dieta devido à diminuição dos níveis de CNF e CT na dieta (Tabela 3). O consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) apresentou comportamento quadrático ( $P<0,05$ ) em função do nível de PB, sendo estimado valor máximo de 10,13 kg/dia, no nível de 15,62% de PB na dieta, base da MS.

Os valores observados e os estimados de consumo de MS, NDT, e PB, em kg/dia, para vacas lactantes com 570 kg de peso corporal, produção de leite de 13 kg/dia com 3,5% de gordura, segundo o Sistema Viçosa de Formulação de Rações (Lana, 2007a), baseado no NRC (2001) encontram-se na Tabela 6.

Tabela 5 – Valores observados e os estimados de consumo (kg/dia) de matéria seca (MS), nutrientes digestíveis totais (NDT), e proteína bruta (PB) para as dietas experimentais

Itens	Exigência <sup>1,2</sup>	% PB na dieta (base da MS)			
		10	12	14	16
MS	14,1	12,85	13,9	14,91	14,9
Diferença		- 1,25	- 0,2	+ 0,9	+ 0,89
NDT	8,47	7,91	9,00	9,73	9,68
Diferença		- 0,56	+ 0,53	+ 1,26	+ 1, 21
PB	1,9	1,2	1,6	2,04	2,36
Diferença		- 0,7	- 0,3	+ 0,14	+ 0,46

<sup>1</sup> Sistema Viçosa de Formulação de Rações (Lana, 2007a); <sup>2</sup> NRC (2001)

Vacas lactantes com 570 kg de peso corporal e produção de leite de 13 kg/dia com 3,5% de gordura.

As diferenças nos consumos de NDT e MS apresentaram valores próximos de zero ao nível de 12% de PB na dieta, sendo que para PB isto ocorreu no nível de 14% de PB. Estes dados nos mostram que ao nível de 12% de proteína os animais tiveram suas exigências supridas de energia, correlacionando com a variação de peso corporal (Tabela 7), que aproximou de zero no nível de 12% de PB.

Houve crescimento linear ( $P < 0,05$ ) na digestibilidade da FDN e FDNcp em função do acréscimo de proteína na dieta (Tabela 5). Esse efeito pode ser justificado devido aos maiores consumos de PB, aumentando a disponibilidade de compostos nitrogenados no rúmen, resultando em estímulo a digestão da fibra. Segundo Broderick (2003) o maior aporte de compostos nitrogenados no rúmen pode estimular a digestão da fibra por resultar em maior crescimento de microrganismos fibrolíticos e aumento na concentração de ácido graxos voláteis, como acetato, isobutirato e isovalerato (Olmos Colmenero & Broderick (2006b).

Observou-se aumento ( $P < 0,05$ ) linear na digestibilidade aparente da PB, com incremento de PB na dieta, o que pode estar relacionado com o efeito da diluição do

nitrogênio metabólico fecal (Broderick, 2003; Pereira et al., 2005a; Olmos Colmenero & Broderick, 2006b).

Tabela 6 – Digestibilidade aparentes dos nutrientes e dos nutrientes digestíveis totais (NDT) para as dietas experimentais

Itens	% PB na dieta (base da MS)				CV (%)	Efeito	
	10	12	14	16		L	Q
MS	60,68	63,57	64,57	65,09	2,63	0,0001	0,0242 <sup>2</sup>
MO	62,78	65,66	66,87	67,16	2,32	0,0001	0,0085 <sup>3</sup>
PB	54,91	61,94	68,14	72,60	3,70	0,0001 <sup>4</sup>	0,0791
EE	69,03	73,26	76,59	75,31	6,92	0,0035 <sup>5</sup>	0,0781
FDN	47,12	52,94	54,46	56,68	6,98	0,0001 <sup>6</sup>	0,1078
FDNcp	48,73	54,71	55,78	57,21	7,06	0,0001 <sup>7</sup>	0,0539
CNF	77,25	77,62	77,96	75,17	2,04	0,5706	0,0225 <sup>8</sup>
NDT <sup>1</sup>	61,69	64,74	65,29	65,17	2,60	0,0001	0,0289 <sup>9</sup>

MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDN = fibra em detergente neutro, FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, CNF = carboidratos não fibrosos.

<sup>1</sup>Valores em porcentagem da matéria seca.

L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático; CV = Coeficiente de variação.

<sup>2</sup> $\hat{Y} = 29,9234 + 4,5659PB - 0,1483PB^2$  ( $R^2 = 0,99$ ); <sup>3</sup> $\hat{Y} = 29,7319 + 4,9278PB - 0,1619PB^2$  ( $R^2 = 0,99$ ); <sup>4</sup> $\hat{Y} = 25,8656 + 2,9242PB$  ( $r^2 = 0,99$ ); <sup>5</sup> $\hat{Y} = 59,2086 + 1,1037PB$  ( $r^2 = 0,75$ ); <sup>6</sup> $\hat{Y} = 33,1735 + 1,5097PB$  ( $r^2 = 0,91$ ); <sup>7</sup> $\hat{Y} = 36,8731 + 1,3257PB$  ( $r^2 = 0,76$ ); <sup>8</sup> $\hat{Y} = 55,4899 + 3,6227PB - 0,1435PB^2$  ( $R^2 = 0,76$ ); <sup>9</sup> $\hat{Y} = 31,6679 + 4,6235PB - 0,1474PB^2$  ( $R^2 = 0,99$ ).

As digestibilidades aparentes da MS, MO, CNF e NDT apresentaram respostas quadráticas ( $P < 0,05$ ) ao aumento dos níveis de PB da dieta, estimando valores máximos de 65,09, 67,23, 78,35 e 67,92%, nos teores 15,39, 15,22, 15,62, 15,68% de PB, base da MS.

Em vários trabalhos foram demonstrados aumentos nas digestibilidades da MS, MO, PB e FDN com aumentos nos níveis de PB na dieta (Broderick, 2003; Pereira et al., 2005b; Olmos Colmenero & Broderick, 2006a), sendo relacionado ao maior suprimento de nitrogênio ruminal, os quais são essências para o atendimento das exigências dos microrganismos que degradam a fibra do alimento, proporcionando aumento do consumo, da taxa de passagem e do aproveitamento dos nutrientes.

Observa-se efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) para produção de leite (PL), produção de leite corrigido (PLG), extrato seco total (EST) e extrato seco desengordurado (ESD) com os acréscimos de PB na dieta (Tabela 7). Estes resultados de PL, PLG, EST e ESD são consequência dos aumentos do consumo e digestibilidade aparente em função dos acréscimos de PB, que possivelmente proporcionou um maior aporte de nutrientes na glândula mamária. São vários os nutrientes que dão suporte a glândula mamária para a síntese do leite, dentre eles a glicose, os aminoácidos e os ácidos graxos. A produção de leite se correlaciona com a produção de lactose, que também apresentou efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ), sendo esta responsável pelo estímulo de síntese do leite na glândula mamária.

As reduções no consumo de CT e CNF poderia proporcionar redução na produção de propionato no rúmen, bem como o fluxo de amido para o intestino delgado. O propionato é o principal precursor da glicose no fígado e tem associação com o fluxo de glicose para a glândula mamária. A síntese de lactose depende do fluxo de entrada de glicose na glândula mamária, pois representa o principal substrato para a síntese de galactose (Fonseca, 1995; Oliveira, 2008). No entanto, a diminuição do consumo de CT e CNF não afetou a produção de leite e de lactose.

O aumento na síntese de proteína microbiana e fluxo de proteína para o intestino delgado pode ter aumentado a concentração de aminoácidos livres na corrente sanguínea. Assim, pode ter ocorrido um aumento na síntese da proteína  $\alpha$ -lactoalbumina na glândula mamária, a partir da absorção de aminoácidos da corrente sanguínea, que apresenta importante função no complexo enzimático lactose sintase, possivelmente responsável pelo aumento da produção de lactose e do leite.

Tabela 7 – Produções de leite (PL) e de leite corrigido para 3,5% de gordura (PLG, eficiência de utilização da matéria seca ingerida (kg de leite/kg matéria seca ingerida) e do nitrogênio (kg N no leite/kg N ingerido), porcentagem no leite e produção diária de proteína bruta (PB), gordura (GOR), lactose (LAC) extrato seco total (EST) e extrato seco desengordurado (ESD) em função dos níveis de proteína bruta (PB) na dieta

Itens	% PB na dieta (base da MS)				CV (%)	Efeito	
	10	12	14	16		L	Q
<b>Produção e eficiência</b>							
PL (kg/dia)	11,61	12,30	13,63	13,88	9,48	0,0001 <sup>1</sup>	0,5351
PLG (kg/dia)	11,66	12,39	13,53	15,02	10,91	0,0001 <sup>2</sup>	0,3669
Efic. MS	0,86	0,88	0,89	0,90	8,00	0,3877	0,5092
Eficiência N	0,31	0,24	0,22	0,20	12,36	0,0001	0,0088 <sup>4</sup>
<b>Constituintes do leite</b>							
PB (%)	3,17	3,17	3,25	3,48	7,90	0,0075 <sup>5</sup>	0,1273
PB (g/dia)	368,3	391,3	440,7	484,7	12,60	0,0001 <sup>6</sup>	0,5012
GOR (%)	3,53	3,52	3,48	4,00	10,98	0,0154	0,0361 <sup>7</sup>
GOR (g/dia)	409,1	435,2	470,1	555,2	13,91	0,0001 <sup>8</sup>	0,1332
LAC (%)	4,68	4,73	4,74	4,66	2,97	0,7462	0,1216
LAC (g/dia)	543,1	582,0	644,5	647,5	10,39	0,0002 <sup>9</sup>	0,3337
EST (%)	12,40	12,43	12,50	13,21	4,89	0,0053 <sup>10</sup>	0,0739
EST (kg/dia)	1,44	1,53	1,70	1,84	10,58	0,0001 <sup>11</sup>	0,6435
ESD (%)	8,87	8,91	9,02	9,22	3,23	0,0068 <sup>12</sup>	0,3689
ESD (kg/dia)	1,03	1,10	1,23	1,28	10,24	0,0001 <sup>13</sup>	0,8602

L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático; CV = Coeficiente de variação.

<sup>1</sup> $\hat{Y} = 7,5742 + 0,4062PB$  ( $r^2 = 0,94$ ); <sup>2</sup> $\hat{Y} = 5,8655 + 0,5602PB$  ( $r^2 = 0,98$ ); <sup>3</sup> $\hat{Y} = -2,6445 + 0,2025PB$  ( $r^2 = 0,76$ ); <sup>4</sup> $\hat{Y} = 0,9853 - 0,0996PB + 0,0032PB^2$  ( $R^2 = 0,99$ ); <sup>5</sup> $\hat{Y} = 2,6145 + 0,0502PB$  ( $r^2 = 0,78$ ); <sup>6</sup> $\hat{Y} = 162,1266 + 19,9341PB$  ( $r^2 = 0,98$ ); <sup>7</sup> $\hat{Y} = 8,0828 - 0,7787PB + 0,0326PB^2$  ( $R^2 = 0,91$ ); <sup>8</sup> $\hat{Y} = 159,8155 + 23,6596PB$  ( $r^2 = 0,92$ ); <sup>9</sup> $\hat{Y} = 360,0157 + 18,7897PB$  ( $r^2 = 0,91$ ); <sup>10</sup> $\hat{Y} = 10,9939 + 0,1263PB$  ( $r^2 = 0,70$ ); <sup>11</sup> $\hat{Y} = 743,70 + 67,903PB$  ( $r^2 = 0,99$ ); <sup>12</sup> $\hat{Y} = 8,2581 + 0,0574PB$  ( $r^2 = 0,91$ ); <sup>13</sup> $\hat{Y} = 583,88 + 44,244PB$  ( $r^2 = 0,98$ ).

O teor de lactose não teve efeito significativo ( $P > 0,05$ ), mas o teor de gordura apresentou comportamento quadrático ( $P < 0,05$ ), sendo estimado valor mínimo de 3,43%, no nível de 11,94% de proteína na dieta, base da MS. A produção de gordura no leite, por sua

vez, aumentou ( $P < 0,05$ ) linearmente com o incremento do nível de PB. Este efeito pode ser relacionado a diminuição ( $P < 0,05$ ) no consumo de CNF e aumento ( $P < 0,05$ ) no consumo de FDN que possivelmente promoveu mudanças na flora ruminal, favorecendo o crescimento de microrganismos que degradam a fibra e juntamente ao maior aporte de nitrogênio resultaram em alteração da proporção dos AGVs, elevando o nível de acetato e  $\beta$ -OH butirato em relação ao propionato.

O acetato e o  $\beta$ -OH butirato são precursores da via *de novo* de síntese de ácidos graxos de cadeia curta e média na glândula mamária de animais ruminantes (Oliveira, 2008). Além disso, o maior fornecimento de lisina e metionina na dieta, com o aumento da PB, pode estimular a via *de novo* de síntese de ácidos graxos ou aumentar a síntese de quilomícrons e lipoproteínas de baixa densidade (NRC, 2001).

Resultados de comportamento linear crescente para produção de leite não corrigida e corrigida para 3,5% de gordura, produção de gordura e proteína foi encontrado por Broderick (2003) quando testou dietas crescentes de PB (15,1; 16,7 e 18,4%). Pereira et al. (2005b), trabalhando com vacas no terço médio da lactação observou resultados crescentes na produção de leite corrigido para 3,5% de gordura, produção de gordura e proteína, mas não encontrou efeito na produção de leite sem correção, e nas percentagens de proteína e gordura quando utilizou dietas com níveis crescentes de PB (11,3; 12,3; 13,3 e 14,4%).

A eficiência de utilização de compostos nitrogenados para produção de leite apresentou comportamento quadrático ( $P < 0,05$ ) com os aumentos de PB na dieta, estimando valor de mínimo de 0,21 ao nível de 15,57% de PB. Este resultado já era esperado possivelmente devido a maior eficiência de utilização do nitrogênio em dietas com baixos teores de nutrientes. Lana (2007b) relatou que as respostas produtivas aos nutrientes apresentam comportamento de acordo com o modelo de cinética de Michaelis-Menten. Assim, a transformação de Lineweaver-Burk torna possível estimar a eficiência marginal do uso dos

nutrientes sobre o desempenho animal. Neste sentido, com o fornecimento crescente de PB na dieta, ocorreu diminuição marginal na eficiência de utilização do nitrogênio possivelmente devido a maior degradação de PB no rúmen que aumenta a disponibilidade de amônia ruminal. O excedente da amônia, não utilizada pelos microrganismos, é absorvida pelo sistema porta hepático, transformada em uréia no fígado sendo a maior parte excretada via urina.

Os resultados encontrados sobre a maior eficiência de utilização do nitrogênio quando os níveis de PB na dieta são menores estão de acordo com Broderick (2003), Pereira et al. (2005b) e Kalscheur et al. (2006).

Os aumentos ( $P < 0,05$ ) lineares nos teores e produção de proteína no leite com o aumento de PB na dieta talvez sejam em função do maior consumo de MS e PB, resultando em aumento na síntese de proteína microbiana e maior fluxo de proteína para o intestino delgado. O NRC (2001) afirma que a proteína microbiana é 64% metabolizável e a proteína metabolizável é usada para a lactação com eficiência de 67%. Assim, proporcionou a glândula mamária uma maior disponibilidade de aminoácidos presentes na corrente sanguínea, principais precursores para a síntese de proteína do leite.

A variação de peso corporal apresentou aumentos ( $P < 0,05$ ) lineares, com valores observados de - 824,4; -74,4; 527,7 e 321,8 g/dia para os níveis de 10; 12; 14 e 16% de PB na dieta, base da MS. Assim, nos níveis de 10 e 12% de PB possivelmente estava ocorrendo mobilização de reservas corporais, apesar do uso mais eficiente do nitrogênio dietético. Esses resultados são parecidos com os encontrados por Pereira et al. (2005b), que trabalharam com vacas no terço médio da lactação e observaram variação de peso corporal próximo de zero no nível de 12,3% de PB na dieta. Kalscheur et al. (2006) não encontraram diferença no ganho de peso dos animais quando elevaram o nível protéico da dieta de 12,3 para 17,1% na base da MS.

Houve crescimento ( $P < 0,05$ ) linear para excreção na urina de alantoína (ALA), ácido úrico (ACU) e purinas totais (PT) e também para purinas absorvidas (PA), nitrogênio microbiano (Nmic) e proteína bruta microbiana (PBmic) com o aumento de PB na dieta (Tabela 8). Estes valores comprovam que os aumentos de PB na dieta melhoraram o aporte de nutrientes no rúmen, resultando em aumento da produção de proteína microbiana e conseqüentemente maior absorção e excreção de derivados de purinas. A excreção de derivados de purina, que tem a alantoína como principal componente, é reflexo da absorção dos ácidos nucleicos, proveniente da digestão dos microrganismos ruminais, pelo intestino delgado. Os derivados purínicos dos ácidos nucleicos são metabolizados e excretados principalmente na urina como alantoína e ácidos úrico.

Tabela 8 – Excreções urinárias de alantoína (ALA), ácido úrico (ACU), purinas totais (PT), purinas absorvidas (PA), estimativas da síntese diária de compostos nitrogenados microbianos (Nmic), proteína bruta microbiana (PBmic) e eficiência microbiana (Efic) em função do teor de proteína bruta na dieta

Itens	% PB na dieta (base da MS)				CV (%)	Efeito	
	10	12	14	16		L	Q
ALA (mmol/dia)	251,85	276,19	312,46	327,94	12,37	0,0001 <sup>1</sup>	0,6763
ACU (mmol/dia)	37,01	40,44	41,57	42,76	15,65	0,0397 <sup>2</sup>	0,5643
PT (mmol/dia)	296,74	325,16	363,69	380,84	11,53	0,0001 <sup>3</sup>	0,6251
PA (mmol/dia)	297,58	330,80	375,67	395,98	13,27	0,0001 <sup>4</sup>	0,6323
Nmic (g/dia)	216,35	240,50	273,13	287,84	13,27	0,0001 <sup>5</sup>	0,6322
PBmic (g/dia)	1352,1	1503,1	1707,1	1799,0	13,27	0,0001 <sup>6</sup>	0,6322
Efic (g PB/NDT)	166,7	164,26	168,63	178,95	11,98	0,1278	0,3068

L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático; CV = Coeficiente de variação.

<sup>1</sup>  $\hat{Y} = 120,165 + 13,2266 \text{ PB}$  ( $r^2 = 0,98$ ); <sup>2</sup>  $\hat{Y} = 28,6882 + 0,9062 \text{ PB}$  ( $r^2 = 0,92$ ); <sup>3</sup>  $\hat{Y} = 148,854 + 14,1326 \text{ PB}$  ( $r^2 = 0,98$ ); <sup>4</sup>  $\hat{Y} = 124,715 + 16,511 \text{ PB}$  ( $r^2 = 0,98$ ); <sup>5</sup>  $\hat{Y} = 90,673 + 12,004 \text{ PB}$  ( $r^2 = 0,98$ ); <sup>6</sup>  $\hat{Y} = 566,72 + 75,027 \text{ PB}$  ( $r^2 = 0,98$ ).

Os acréscimos na excreção de alantoína e ácido úrico em função do teor de proteína bruta na dieta estão de acordo com Pereira et al. (2005b), que também observaram efeito

crescente em função dos níveis de PB, com valores variando de 240,46 a 293,39 mmol/dia para alantoína e 26,12 a 34,87 mmol/dia para ácido úrico. Os valores encontrados também estão consistentes aos observados por Olmos Colmenero & Broderick (2006b), que encontraram aumentos na excreção de alantoína de 29 mmol/dia quando elevou o teor protéico da dieta de 13,5 para 19,4%.

A proteína microbiana sintetizada no rúmen é responsável pelo maior suprimento de proteína metabolizável para o intestino delgado de ruminantes, variando de 50 a 80% do total da proteína absorvida (Storm & Ørskov, 1983). A quantidade do fluxo de proteína microbiana para o intestino delgado depende da disponibilidade de nutrientes e da eficiência do uso desses nutrientes pelos microrganismos ruminais. Por isso, o metabolismo do nitrogênio no rúmen é dividido em dois eventos. Primeiro, é a degradação de proteína, disponibilizando o nitrogênio para as bactérias, e depois pela síntese de proteína microbiana. A proteína microbiana é obtida da multiplicação do nitrogênio microbiano por 6,25. Este valor é obtido considerando que a proteína microbiana apresenta 16% de nitrogênio.

A eficiência de produção microbiana na utilização de substratos energéticos não apresentou efeito ( $P>0,05$ ) apresentando média de 169,6 g de PB/kg de NDT.

Observa-se efeitos lineares crescentes ( $P<0,05$ ) com os aumentos de PB na dieta para volume urinário (VU), nitrogênio uréico no leite (NUL) e no plasma (NUP) (Tabela 9). O aumento do volume urinário pode ser explicado pela maior degradação protéica no rúmen com o aumento de proteína na dieta, aumentando-se a concentração de amônia para os microrganismos bem como a maior absorção pela parede ruminal. A amônia, no fígado, é transformada em uréia e lançada na corrente sanguínea levando a difusão desta para vários tecidos pela alta solubilidade. O organismo, para excretar maior quantidade de uréia, eleva o volume urinário, pois no sangue, em excesso, pode alterar o pH. A concentração de amônia ruminal tem sido relacionada com concentração de uréia no leite (Broderick e Clayton,

1997), excreção de uréia na urina e a concentração de uréia no plasma sanguíneo (Bach et al., 2000). No entanto, a excreção urinária de nitrogênio uréico apresentou efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) em função dos acréscimos de PB na dieta estimando-se valor mínimo de 16,27 g/dia, na dose de 9,08% de PB na dieta. A ocorrência desse efeito possivelmente foi devido a maior reciclagem do nitrogênio dietético na forma de uréia, pela saliva e parede ruminal, ou até mesmo o nitrogênio proveniente da degradação protéica corporal na dieta de 10% de PB, pois os animais tiveram perda de peso. Com isso, os animais que receberam a dieta com o nível de 12% de PB não apresentaram aumento linear na excreção urinária de nitrogênio uréico com o aumento da proteína da dieta, pois nesse nível, possivelmente ocorreu maior retenção do nitrogênio resultando em baixa perda de peso corporal.

O aumento na excreção urinária de nitrogênio uréico e volume urinário tem sido observado em dietas com maior teor protéico (Broderick, 2003; Reynal et al., 2005; Olmos Colmenero & Broderick, 2006b). Pereira et al. (2005b), trabalhando com vacas no terço médio da lactação não observaram efeito no volume urinário, mas a excreção urinária de N-uréico aumentou 147% quando do nível de PB da dieta aumentou de 11,3 para 14,4%.

Tabela 9 – Volume urinário (VU), excreções urinárias de nitrogênio uréico (EUNU), concentração de nitrogênio uréico no leite (NUL) e no plasma (NUP), e relação NUL/NUP em função do nível de PB na dieta

Itens	% PB na dieta (base da MS)				CV (%)	Efeito	
	10	12	14	16		L	Q
VU (L)	12,22	13,24	16,02	18,80	30,52	0,0013 <sup>1</sup>	0,5166
EUNU (g/dia)	19,07	36,33	79,39	137,02	28,75	0,0001	0,002 <sup>2</sup>
NUL (mg/dL)	2,68	3,72	5,84	8,26	63,97	0,0003 <sup>3</sup>	0,4739
NUP (mg/dL)	4,14	7,26	10,82	14,95	13,52	0,0001 <sup>4</sup>	0,1847
NUL/NUP	0,65	0,51	0,54	0,55	47,57	0,2986	0,2958

L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático; CV = Coeficiente de variação.

<sup>1</sup>  $\hat{Y} = 0,4508 + 1,1246 \text{ PB}$  ( $r^2 = 0,96$ ); <sup>2</sup>  $\hat{Y} = 223,69 - 45,75\text{PB} + 2,5228\text{PB}^2$  ( $R^2 = 0,99$ ); <sup>3</sup>  $\hat{Y} = -7,1263 + 0,9424 \text{ PB}$  ( $r^2 = 0,97$ ); <sup>4</sup>  $\hat{Y} = -30,653 + 3,9124 \text{ PB}$  ( $r^2 = 0,99$ ).

Os resultados apresentados em NUL e NUP apresentam maiores diferenças entre os maiores níveis de PB na dieta 14 para 16% (2,42 mg/dL e 4,13 mg/dL) em relação aos menores níveis de PB na dieta de 10 para 12 (1,04 e 3,12, respectivamente). A alta concentração de uréia no sangue é indicativo de ineficiência do uso da proteína dietética por vacas leiteiras (Broderick e Clayton, 1997). A uréia sanguínea rapidamente entra em equilíbrio com o leite resultando em alta correlação entre as variáveis NUL e NUP. Assim, os valores de NUL e NUP aumentaram de 2,68 mg/dL para 8,26 mg/dL e 4,14 mg/dL para 14,95 mg/dL com o aumento de PB na dieta de 10 para 16%, respectivamente.

A relação entre NUL e NUP não apresentaram efeitos ( $P>0,05$ ). No entanto, essa relação apresentou valores baixos. O N-uréico apresenta alta capacidade de difusão para os diversos tecidos e a tendência é que os valores fossem próximos de 1 (Reynal et al., 2005; Oliveira et al., 2008). Entretanto, Olmos Colmenero & Broderick (2006b) também encontraram valores baixos da relação NUL/NUP (0,72; 0,63; 0,65; 0,61 e 0,62) quando os animais receberam níveis crescentes de PB na dieta (13,5; 15,0; 16,5; 17,9 e 19,4%, respectivamente).

Os consumos de compostos nitrogenados totais (NT) e excreção de compostos nitrogenados na urina (N-urina) e no leite (N-leite) aumentaram ( $P<0,05$ ) linearmente com o aumento do teor de PB na dieta Tabela 10. É interessante observar que houve aumento na razão da excreção urinária de nitrogênio uréico e excreção de nitrogênio na urina (EUNU/N-urina) com valores de 26%, 41%, 76% e 94% para os níveis de 10, 12, 14 e 16% de PB na dieta, na base da MS, respectivamente. Isto mostra que no nível de 10% de PB os animais excretaram mais compostos nitrogenados não uréicos (55,49 g/dia) que no nível de 16% de PB (10,76 g/dia). Esta maior excreção de compostos nitrogenados não uréicos, em níveis baixos de PB na dieta, talvez seja proveniente da perda de peso corporal.

A excreção de nitrogênio fecal (N-fezes) apresentou comportamento quadrático ( $P < 0,05$ ) com os aumentos de PB na dieta, estimando-se valor máximo de 104,74 g/dia, na dose de 15,15% de PB na dieta. Este efeito pode estar relacionado ao aumento do consumo pelos animais o que proporcionou maior produção de enzimas digestivas e fermentação microbiana intestinal resultando em aumento na excreção endógena do nitrogênio. Esses valores estão de acordo com os encontrados por Olmos Colmenero & Broderick (2006b), que obtiveram na excreção do nitrogênio fecal aumento de 196 a 210 g/dia quando elevou o nível protéico da dieta de 13,5 para 19,4%.

Tabela 10 – Consumos de compostos nitrogenados totais (NT), excreção de compostos nitrogenados nas fezes (N-fecal), na urina (N-urina) e no leite (N-leite), balanço de nitrogênio (BN) e médias das excreções ou secreções em relação ao NT em função do teor de PB na dieta

Itens	% PB na dieta (base da MS)				CV (%)	Efeito	
	10	12	14	16		L	Q
NT, g/dia	191,78	256,6	326,79	377,90	9,32	0,0001 <sup>1</sup>	0,3885
N-fecal, g/dia	86,52	97,70	104,02	104,12	9,00	0,0001	0,044 <sup>2</sup>
N-urina, g/dia	74,29	88,88	104,77	145,96	38,95	0,0003 <sup>3</sup>	0,2682
N-leite, g/dia	58,93	62,61	70,51	77,56	12,60	0,0001 <sup>4</sup>	0,5011
BN g/dia	-27,97	7,49	47,49	50,21	232,01	0,0002 <sup>5</sup>	0,2217
N-fecal (% NT)	45,09	38,06	31,86	27,40	6,71	0,0001 <sup>6</sup>	0,0791
N-urina (% NT)	38,95	34,88	32,36	39,67	42,79	0,9855	0,2229
N-leite (% NT)	30,72	24,27	21,61	20,46	12,36	0,0001	0,007 <sup>7</sup>
BN (% NT)	-14,76	2,79	14,17	12,47	425,99	0,0002	0,047 <sup>8</sup>

L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático; CV = Coeficiente de variação.

<sup>1</sup> $\hat{Y} = -120,216 + 31,423PB$  ( $r^2 = 0,99$ ); <sup>2</sup> $\hat{Y} = -53,4492 + 20,8843PB - 0,6893PB^2$  ( $R^2 = 0,99$ ); <sup>3</sup> $\hat{Y} = -46,6157 + 11,5454PB$  ( $r^2 = 0,93$ ); <sup>4</sup> $\hat{Y} = 95,9395 + 3,1895PB$  ( $r^2 = 0,98$ ); <sup>5</sup> $\hat{Y} = -159,132 + 13,726PB$  ( $r^2 = 0,91$ ); <sup>6</sup> $\hat{Y} = 74,1344 - 2,9642PB$  ( $r^2 = 0,99$ ); <sup>7</sup> $\hat{Y} = 100,324 - 10,2849PB + 0,3313PB^2$  ( $R^2 = 0,99$ ); <sup>8</sup> $\hat{Y} = -254,066 + 35,923PB - 1,2026PB^2$  ( $R^2 = 0,99$ ).

A excreção do N-fecal (%NT) decresceu ( $P < 0,05$ ) linearmente com o aumento de PB, enquanto que o N-leite em relação ao NT apresentou efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) sendo estimado valor mínimo de 20,50%, no nível de 15,52% de PB. No entanto, observa-se que a

excreção do N-urina (% do NT) não foi significativo com média de 36,46, mostrando que esta via de excreção de nitrogênio corresponde as variações no consumo de nitrogênio.

O balanço de nitrogênio (N consumido – N excretado) apresentou comportamento quadrático ( $P < 0,05$ ) ao aumento no teor de PB, com valor máximo de 14,20%, estimado no nível de 14,94% de PB na dieta.

Os custos e saldos com alimentação em função do nível de PB na dieta são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Custo com alimentação e saldo por litro e por vaca, com e sem variação de peso corporal em função do nível de PB na dieta

Itens	% PB na dieta (base da MS)			
	10	12	14	16
<b>Desempenho</b>				
Produção de leite (L/dia)	11,61	12,3	13,63	13,88
Variação de peso vivo (kg/dia)	-0,824	-0,074	0,527	0,321
<b>Consumo (kg de MN)</b>				
Silagem de milho (kg/vaca/dia)	36,32	38,69	41,58	41,47
Concentrado (kg/vaca/dia)	4,15	4,42	4,75	4,72
Relação PL/consumo de concentrado	2,8	2,78	2,87	2,94
<b>Preço dos produtos e alimentos</b>				
Preço do leite <sup>1</sup> (R\$/litro)	0,7	0,7	0,7	0,7
Preço do peso corporal <sup>2</sup> (R\$/kg)	2,16	2,16	2,16	2,16
Preço do concentrado <sup>3</sup> (R\$/kg)	0,48	0,57	0,65	0,72
Preço da silagem de milho <sup>4</sup> (R\$/kg)	0,07	0,07	0,07	0,07
<b>Valor da produção por vaca</b>				
Produção de leite (R\$/vaca/dia)	8,13	8,61	9,54	9,72
Variação de peso (R\$/vaca/dia)	-1,78	-0,16	1,14	0,69
Total (R\$/vaca/dia)	6,35	8,45	10,68	10,41
<b>Valor da produção por litro</b>				
Produção de leite (R\$/litro)	0,7	0,7	0,7	0,7
Variação de peso (R\$/litro)	-0,15	-0,01	0,08	0,05
Total (R\$/litro)	0,55	0,69	0,78	0,75
<b>Gasto com alimentação por vaca</b>				
Volumoso (R\$/vaca/dia)	2,54	2,71	2,91	2,90
Concentrado (R\$/vaca/dia)	1,99	2,52	3,09	3,40
Total (R\$/vaca/dia)	4,53	5,23	6,00	6,30
<b>Gasto com alimentação por litro</b>				
Volumoso (R\$/litro)	0,22	0,22	0,21	0,21
Concentrado (R\$/litro)	0,17	0,20	0,23	0,24
Total (R\$/litro)	0,39	0,43	0,44	0,45
<b>Saldo sem variação de peso</b>				
Por vaca (R\$/dia)	3,60	3,38	3,54	3,42
Por litro (R\$/dia)	0,31	0,27	0,26	0,25
<b>Saldo com variação de peso</b>				
Por vaca (R\$/dia)	1,82	3,22	4,68	4,11
Por litro (R\$/dia)	0,16	0,26	0,34	0,30
<b>Gasto % do valor da prod. leite</b>				
Volumoso (%)	0,31	0,31	0,31	0,30
Concentrado (%)	0,17	0,20	0,23	0,24
Total (%)	0,48	0,52	0,53	0,54

<sup>1</sup> Preço médio do leite praticado em Minas Gerais durante o ano de 2008;

<sup>2</sup> Preço do peso vivo de vaca de descarte;

<sup>3</sup> Preço médio dos ingredientes durante o ano de 2008;

<sup>4</sup> Preço médio de produção da silagem de milho em 2008.

Pode-se observar que houve aumento do custo com alimentação em função da receita do leite quando elevou o nível protéico da dieta, porém os animais aumentaram ( $P < 0,05$ ) a variação de peso corporal com o aumento de PB na dieta. Assim, verificou-se maior saldo por vaca e por litro de leite (R\$3,60 e R\$0,31) no nível de 10% de PB, quando analisado sem variação de peso corporal. No entanto, quando se consideram as variações de peso corporal, o nível de 14% de PB proporcionou maior saldo por vaca e por litro de leite (R\$4,68 e R\$0,34).

## **CONCLUSÃO**

A dieta com o nível de 14% de proteína bruta proporcionou melhores retornos financeiros, associados aos resultados favoráveis na produção de leite e condição corporal dos animais.

## LITERATURA CITADA

- AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford, UK: CAB International, 1993. 159p.
- ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1598-1624, 2000.
- BACH, A.; HUNTINGTON, G.B.; CALSAMIGLIA, S. et al. Nitrogen metabolism of early lactation cows fed diets with two different levels of protein and different amino acid profiles. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.2585-2595, 2000.
- BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal:Funep, 2006. 583p.
- BRODERICK, G.A. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.4, p.1370-1381, 2003.
- BRODERICK, G.A.; CLAYTON, M.K. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.11, p.2964-2971, 1997.
- CASALI, A.O.; DETMAN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. 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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.335-342, 2008.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA AGRÍCOLA - CEPEA. Acessado em 29-01-2009. Disponível em [www.cepea.esalq.com.br](http://www.cepea.esalq.com.br).
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details. INTERNATIONAL FEED RESEARCH UNIT. Rowett Research Institute. Aberdeen, UK. (occasional publication). 1992. 21p.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Consumo, digestibilidade e excreção de uréia e derivados de purinas em vacas de diferentes níveis de produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.138-146, 2007.
- FONSECA, F.A. **Fisiologia da Lactação**. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Viçosa-MG: UFV. 1995. 137p.
- HALL, M.B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. University of Florida, 2000. P.A-25 (Bulletin 339, April-2000).

- IDF – INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION. **Whole milk determination of milkfat, protein and lactose content. Guide for the operation of mid-infra-red instruments.** Bruxelles: 1996. 12p. (IDF Standard 141 B).
- KALSCHEUR, K.F.; VANDERSALL, J.H.; ERDMAN, R.A. et al. Effects of dietary crude protein concentration and degradability on milk production responses of early, mid, and late lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.545-554, 1999.
- KALSCHEUR, K.F.; BALDWIN VI, R.L.; GLENN, B.P. et al. Milk production of dairy cows fed differing concentrations of rumen-degraded protein. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.249-259, 2006.
- KITTESSA, S.; FLINN, P.C.; IRISH, G.G. Comparison of methods used to predict the in vivo digestibility of feeds in ruminants. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.50, p.825-841, 1999.
- LAMBERSON, W.R.; KAPS, M. **Biostatistics for Animal Science**. Editora CABI, Cambridge, MA, 2004. 445p.
- LANA, R.P. **Respostas biológicas aos nutrientes**. 1ª ed. Viçosa: Editora CPD, 2007a. 177p.
- LANA, R.P. **Sistema Viçosa de formulação de rações**. 4ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2007b. 91p.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.
- MARAIS, J.P. **Farm animal metabolism and nutrition**. In: D’MELLO, J.P.F. (Ed.) Cab Internacional, 2000.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 6ª ed. Washington, DC: National Academy Press, 1989. 159p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7ª ed. rev. Washington DC: National Academic Press, 2001. 381p.

- OLIVEIRA, A.S. **Co-produtos da extração de óleo de sementes de mamona e de girassol na alimentação de ruminantes**. Viçosa, MG: UFV, 2008. p.166. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- OLMOS COLMENERO, J.J.; BRODERICK, G.A. Effect of dietary crude protein concentration on ruminal nitrogen metabolism in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.1694–1703, 2006a.
- OLMOS COLMENERO, J.J.; BRODERICK, G.A. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.1704-1712, 2006b.
- PEREIRA, M.L.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Consumo, digestibilidade aparente total, produção e composição do leite em vacas no terço inicial da lactação alimentadas com níveis crescentes de proteína bruta no concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.1029-1039, 2005a.
- PEREIRA, M.L.A.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Consumo, digestibilidade aparente total, produção e composição do leite em vacas no terço médio da lactação alimentadas com níveis crescentes de proteína bruta no concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.1040-1050, 2005b.
- PEREZ, J.F.; BALCELLS, J.; GUADA, J.A. et al. Determination of rumen microbial-nitrogen production in sheep: a comparison of urinary purine excretion with methods using <sup>15</sup>N and purine bases as markers of microbial-nitrogen entering the duodenal. **British Journal Nutrition**, v.75, p.699-709, 1996.
- RENNÓ, L.N.; VALADARES, R.F.D.; LEÃO, M.I. et al. Estimativa da produção de proteína microbiana pelos derivados de purinas na urina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1223-1234, 2000.
- REYNAL, S.M.; BRODERICK, G.A. Effect of dietary level of rumen-degraded protein on production and nitrogen metabolism in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.4045–4064, 2005.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3<sup>a</sup>.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SKLAN, D.; ASHKENNAZI, R.; BRAUN, A. et al. Fatty acids, calcium soaps of fatty acids, and cottonseeds fed to high yielding cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2463-2472, 1992.

- SNIFFEN, C.J.; BEVERLY, R.W.; MOONEY, C.S. Nutrient requirement versus supply in dairy cow: Strategies to account for variability. **Journal of Dairy Science**, v.70, n.11, p.3660-3178, 1993.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS/STAT user's guide**. v.2, 4.ed. Cary: 1989. 846p.
- STORM, E.; ØRSKOV, E. R. The nutritive value of rumen microorganisms in ruminant. 1. Large-scale isolation and chemical composition of rumen microorganisms. **British Journal of Nutrition**, v.50, p.463– 470, 1983.
- TIMMERMANS Jr, S.J.; JOHNSON, L.M.; HARRISON, J.H. et al. Estimation of the flow of microbial nitrogen to the duodenum using milk uric acid or allantoin. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.6, p.1286–1299, 2000.
- VALADARES FILHO, S.C.; BRODERICK, G.A.; VALADARES, R.F.D. et al. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.106-114, 2000.
- VALADARES FILHO, S.C.; CABRAL, L.S. Aplicação dos princípios de nutrição de ruminantes em Regiões Tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais ... Recife: SBZ**, 2002. p.514-543.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2<sup>a</sup> ed. Ithaca, New York: Cornell University, 1994. 476p.
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, n.3, p.243-248, 1990.
- WILSON, J.R.; KENNEDY, P.M. Plant and animal constraints to voluntary feed intake associated with fibre characteristics and particle breakdown and passage in ruminants. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.47, n.1, p.199-225, 1996.

## **ANEXO**

Tabela A1 – Observações de consumos diários de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e fibra em detergente neutro (FDN)

Trat	Per	Vaca	QL	Consumo (kg/dia)					%Peso vivo		g/kg <sup>0,75</sup>
				MS	MO	PB	EE	FDN	MS	FDN	MS
1	1	1	3	9,77	9,26	0,90	0,30	4,06	2,32	0,96	105,05
1	4	3	2	12,01	11,41	1,11	0,33	5,21	2,38	1,03	112,96
1	1	1	1	12,05	11,43	1,08	0,36	5,13	2,80	1,19	127,61
1	2	3	1	12,14	11,52	1,15	0,29	5,13	2,50	1,06	117,47
1	4	4	1	12,19	11,57	1,14	0,33	5,28	1,87	0,81	94,62
1	3	2	1	12,84	12,15	1,22	0,37	5,37	2,36	0,99	114,04
1	3	4	3	12,90	12,22	1,25	0,38	5,48	1,97	0,84	99,59
1	2	2	2	12,98	12,32	1,21	0,32	5,54	2,79	1,19	129,56
1	2	3	3	13,06	12,38	1,23	0,32	5,56	2,35	1,00	113,95
1	4	2	3	13,67	12,99	1,26	0,37	5,87	2,62	1,12	125,15
1	3	4	2	14,06	13,31	1,34	0,40	5,90	1,98	0,83	102,18
1	1	1	2	16,55	15,70	1,48	0,51	7,11	2,38	1,02	122,13
2	2	1	3	10,40	9,84	1,23	0,26	4,44	2,40	1,03	109,53
2	4	2	2	10,83	10,27	1,25	0,31	4,79	2,38	1,05	109,93
2	3	3	2	11,11	10,50	1,31	0,32	4,87	2,28	1,00	107,10
2	1	2	1	12,48	11,82	1,40	0,38	5,50	2,31	1,02	111,51
2	2	1	1	13,13	12,42	1,54	0,33	5,65	2,92	1,26	134,35
2	3	4	1	13,57	12,82	1,61	0,39	5,87	2,15	0,93	107,67
2	4	3	1	14,45	13,71	1,67	0,39	6,37	2,92	1,28	137,57
2	3	2	3	14,61	13,81	1,71	0,42	6,36	2,82	1,23	134,63
2	4	3	3	15,79	14,97	1,84	0,43	7,01	2,68	1,19	131,97
2	1	4	2	15,92	15,08	1,76	0,49	7,00	2,23	0,98	115,44
2	1	4	3	16,67	15,79	1,85	0,51	7,35	2,51	1,10	127,26
2	2	1	2	17,96	17,00	2,07	0,45	7,86	2,57	1,12	131,94
3	4	1	3	10,39	9,84	1,47	0,29	4,61	2,34	1,04	107,50
3	2	3	2	11,59	10,97	1,59	0,30	5,26	2,34	1,06	110,49
3	2	4	1	13,29	12,56	1,83	0,34	6,00	2,10	0,95	105,41
3	3	1	1	13,62	12,87	1,90	0,40	6,02	3,00	1,33	138,63
3	1	3	1	14,88	14,07	1,97	0,45	6,73	2,92	1,32	138,61
3	1	2	2	14,92	14,12	2,00	0,46	6,73	3,18	1,43	147,83
3	1	2	3	15,64	14,81	2,09	0,48	7,01	3,07	1,38	145,87
3	4	2	1	15,83	15,01	2,16	0,43	7,22	2,89	1,32	139,80
3	4	4	2	16,13	15,28	2,21	0,45	7,30	2,19	0,99	114,27
3	3	3	3	17,04	16,08	2,36	0,50	7,56	2,96	1,32	145,08
3	2	4	3	17,14	16,22	2,36	0,44	7,78	2,50	1,14	128,11
3	3	1	2	18,44	17,41	2,57	0,54	8,24	2,63	1,18	135,41
4	3	2	2	10,22	9,62	1,75	0,34	4,65	2,24	1,02	103,46
4	3	1	3	11,19	10,54	1,81	0,36	5,14	2,56	1,18	116,99
4	1	3	2	12,52	11,83	1,93	0,42	5,86	2,55	1,20	120,11
4	4	1	1	14,12	13,36	2,24	0,42	6,54	3,10	1,44	143,36
4	3	3	1	14,34	13,52	2,31	0,46	6,66	2,92	1,36	137,60
4	2	2	1	15,16	14,31	2,43	0,42	7,08	2,72	1,27	132,02
4	2	2	3	15,81	14,94	2,52	0,44	7,30	3,00	1,39	143,78
4	1	4	1	15,87	14,98	2,46	0,53	7,40	2,51	1,17	125,79
4	2	4	2	16,54	15,62	2,64	0,46	7,63	2,30	1,06	119,02
4	1	3	3	17,63	16,64	2,70	0,58	8,20	3,03	1,41	148,85
4	4	4	3	17,69	16,74	2,75	0,52	8,31	2,61	1,23	133,35
4	4	1	2	17,72	16,76	2,81	0,53	8,35	2,46	1,16	127,42

Tabela A2 – Observações de coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, PB, EE, FDN, FDNcp, carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais observado (NDT<sub>obs</sub>)

Trat	Per	Vaca	QL	MS	MO	PB	EE	CT	FDN	FDNcp	CNF	NDT <sub>OBS</sub>
1	1	1	3	64,43	66,62	53,50	76,60	65,64	52,04	54,50	79,40	65,78
1	4	3	2	63,41	64,90	58,44	71,98	63,49	49,15	51,42	79,12	64,60
1	1	1	1	57,66	59,99	53,13	70,16	59,02	40,60	41,22	78,43	58,82
1	2	3	1	55,77	58,31	47,90	66,52	57,72	39,80	40,85	76,31	56,34
1	4	4	1	64,21	67,05	56,89	67,10	66,21	56,56	59,24	76,75	65,25
1	3	2	1	58,61	60,76	55,68	63,02	59,89	44,22	45,11	76,08	59,46
1	3	4	3	62,17	64,05	59,64	77,76	62,34	50,93	52,78	74,59	63,67
1	2	2	2	57,31	59,17	55,19	55,29	57,87	37,05	38,57	79,82	57,51
1	2	3	3	65,30	67,20	59,99	77,69	65,94	53,23	55,18	79,35	66,21
1	4	2	3	58,05	59,88	54,68	62,28	58,86	44,66	46,15	74,02	58,99
1	3	4	2	64,71	67,13	53,07	68,89	67,02	55,00	56,88	79,52	65,77
1	1	1	2	56,57	58,30	50,84	71,44	57,34	42,21	42,86	73,65	57,93
2	2	1	3	63,93	66,19	58,64	75,42	65,40	50,36	51,71	82,46	64,78
2	4	2	2	65,71	67,63	59,14	65,25	67,11	57,57	59,76	78,78	66,75
2	3	3	2	65,20	67,38	67,27	67,34	65,94	54,82	56,07	79,45	66,19
2	1	2	1	57,18	59,17	60,13	74,65	56,90	41,39	42,51	75,66	58,71
2	2	1	1	61,79	63,60	58,23	72,44	62,14	52,14	54,29	73,67	62,60
2	3	4	1	66,40	68,93	68,88	82,61	66,43	55,67	58,02	79,15	67,88
2	4	3	1	62,33	64,13	59,06	71,62	63,25	53,23	54,45	75,33	63,51
2	3	2	3	63,41	65,75	63,84	76,94	63,43	54,54	57,21	74,06	64,78
2	4	3	3	64,47	66,55	60,90	82,21	65,26	55,56	57,27	77,19	66,06
2	1	4	2	66,06	68,06	65,66	70,74	66,56	54,45	56,19	81,10	67,31
2	1	4	3	65,60	67,45	64,79	79,76	65,53	55,01	56,92	78,19	67,14
2	2	1	2	60,79	63,08	56,74	60,16	62,37	50,52	52,09	76,42	61,19
3	4	1	3	66,30	68,41	66,22	71,53	67,53	60,10	60,48	77,43	66,93
3	2	3	2	64,32	66,53	69,03	80,16	63,61	54,11	55,65	76,69	64,80
3	2	4	1	65,63	69,32	71,22	79,08	66,03	53,15	55,68	83,66	66,09
3	3	1	1	65,39	67,05	68,30	80,47	64,91	54,24	54,67	78,99	66,30
3	1	3	1	62,91	64,19	65,19	75,18	61,79	51,53	52,57	75,81	63,74
3	1	2	2	63,79	65,69	70,01	78,78	62,46	50,40	51,68	78,86	64,81
3	1	2	3	62,85	65,04	66,89	76,59	61,90	50,56	52,60	77,12	63,76
3	4	2	1	63,18	65,42	66,07	80,80	62,92	52,87	54,28	76,85	64,12
3	4	4	2	66,16	69,41	67,54	76,77	67,62	56,46	57,98	82,89	66,97
3	3	3	3	63,30	65,58	72,36	68,35	62,38	52,17	53,37	76,01	63,75
3	2	4	3	63,96	66,49	66,90	77,03	64,17	55,25	56,64	76,43	64,39
3	3	1	2	67,06	69,33	68,01	74,40	67,83	62,67	63,78	74,82	67,78
4	3	2	2	71,24	73,15	75,15	56,78	72,19	67,42	67,24	79,85	70,53
4	3	1	3	66,00	67,84	73,46	85,16	63,59	58,10	59,33	72,31	66,54
4	1	3	2	64,93	66,60	74,26	79,74	62,97	55,72	55,47	74,73	65,43
4	4	1	1	66,62	68,22	72,31	72,11	65,94	59,24	59,03	76,45	66,65
4	3	3	1	64,04	66,09	71,55	73,32	62,54	54,98	55,66	74,83	64,13
4	2	2	1	61,40	63,52	73,55	80,54	59,01	49,16	48,89	74,89	61,30
4	2	2	3	61,96	64,52	69,74	69,15	61,86	56,73	56,39	69,85	61,50
4	1	4	1	66,72	68,91	74,85	83,97	64,49	56,71	58,32	77,03	67,43
4	2	4	2	68,22	70,54	77,26	73,09	66,91	58,73	59,73	79,66	67,86
4	1	3	3	61,54	63,55	68,63	83,26	59,26	50,25	51,27	73,54	62,15
4	4	4	3	61,41	64,06	69,78	69,57	60,66	54,34	55,16	70,84	61,39
4	4	1	2	66,97	68,93	70,73	77,00	66,07	58,76	60,03	78,09	67,17

Tabela A3 – Observações de consumo de NDT e de carboidratos não fibrosos (CNF), peso vivo (PV), variação de peso vivo (VPV), produção de leite (PL), produção de leite corrigido para 3,5% de gordura (PLC), eficiência da PL (Efic), percentagem no leite e produção diária de proteína (Ptn)

Trat	Per	Vaca	QL	NDT (kg/dia)	CNF (kg/dia)	PV (kg)	VPV (kg/dia)	PL (kg/dia)	PLC (kg/dia)	Efic.	Ptn (%)	Ptn (g/dia)
1	1	1	3	6,43	4,01	421,5	-2,03	8,46	7,86	0,91	2,96	250,4
1	4	3	2	7,76	4,78	503,5	1,14	11,1	10,4	0,90	2,66	295,3
1	1	1	1	7,09	4,87	430,0	-1,03	14,2	14,23	1,15	3,45	489,9
1	2	3	1	6,84	4,95	485,0	-1,79	12,52	12,96	1,01	2,86	358,1
1	4	4	1	7,95	4,83	650,5	1,32	9,86	9,77	0,78	2,82	278,1
1	3	2	1	7,63	5,20	543,5	-1,04	12,76	12,52	0,95	2,95	376,4
1	3	4	3	8,22	5,11	655,5	-2,07	10,28	11,96	0,74	4,01	412,2
1	2	2	2	7,47	5,25	465,5	-0,32	12,44	11,16	0,91	2,8	348,3
1	2	3	3	8,64	5,27	556,5	-1,79	11,8	12,63	0,89	3,56	420,1
1	4	2	3	8,06	5,49	522,0	0,32	8,84	8,8	0,63	3,25	287,3
1	3	4	2	9,25	5,68	710,5	-0,68	11,76	12,76	0,80	3,66	430,4
1	1	1	2	9,59	6,60	696,0	-1,94	15,32	14,91	0,90	3,09	473,4
2	2	1	3	6,74	3,91	433,0	0,82	9,36	9,66	0,90	3,11	291,1
2	4	2	2	7,23	3,92	455,0	-0,11	9,12	8,43	0,82	2,83	258,1
2	3	3	2	7,35	4,01	487,5	-0,54	11,88	10,89	1,01	2,73	324,3
2	1	2	1	7,33	4,54	539,5	-1,38	11,52	10,89	0,91	2,93	337,5
2	2	1	1	8,22	4,90	450,0	1,43	14,86	13,28	1,10	2,9	430,9
2	3	4	1	9,21	4,96	632,0	0	9,92	9,52	0,70	3,18	315,5
2	4	3	1	9,18	5,28	495,5	0,36	14,26	14,78	0,96	2,91	415,0
2	3	2	3	9,46	5,32	517,5	-0,68	10,88	11,74	0,71	3,37	366,7
2	4	3	3	10,43	5,70	589,5	1,04	13,14	13,51	0,80	3,63	477,0
2	1	4	2	10,72	5,83	712,5	-0,71	13,8	13,83	0,84	3	414,0
2	1	4	3	11,20	6,10	665,5	-1,41	14,04	16,74	0,83	4,27	599,5
2	2	1	2	10,99	6,63	700,0	0,29	14,84	15,36	0,80	3,14	466,0
3	4	1	3	6,95	3,47	443,5	0,43	9,56	10,98	0,90	2,99	285,8
3	2	3	2	7,51	3,82	495,0	0,32	14	13,17	1,16	2,94	411,6
3	2	4	1	8,78	4,39	632,0	-0,07	9,84	8,74	0,71	3,41	335,5
3	3	1	1	9,03	4,56	453,5	0,25	15,92	14,59	1,09	2,73	434,6
3	1	3	1	9,48	4,92	510,0	-0,35	16,26	13,55	1,07	2,7	439,0
3	1	2	2	9,67	4,94	470,0	0,68	13,6	14,72	0,89	3,25	442,0
3	1	2	3	9,97	5,23	509,5	0,29	13,56	13,46	0,85	3,05	413,6
3	4	2	1	10,15	5,21	548,0	0,32	14,84	13,98	0,90	3,03	449,7
3	4	4	2	10,80	5,33	735,0	1,75	13,42	14,19	0,80	3,74	501,9
3	3	3	3	10,86	5,67	575,0	1,32	14,12	15,12	0,78	3,66	516,8
3	2	4	3	11,04	5,65	684,5	1,36	13,82	16,62	0,76	4,33	598,4
3	3	1	2	12,50	6,08	700,5	0,04	14,64	13,22	0,75	3,14	459,7
4	3	2	2	7,21	2,90	456,5	-0,64	7,9	8,23	0,76	2,76	218,0
4	3	1	3	7,45	3,24	437,5	0,32	10,06	9,89	0,86	3,19	320,9
4	1	3	2	8,19	3,62	490,5	-0,76	15,56	16,41	1,21	3,58	557,0
4	4	1	1	9,41	4,17	455,0	0,11	17,18	17,19	1,17	3,29	565,2
4	3	3	1	9,20	4,10	490,5	0,39	13,9	15,36	0,92	3,06	425,3
4	2	2	1	9,29	4,39	558,0	1,32	17,06	17,68	1,07	3,41	581,7
4	2	2	3	9,73	4,69	527,0	1,25	13,66	14,76	0,82	3,75	512,3
4	1	4	1	10,70	4,59	633,0	-2,29	11,1	12,41	0,68	3,79	420,7
4	2	4	2	11,23	4,90	720,0	0,54	14,5	16,14	0,83	3,86	559,7
4	1	3	3	10,95	5,18	581,5	0,71	15,66	17,55	0,86	3,84	601,3
4	4	4	3	10,86	5,17	676,5	1,5	12,6	15,29	0,68	4,2	529,2
4	4	1	2	11,90	5,09	720,5	1,43	17,34	19,3	0,94	3,03	525,4

Tabela A4 – Observações de teores e produção de gordura (GOR), lactose (LAC), estrato seco total (EST), estrato seco desengordurado (ESD) e contagem de células somáticas no leite

Trat	Per	Vaca	QL	GOR (%)	GOR (g/dia)	LAC (%)	LAC (g/dia)	EST (%)	EST (g/dia)	ESD (%)	ESD (g/dia)	CCS
1	1	1	3	3,06	258,9	4,36	368,9	11,44	967,8	8,38	708,9	54
1	4	3	2	3,11	345,2	4,69	520,6	11,32	1256,5	8,21	911,3	10
1	1	1	1	3,51	498,4	4,6	653,2	12,73	1807,7	9,22	1309,2	31
1	2	3	1	3,71	464,5	5,09	637,3	12,64	1582,5	8,93	1118,0	130
1	4	4	1	3,44	339,2	4,89	482,2	12,08	1191,1	8,64	851,9	121
1	3	2	1	3,38	431,3	4,93	629,1	12,22	1559,3	8,84	1128,0	8
1	3	4	3	4,5	462,6	4,24	435,9	13,85	1423,8	9,35	961,2	513
1	2	2	2	2,86	355,8	4,83	600,9	11,38	1415,7	8,52	1059,9	32
1	2	3	3	3,93	463,7	4,73	558,1	13,29	1568,2	9,36	1104,5	490
1	4	2	3	3,47	306,7	5,05	446,4	12,8	1131,5	9,33	824,8	68
1	3	4	2	4,02	472,8	4,43	521,0	13,16	1547,6	9,14	1074,9	807
1	1	1	2	3,33	510,2	4,33	663,4	11,84	1813,9	8,51	1303,7	225
2	2	1	3	3,69	345,4	5,12	479,2	12,94	1211,2	9,25	865,8	27
2	4	2	2	3,03	276,3	4,49	409,5	11,21	1022,4	8,18	746,0	27
2	3	3	2	2,98	354,0	4,66	553,6	11,24	1335,3	8,26	981,3	10
2	1	2	1	3,16	364,0	4,55	524,2	11,72	1350,1	8,56	986,1	20
2	2	1	1	2,84	422,0	5,04	748,9	11,71	1740,1	8,87	1318,1	201
2	3	4	1	3,25	322,4	4,78	474,2	12,18	1208,3	8,93	885,9	16
2	4	3	1	3,72	530,5	4,97	708,7	12,56	1791,1	8,84	1260,6	219
2	3	2	3	3,98	433,0	4,93	536,4	13,34	1451,4	9,36	1018,4	80
2	4	3	3	3,67	482,2	4,7	617,6	13,05	1714,8	9,38	1232,5	258
2	1	4	2	3,51	484,4	4,74	654,1	12,39	1709,8	8,88	1225,4	27
2	1	4	3	4,68	657,1	4,05	568,6	14,23	1997,9	9,55	1340,8	320
2	2	1	2	3,71	550,6	4,78	709,4	12,62	1872,8	8,91	1322,2	55
3	4	1	3	4,41	421,6	5,02	479,9	13,45	1285,8	9,04	864,2	34
3	2	3	2	3,13	438,2	4,75	665,0	11,73	1642,2	8,6	1204,0	20
3	2	4	1	2,81	276,5	4,92	484,1	12,15	1195,6	9,34	919,1	27
3	3	1	1	2,98	474,4	5,03	800,8	11,64	1853,1	8,66	1378,7	71
3	1	3	1	2,47	401,6	4,72	767,5	10,93	1777,2	8,46	1375,6	74
3	1	2	2	4	544,0	4,91	667,8	13,36	1817,0	9,36	1273,0	100
3	1	2	3	3,45	467,8	4,85	657,7	12,51	1696,4	9,06	1228,5	313
3	4	2	1	3,14	466,0	4,85	719,7	11,96	1774,9	8,82	1308,9	45
3	4	4	2	3,85	516,7	4,44	595,8	13,08	1755,3	9,23	1238,7	1070
3	3	3	3	3,93	554,9	4,72	666,5	13,38	1889,3	9,45	1334,3	593
3	2	4	3	4,74	655,1	4,28	591,5	14,53	2008,0	9,79	1353,0	358
3	3	1	2	2,9	424,6	4,36	638,3	11,3	1654,3	8,4	1229,8	5246
4	3	2	2	3,75	296,3	4,67	368,9	12,09	955,1	8,34	658,9	56
4	3	1	3	3,39	341,0	4,94	497,0	12,51	1258,5	9,12	917,5	307
4	1	3	2	3,83	595,9	4,71	732,9	13,32	2072,6	9,49	1476,6	293
4	4	1	1	3,5	601,3	4,78	821,2	12,58	2161,2	9,08	1559,9	41
4	3	3	1	4,14	575,5	4,93	685,3	13,15	1827,9	9,01	1252,4	59
4	2	2	1	3,72	634,6	4,76	812,1	12,92	2204,2	9,2	1569,5	18
4	2	2	3	3,99	545,0	4,94	674,8	13,81	1886,4	9,82	1341,4	213
4	1	4	1	4,22	468,4	4,31	478,4	13,52	1500,7	9,3	1032,3	1008
4	2	4	2	4,19	607,6	4,56	661,2	13,71	1988,0	9,52	1380,4	301
4	1	3	3	4,24	664,0	4,51	706,3	13,81	2162,6	9,57	1498,7	575
4	4	4	3	4,81	606,1	4,13	520,4	14,28	1799,3	9,47	1193,2	595
4	4	1	2	4,19	726,5	4,68	811,5	12,88	2233,4	8,69	1506,8	60

Tabela A5 – Observações de consumo de nitrogênio total (CNT), excreção de nitrogênio nas fezes (EMF), na urina (EUNU) e no leite (ENL), balanço de nitrogênio (BN), Excreção de uréia na Urina (EUNU), concentração de uréia no leite (NUL) e no plasma (NUP) e relação NUL/NUP

Trat	Per	Vaca	QL	(g/dia)					(g/dia)		(mg/dL)		NUL/ NUP
				CNT	ENF	ENU	ENL	BN	EUNU	NUL	NUP		
1	1	1	3	144,27	67,09	42,14	40,07	-5,02	12,31	2,19	7,14	0,31	
1	4	3	2	177,31	73,69	106,32	47,24	-49,93	26,05	1,92	3,46	0,55	
1	1	1	1	172,94	81,06	46,42	78,38	-32,93	19,66	1,94	2,70	0,72	
1	2	3	1	184,13	95,92	38,58	57,29	-7,67	12,26	1,45	4,63	0,31	
1	4	4	1	182,55	78,69	169,83	44,49	-110,46	30,88	1,42	3,36	0,42	
1	3	2	1	195,49	86,64	59,36	60,23	-10,74	17,53	2,24	3,53	0,63	
1	3	4	3	200,72	81,02	117,47	65,96	-63,73	14,28	1,52	3,83	0,40	
1	2	2	2	193,96	86,92	41,07	55,73	10,24	8,16	1,47	5,17	0,28	
1	2	3	3	197,29	78,95	49,79	67,21	1,35	17,15	2,09	5,26	0,40	
1	4	2	3	201,93	91,52	77,42	45,97	-12,97	22,55	1,89	3,95	0,48	
1	3	4	2	213,68	100,27	74,02	68,87	-29,48	25,82	1,94	3,41	0,57	
1	1	1	2	237,05	116,55	69,01	75,74	-24,24	22,38	1,37	3,24	0,42	
2	2	1	3	196,88	81,43	54,82	46,58	14,06	34,63	2,09	12,70	0,16	
2	4	2	2	200,55	81,95	125,05	41,30	-47,74	30,79	3,64	7,68	0,47	
2	3	3	2	209,80	68,66	83,62	51,89	5,63	45,34	1,20	6,14	0,19	
2	1	2	1	224,52	89,52	59,96	54,01	21,04	29,35	2,24	6,75	0,33	
2	2	1	1	246,61	103,02	51,98	68,95	22,66	17,83	1,22	9,24	0,13	
2	3	4	1	257,97	80,29	48,16	50,47	79,04	40,06	1,64	4,80	0,34	
2	4	3	1	267,56	109,53	81,09	66,39	10,54	35,00	3,54	6,43	0,55	
2	3	2	3	273,32	98,82	80,73	58,66	35,10	32,04	3,02	4,24	0,71	
2	4	3	3	294,65	115,21	231,08	76,32	-127,96	39,95	3,54	8,02	0,44	
2	1	4	2	281,86	96,79	98,81	66,24	20,02	65,75	2,82	7,14	0,39	
2	1	4	3	295,20	103,94	84,22	95,92	11,13	37,33	2,02	6,02	0,34	
2	2	1	2	331,31	143,32	67,09	74,56	46,34	25,70	2,79	7,99	0,35	
3	4	1	3	235,19	79,44	64,94	45,74	45,08	60,61	10,14	13,79	0,74	
3	2	3	2	254,49	78,81	97,23	65,86	12,60	77,06	4,51	11,48	0,39	
3	2	4	1	293,48	84,48	99,03	53,69	56,28	64,77	2,82	9,36	0,30	
3	3	1	1	303,57	96,23	108,61	69,54	29,19	60,25	1,67	11,82	0,14	
3	1	3	1	315,81	109,94	98,45	70,24	37,17	66,92	2,82	9,07	0,31	
3	1	2	2	319,23	95,75	95,26	70,72	57,50	84,11	4,21	11,28	0,37	
3	1	2	3	334,65	110,79	107,82	66,17	49,87	67,62	2,74	11,26	0,24	
3	4	2	1	345,68	117,30	201,97	71,94	-45,54	96,68	5,91	9,53	0,62	
3	4	4	2	353,89	114,87	61,82	80,31	96,90	138,80	6,28	11,01	0,57	
3	3	3	3	377,98	104,48	154,67	82,69	36,14	69,35	1,82	9,92	0,18	
3	2	4	3	376,98	124,78	96,91	95,74	59,54	46,49	1,87	11,65	0,16	
3	3	1	2	410,59	131,35	70,54	73,55	135,16	117,48	1,92	9,77	0,20	
4	3	2	2	279,21	69,38	163,13	34,89	11,80	161,37	1,35	16,06	0,08	
4	3	1	3	289,30	76,77	104,26	51,35	56,93	65,83	2,04	16,16	0,13	
4	1	3	2	308,85	79,49	129,40	89,13	10,83	105,03	6,43	11,33	0,57	
4	4	1	1	357,79	99,06	207,35	90,44	-39,06	129,96	13,16	18,81	0,70	
4	3	3	1	369,73	105,19	144,95	68,05	51,53	89,32	2,37	12,82	0,18	
4	2	2	1	388,39	102,75	126,04	93,08	66,53	97,93	2,49	15,99	0,16	
4	2	2	3	403,37	122,08	154,95	81,96	44,39	109,66	1,55	14,72	0,10	
4	1	4	1	393,89	99,08	199,52	67,31	27,97	198,40	6,63	11,50	0,58	
4	2	4	2	422,56	96,10	200,34	89,55	36,57	160,26	6,53	18,81	0,35	
4	1	3	3	431,69	135,44	179,95	96,22	20,08	141,94	6,78	16,30	0,42	
4	4	4	3	440,05	132,98	81,55	84,67	140,84	163,99	7,30	13,14	0,56	
4	4	1	2	449,93	131,71	60,08	84,06	174,08	239,68	9,45	13,77	0,69	

Tabela A6 – Observações de excreções de alantoína (ALU), ácido úrico (ACU) e purina totais (PT) na urina, purinas absorvidas (PA), estimativa de síntese de compostos nitrogenados microbianos (Nmic), de proteína (PBmic), eficiência microbiana (Emic) e volume urinário

Trat	Per	Vaca	QL	ALU	ACU	PT	PA	Nmic	PBmic	Emic	VU
				(mmol/dia)				(g/dia)		gPB/kgNDT	(Litros)
1	1	1	3	194,03	30,73	230,77	229,36	166,75	1042,21	158,39	5,02
1	4	3	2	259,45	23,64	291,11	294,34	214,00	1337,48	169,17	7,68
1	1	1	1	258,04	28,18	294,20	303,35	220,55	1378,42	189,75	8,23
1	2	3	1	209,71	37,78	253,97	251,98	183,20	1145,00	163,22	13,50
1	4	4	1	177,07	22,52	205,07	182,91	132,99	831,16	102,56	16,23
1	3	2	1	283,55	38,48	330,80	338,19	245,88	1536,75	196,62	10,30
1	3	4	3	216,64	32,52	255,86	242,34	176,19	1101,20	131,18	14,99
1	2	2	2	263,89	46,62	318,67	329,51	239,57	1497,32	195,47	10,95
1	2	3	3	241,53	48,26	297,25	297,81	216,52	1353,27	153,18	19,36
1	4	2	3	233,35	45,53	286,10	287,12	208,75	1304,68	158,63	14,52
1	3	4	2	253,88	43,92	305,65	297,26	216,12	1350,75	142,99	10,56
1	1	1	2	431,11	47,02	491,47	516,82	375,75	2348,45	239,19	15,34
2	2	1	3	226,86	29,86	263,74	267,28	194,33	1214,54	176,20	6,85
2	4	2	2	168,81	29,26	203,29	194,54	141,44	884,02	120,02	10,10
2	3	3	2	233,49	29,85	270,57	271,32	197,26	1232,90	164,07	8,84
2	1	2	1	318,77	33,76	362,39	375,64	273,11	1706,93	227,75	8,61
2	2	1	1	282,41	40,66	331,80	346,09	251,63	1572,67	186,95	9,33
2	3	4	1	213,06	42,67	262,31	251,51	182,86	1142,87	121,42	24,39
2	4	3	1	257,07	43,65	308,67	315,57	229,44	1433,97	153,25	10,14
2	3	2	3	291,39	51,06	351,47	364,35	264,90	1655,60	171,20	22,31
2	4	3	3	355,60	34,95	401,54	418,21	304,06	1900,38	178,88	10,26
2	1	4	2	281,77	42,77	333,25	329,60	239,63	1497,70	136,77	11,43
2	1	4	3	315,71	59,63	385,10	393,71	286,25	1789,04	156,29	20,33
2	2	1	2	369,31	47,16	427,88	441,75	321,18	2007,34	178,34	16,34
3	4	1	3	197,43	15,76	219,30	214,22	155,75	973,43	131,58	6,79
3	2	3	2	272,99	31,48	312,92	320,60	233,09	1456,83	187,90	9,49
3	2	4	1	250,28	33,46	291,48	285,82	207,81	1298,80	143,37	19,81
3	3	1	1	262,89	49,76	320,78	332,88	242,02	1512,62	162,48	11,83
3	1	3	1	331,85	52,86	394,97	416,07	302,50	1890,62	193,23	19,01
3	1	2	2	281,70	39,83	330,25	342,81	249,24	1557,73	156,16	13,21
3	1	2	3	320,48	47,62	378,00	396,14	288,01	1800,07	174,93	23,41
3	4	2	1	327,68	47,07	384,89	401,51	291,92	1824,48	174,72	19,03
3	4	4	2	396,21	41,86	450,33	465,86	338,70	2116,87	190,63	10,51
3	3	3	3	332,26	38,66	381,19	395,28	287,38	1796,15	160,26	12,46
3	2	4	3	324,29	42,31	376,63	382,48	278,08	1738,02	152,60	24,23
3	3	1	2	451,48	58,19	523,63	554,36	403,05	2519,04	195,80	22,44
4	3	2	2	190,82	37,76	234,48	231,13	168,04	1050,27	139,68	20,86
4	3	1	3	268,55	30,95	307,80	318,79	231,78	1448,61	186,45	8,22
4	1	3	2	238,20	32,81	278,38	280,30	203,79	1273,69	149,06	9,77
4	4	1	1	390,18	46,80	449,04	483,66	351,64	2197,77	224,56	17,15
4	3	3	1	352,73	60,09	423,72	451,29	328,11	2050,68	213,55	18,65
4	2	2	1	408,25	42,10	462,97	492,67	358,20	2238,72	230,11	13,42
4	2	2	3	355,72	69,32	436,05	463,18	336,75	2104,69	206,83	17,86
4	1	4	1	333,73	45,81	389,86	401,49	291,90	1824,40	163,59	30,53
4	2	4	2	386,77	43,77	442,50	457,63	332,72	2079,49	177,65	12,09
4	1	3	3	345,98	33,63	390,31	405,56	294,86	1842,87	160,94	19,84
4	4	4	3	356,28	31,09	398,39	408,61	297,08	1856,74	164,05	37,55
4	4	1	2	308,07	39,04	356,63	356,58	259,25	1620,30	130,95	19,61