

DANIEL DE PAULA SOUSA

**Desempenho, Síntese de Proteína Microbiana e
Comportamento Ingestivo de Vacas Leiteiras
Alimentadas com Cana-de-açúcar e Caroço
de Algodão ou Silagem de Milho**

Tese 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
2003

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

T

S725d
2003

Sousa, Daniel de Paula, 1978-
Desempenho, síntese de proteína microbiana e comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar e caroço de algodão ou silagem de milho / Daniel de Paula Sousa. – Viçosa : UFV, 2003.
79p. : il.

Orientador: José Maurício de Souza Campos
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de

Viçosa

1. Bovino de leite - Desempenho. 2. Bovino de leite - Digestibilidade. 3. Bovino de leite - Parâmetros ruminais. 4. Bovino de leite - Síntese de proteínas microbianas. 5. Bovino de leite - Comportamento ingestivo. 6. Cana-de-açúcar na nutrição de bovino de leite. 7. Caroço de algodão na nutrição de bovino de leite. 8. Silagem de milho na nutrição de bovino de leite. 9. Bovino de leite - Balanço de nitrogênio. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 636.2142

CDD 20.ed. 636.2142

DANIEL DE PAULA SOUSA

**Desempenho, Síntese de Proteína Microbiana e
Comportamento Ingestivo de Vacas Leiteiras
Alimentadas com Cana-de-açúcar e Caroço
de Algodão ou Silagem de Milho**

Tese 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: 07 de fevereiro de 2003

Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho
(Conselheiro)

Prof^a. Rilene Ferreira Diniz Valadares

Prof. Odilon Gomes Pereira

Prof. Carlos Siqueyuki Sedyama

Prof. José Maurício de Souza Campos
(Orientador)

Aos meus pais Cleonaldo e Maria Cristina.

À minha namorada Camilla.

Às minhas irmãs Denise, Débora e Danusa.

Aos meus avós Bento, Guiomar e Alda.

Ao meu avô paterno Rui, com imensa saudade.

A todos os meus familiares.

Aos meus amigos.

AGRADECIMENTO

À Deus, que me concedeu oportunidades e força para enfrentar os desafios possibilitando alcançar mais este objetivo.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Zootecnia, pela realização deste curso.

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

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro.

Aos meus pais Cleonaldo e Maria Cristina pelo amor e dedicação que tem para comigo e minhas irmãs.

À minha namorada Camilla, pela sua paciência, carinho e apoio, e à sua família, pelo incentivo e ajuda em todos os momentos.

Ao Professor José Maurício de Souza Campos, pela competente orientação, pela confiança e amizade, pelo apoio e incentivo em todas as etapas dessa minha formação e dos meus trabalhos.

Aos professores, Sebastião de Campos Valadares filho e Rogério de Paula Lana, pelas sugestões, pelo exemplo de dedicação à UFV e eficiência no planejamento da pesquisa científica.

Aos professores Rilene Ferreira Diniz Valadares, Carlos Sigueyuki Sedyama e Odilon Gomes Pereira, pelos ensinamentos e sugestões indispensáveis à realização deste trabalho.

A todos os professores que ministraram as disciplinas do curso, pelos ensinamentos, em especial à professora Maria Ignez Leão, pelas sugestões e auxílio no experimento.

A todos os funcionários do setor de Gado de Leite, pela imprescindível ajuda recebida durante a realização deste trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, em especial ao Monteiro, pela ajuda na realização das análises laboratoriais.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, Celeste, Adilson, Márcia, Rosana, Cláudio Paulon e Venâncio, por todo auxílio recebido.

Aos estagiários, Júlio, Ramon, Vivian, Fernando e Daniela, pela importantíssima ajuda no período de coleta dos dados.

Aos companheiros da república dos Brutos, Fernando, Janderson, João Luiz e Marcelo, pela amizade e ótimo convívio.

Aos conterrâneos de Catalão, Fernando, Frederico, Igor e Pedro, pela amizade e apoio em qualquer situação.

Aos amigos, Adhemar, Betão, Eduardo, Marcos Lana, Maíra, Raquel, Alice, Leandro, Walker, Bruno, Fernando Bernadino, Maurício e Marcelo (Ary), em especial ao Emerson e a Roberta por todo o apoio.

Aos amigos desde a infância, Mamão, Bardal e Boquinha, pela sincera amizade.

Aos meus primos, Rodrigo, Érica, Aline e Flávia.

Aos colegas de pós-graduação, Humberto, Josué, Sandro, Anderson, Adriano, Marconi e Carla, pela ajuda, respeito e companheirismo.

Aos companheiros de pós-graduação, Karla, Joanis, Fernanda, Robson, Kênia, Márcia, Fernanda Cipriano, Acir, Melo, Edênio, Marinaldo, José Antônio, Bevaldo, Mistura e Ratinho, pelo agradável convívio.

A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, na realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Daniel de Paula Sousa, filho de Cleonaldo Riccioppo de Sousa e Maria Cristina de Paula Sousa, nasceu em Rio Verde, Goiás, em 13 de maio de 1978.

Em março de 1996, iniciou, na Universidade Federal de Viçosa, o curso de graduação em Zootecnia, concluindo-o em março de 2001.

Em Abril de 2001, ingressou no curso de mestrado em Zootecnia, na área de Nutrição de Ruminantes, nessa mesma Universidade, submetendo-se à defesa de tese em 07 de fevereiro de 2003.

ÍNDICE

	Página
RESUMO -----	viii
ABSTRACT -----	x
1. INTRODUÇÃO GERAL -----	1
1.1. Referências Bibliográficas -----	9
2. Capítulo 1: Consumo e Digestibilidade Aparente dos Nutrientes, Produção e Composição do Leite, Economicidade e Comportamento Ingestivo de Vacas Leiteiras Alimentadas com Cana-de-açúcar e Carozo de algodão em comparação com dietas a base de Silagem de Milho -----	13
2.1. Introdução -----	13
2.2. Material e Métodos -----	18
2.3. Resultados e Discussão -----	25
2.4. Conclusões -----	39
2.5. Referências Bibliográficas -----	40
3. Capítulo 2: Produção de Proteína Microbiana, Concentrações de Uréia no Leite e no Plasma, Balanço de Nitrogênio e parâmetros Ruminais de Vacas Leiteiras Alimentadas com Cana-de-açúcar e Carozo de Algodão ou Silagem de Milho -----	46
3.1. Introdução -----	46

3.2. Material e Métodos -----	51
3.3. Resultados e Discussão -----	55
3.4. Conclusões -----	62
3.5. Referências Bibliográficas -----	63
4. Resumo e Conclusões Gerais -----	68
5. Apêndice -----	71

RESUMO

SOUSA, Daniel de Paula, M.S. Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro de 2003. **Desempenho, Síntese de Proteína Microbiana e Comportamento Ingestivo de Vacas Leiteiras Alimentadas com Cana-de-açúcar e Caroço de Algodão ou Silagem de Milho.** Orientador: José Maurício de Souza Campos. Conselheiros: Sebastião de Campos Valadares Filho e Rogério de Paula Lana.

O experimento foi realizado na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Gado de Leite do Departamento de Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, objetivando avaliar o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes, produção e composição do leite, variação de peso corporal, comportamento ingestivo, pH, amônia e protozoários ruminais, balanço de compostos nitrogenados, produção de proteína microbiana, concentração de uréia no plasma e no leite e excreção urinária de uréia em vacas lactantes alimentadas com silagem de milho ou cana-de-açúcar corrigida em seu teor protéico, com 1% da mistura Uréia+Sulfato de amônio, na proporção 9:1, respectivamente, com base na matéria natural, substituída parcialmente pelo caroço de algodão, nos níveis de 0%, 7% e 14%. Foram utilizadas doze vacas da raça Holandesa, puras e mestiças, sendo quatro delas fistuladas no rúmen, distribuídas em três quadrados latinos 4 X 4, balanceados, segundo o número de

dias pós parto, em experimento constituído por quatro períodos com duração de 21 dias cada, sendo 14 dias para adaptação dos animais às dietas e 7 dias para obtenção dos valores de cada parâmetro avaliado. As dietas foram isoprotéicas, com relação volumoso:concentrado de 60:40, na base da matéria seca, sendo formuladas para atender às exigências de vacas lactantes com peso médio de 550 kg e produções diárias de 25 kg de leite com 3,5% de gordura. A silagem de milho proporcionou maior consumo de matéria seca, associado ao maior consumo de nutrientes, maior produção de leite, maior digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro e menor digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos, maiores excreções de N-uréia na urina e maior excreção média diária total de alantoína no leite. Foi também a dieta que proporcionou o maior retorno econômico, em relação aos custos com alimentação. O tratamento com cana-de-açúcar como volumoso exclusivo foi o de pior desempenho, pelo menor consumo de matéria seca, menor produção de leite e, conseqüentemente, menor rentabilidade. Essa dieta apresentou os menores valores de amônia após 6 horas do início da alimentação e maior quantidade de protozoários no rúmen. A inclusão de caroço de algodão, nos tratamentos à base de cana-de-açúcar, promoveu melhoria da qualidade alimentar, não atingindo, contudo, produção de leite e rentabilidade semelhantes ao do tratamento à base de silagem de milho. A inclusão de caroço de algodão promoveu aumento da digestibilidade do extrato etéreo, em relação à dieta com cana-de-açúcar como volumoso exclusivo. A sua inclusão no nível de 14 %, diminuiu a concentração de amônia, aumentou o tempo de ruminação e causou perda de peso dos animais, reduzindo a rentabilidade, apesar do aumento da produção de leite, em relação ao tratamento cana-de-açúcar com 7% de caroço de algodão. Não foram verificadas diferenças nos tempos de alimentação e ócio, na digestibilidade aparente da matéria seca, da matéria orgânica, da proteína bruta e dos carboidratos totais, na concentração de N-uréia no plasma, na excreção de N-uréia no leite, no total de purinas absorvidas como na estimativa de N microbiano e no balanço de nitrogênio, entre os quatro tratamentos.

ABSTRACT

SOUSA, Daniel de Paula, M.S. Universidade Federal de Viçosa, February 2003.
Performance, Microbial Protein Synthesis and Ingestive Behavior of Milking Cows Fed with Sugarcane and Cotton Seeds or Maize Silage.
Adviser: José Maurício de Souza Campos. Committee Members: Sebastião de Campos Valadares Filho and Rogério de Paula Lana.

The present experiment was carried out at the Unit for Teaching, Research and Extension in Dairy Cattle of the Animal Science Department of the Federal University of Viçosa aiming to evaluate the consumption and apparent digestibility of the nutrients, milk composition and production, body weight variation, ingestion behavior, ruminal pH, ammonia and protozoa, nitrogenous compound balance, microbial protein production, blood plasma and milk concentration of urea and urinary excretion of urea in milking cows fed with maize silage or sugarcane corrected for protein content with the addition of 1% on natural mater weight of a mixture of urea:ammonium sulfate, 9:1, partially substituted by cotton seeds, at 0%, 7% and 14%. Twelve Holstein cows, four of them fistulated in the rumen, were distributed on tree 4 X 4 Latin squares, according to the weaning period, in an experiment with four periods of 21 days each, 14 for adaptation to a new diet and 7 for data obtention. The diets were

isoproteic, with roughage:concentrate ratio of 60:40, and were formulated aiming to meet the requirements of a milking cow of 550 kg of body weight and a daily production of 25 kg of 3,5% fat milk. The consumption of dry matter was higher on maize silage diet associated with higher consumption of nutrients, higher milk production, higher apparent digestibility of neutral detergent fiber, lower apparent digestibility of non-fibrous carbohydrates, higher N-urea excretion in the urine and higher excretion of allantoin in the milk. It was also the diet that promoted the largest economical return, in relation to the feeding costs. The diet based on sugarcane as the exclusive roughage showed the lowest performance, due to lower consumption of dry matter and nutrients, lower milk production, loss of body weight, and consequently, lower economical return. This diet also presented lower ammonia concentration after six hours from the beginning of feeding and higher concentration of protozoa in the rumen. The inclusion of cottonseeds improved the feeding properties of the sugarcane, but did not meet the level of maize silage on milk productivity nor economical return. The inclusion of 14% of cottonseeds decreased the concentration of ammonium nitrogenous compounds in the ruminal liquid, increased the rumination time and caused loss of body weight, decreasing the economical return despite the better milk production compared to sugarcane with 7% cottonseeds. It was not observed differences between average feeding time and resting, apparent digestibility of dry matter, organic matter, crude protein, and of total carbohydrates, in N-urea concentration in the plasma, in N-urea excretion in the milk, in the absorbed purines as estimates of microbial N, as well as in the nitrogenous compound balance of the four treatments.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A economia mundial vem passando por inúmeras transformações, em especial nas relações econômicas, fruto do processo de globalização que tem levado à formação de blocos regionais, nos quais as nações buscam maior inserção no comércio internacional. Nesse contexto, deu-se a criação dos blocos regionais da União Européia, do Nafta, do Mercosul e outros (Cypriano e Teixeira, 2001). Diante da nova etapa que se inicia com as negociações de acordos interblocos, como a Área de Livre Comércio das Américas (ALCA), objetivando expandir os acordos do Nafta e do Mercosul para todos os países do continente americano, tem-se receio quanto aos ganhos e perdas do setor agropecuário brasileiro no cenário que se modela atualmente.

O Brasil, dentre outros países, com a rodada Uruguai do GATT, acabou com o protecionismo interno na forma dos subsídios à produção e à exportação, enquanto a União Européia e os Estados Unidos buscam manter a proteção do setor agropecuário dada a sua força política em suas economias (Maa, 2001; citado por Cypriano e Teixeira, 2001).

Dessa forma, os produtos agrícolas norte americanos possuem vantagens comparativas em relação aos dos demais países que, provavelmente, integrariam a ALCA, cabendo às instituições de pesquisa a incumbência de

buscar alternativas para tornar viável, produtivo e eficiente o setor agropecuário brasileiro.

Em relação ao setor leiteiro, vários economistas rurais, entre eles Gomes (2000), nas avaliações dos sistemas de produção de leite que exploram gado mestiço, semiconfinado, têm encontrado como referencial, que o gasto com ração concentrada para o rebanho, em relação ao valor da produção de leite, não deve ultrapassar 30%. Além desse fato, na composição do custo de alimentação, não só os alimentos concentrados, mas também as bases volumosas utilizadas têm participação importante, considerando que representam de 40 a 80% da matéria seca da dieta das várias categorias que compõem o rebanho leiteiro. Além disso, é a sua qualidade que demandará variações na quantidade e na qualidade da ração concentrada.

Independentemente do sistema de produção, confinado ou a pasto, não só no Brasil, mas na maioria das regiões tropicais, por causa das condições climáticas e das características das gramíneas tropicais, todos que se dedicam à atividade leiteira enfrentam o problema da escassez de alimentos volumosos durante o período de seca.

Das tecnologias importadas das regiões de clima temperado, sem dúvida alguma, a utilização de silagens é a eleita pela maioria dos sistemas de produção de leite, como a alternativa de suplementação durante o período da seca, ou até mesmo, durante todo o ano (Nussio, 1993), apesar da demanda considerável de recursos técnicos e financeiros. A busca de alternativas configura-se em viabilizar o uso de volumosos com alta produção de matéria seca nas condições regionais e que demandem poucos recursos técnicos e financeiros, tornando a atividade competitiva e rentável.

A idéia de se aproveitar a cana-de-açúcar como forragem para alimentação de bovinos, em razão de suas características agronômicas e menor custo de produção, quando comparada com silagem, é muito antiga (Galan e Nussio, 2000 a e b). Entretanto, as limitações nutricionais dessa gramínea, destacando-se o baixo teor de proteína, alto teor de carboidratos fermentáveis,

fibra de baixa degradação ruminal, pequeno aporte pós-ruminal de aminoácidos e glicose, aumento na quantidade de protozoários no rúmen e desbalanço de minerais (Valdez et al. 1977; Preston, 1982), estimulam pesquisas objetivando superá-las e disponibilizar a sua utilização para a produção animal.

A maioria dos resultados de pesquisa tem limitado o uso da cana-de-açúcar para vacas de leite de baixa produção (Castro et al., 1967; Naufel et al., 1969; Nogueira Filho et al., 1977; Boin et al., 1983a e b; Paiva et al., 1991). Resultados mais animadores foram encontrados nos trabalhos de Peixoto (1992), Valvasori et al. (1995), Pires et al. (1999), Magalhães (2001) e Mendonça (2002).

No trabalho de Magalhães (2001), que avaliou o efeito de substituição de até 100% da silagem de milho por cana-de-açúcar, em dietas completas para vacas produzindo em média 24 kg de leite/dia, a produção decresceu linearmente, com o nível de substituição. Entretanto, após avaliar a variação de peso e a economicidade da substituição, concluiu-se que o nível de 33% de substituição foi técnica e economicamente recomendável. Em outro trabalho, Mendonça (2002) avaliou o desempenho de vacas leiteiras, produzindo em média 22 kg de leite/dia, alimentadas com cana-de-açúcar sob três diferentes formas de utilização, em comparação à dieta à base de silagem de milho. Os tratamentos à base de cana-de-açúcar tinham a relação volumoso:concentrado de 60:40 e 50:50, sendo a correção do teor protéico feita com uréia e sulfato de amônio (9:1) de 1% com base na matéria seca, aplicado às duas relações e, uma terceira correção do teor protéico com 0,35% da mistura uréia e sulfato de amônio, na base seca, para a relação volumoso:concentrado de 60:40, objetivando-se elevar nesse caso, o teor de proteína bruta da cana-de-açúcar ao aproximado e normalmente encontrado na silagem de milho (Valadares Filho et al., 2002b). Os autores concluíram que não houve diferença na produção de leite das vacas que receberam as três formas de utilização da cana-de-açúcar, entretanto, foram menores que a produção das vacas que receberam dieta à base de silagem de milho.

¹Segundo Torres, o Centro Nacional de Pesquisa em Gado de Leite (CNPGL - a EMBRAPA Gado de Leite) tem recomendado o fornecimento da cana-de-açúcar corrigida à vontade e a adição de um quilo de ração para cada três quilos de leite produzido, colocado sobre a cana-de-açúcar, permitindo a seleção pela vaca, na expectativa de assegurar a produção, pelo consumo da ração, e a manutenção, pelo consumo da cana corrigida. Segundo o pesquisador, tem-se conseguido, em unidades de demonstração, produções médias de leite em torno de 20 a 25 kg/dia. Por outro lado, no trabalho de Mendonça (2002), esta forma de utilização propiciou o pior desempenho em termos de consumo e produção de leite, que foi de 18,58 kg/dia (com variação negativa de peso vivo), contra 22 kg (com variação positiva de peso vivo) da dieta à base de silagem de milho.

Uma análise da maioria dos trabalhos que avaliaram a cana-de-açúcar como volumoso parcial ou total em dietas para vacas leiteiras mostra, como principal limitação, o baixo consumo dessa forrageira, em razão, principalmente, da baixa digestibilidade da sua fibra e, conseqüentemente, ocasionando desempenhos inferiores aos obtidos com a silagem de milho, apesar do menor teor em FDN médio, 47% contra 60%, (Valadares Filho et al., 2002). Esse resultado é reportado com freqüência e, recentemente, foi avaliado nos trabalhos de Magalhães (2001) e Mendonça (2002). Esse fato indica que há necessidade de se encontrar uma forma de se trabalhar esse alimento, visando aumentar sua participação em dietas de vacas de maior potencial de produção. Rodrigues (1999) sugere que a cana-de-açúcar em dietas de vacas em lactação deve ser usada na relação volumoso:concentrado de 40:60 a 45:65, na base seca, para garantir produtividade em torno de 20 a 24 kg de leite/dia, sem que ocorra perda de peso.

A modificação da relação volumoso:concentrado através do uso de ração concentrada pode permitir maior aporte de matéria orgânica digestível, aumentar o consumo e, conseqüentemente, a produção de leite. Uma alternativa seria o uso de subprodutos da agroindústria, que apresentassem bom valor nutritivo e

¹Torres, R.A. Viçosa, MG 2000 (Comunicação pessoal).

fossem disponíveis a preços adequados à sustentabilidade do sistema. Nesse aspecto, o caroço de algodão, um subproduto da indústria algodoeira, reúne características desejáveis para a sua incorporação na alimentação de ruminantes, face ao seu alto teor de proteína e de energia, 96% NDT (Luginbuhl, et al. 2000), ser boa fonte de fibra efetiva e não requerer qualquer processamento. Além de suas qualidades nutricionais, o caroço de algodão apresenta preços competitivos, na maior parte do ano, nas principais bacias leiteiras do Brasil, sendo que seu uso como alimento concentrado para bovinos de leite e corte já é rotineiro.

Adequar o consumo de energia e de fibra por vacas de alta produção de leite envolve aspectos antagônicos, uma vez que na maioria dos ingredientes utilizados há uma relação negativa entre a concentração de energia e de fibra. A inclusão de sementes oleaginosas, como o caroço de algodão, na dieta, aumenta a densidade energética, enquanto mantém o nível de fibra, além de permitir redução na quantidade de amido utilizado. Por ser rico em fibra de boa qualidade, o uso do caroço de algodão em substituição à cana-de-açúcar pode apresentar algumas vantagens do ponto de vista nutricional e econômico. Conhecendo-se a necessidade de suplementação de ácidos graxos de cadeia longa, em dietas para vacas em lactação de alta produção, o caroço de algodão pode ser uma fonte suplementar importante (Lima e Matos, 1993), mesmo considerando suas limitações como fornecedor de proteína não degradável no rúmen (Valadares Filho, 1995).

Com relação aos efeitos dos lipídios na eficiência microbiana, há relatos de redução na relação acetato:propionato com diminuição da síntese de gordura do leite (Coppock et al., 1987), abaixamento do pH, redução na digestibilidade dos carboidratos fibrosos e casos de laminite e timpanismo, nas situações em que a proporção do caroço de algodão na dieta promoveu valores de extrato etéreo acima de 7% (Palmquist, 1995). O aumento na síntese microbiana, também é observado, atribuindo-se tal fato à interferência do óleo na fermentação ruminal, reduzindo o número de protozoários (Jenkins, 1993), o que

pode ser mais uma vantagem em dietas à base de cana-de-açúcar (Leng e Preston, 1976; Leng, 1988).

Apesar de alguns trabalhos terem mostrado diminuição no consumo de matéria seca com a inclusão de caroço de algodão, a energia líquida das dietas foi similar até um nível de 18,5% de inclusão (Hawkins et al., 1985). Por outro lado, Coppock et al. (1995), revisando vários trabalhos, concluíram não haver diferenças no consumo de matéria seca, quando o caroço de algodão foi incluído em nível de até 25% na dieta.

Outra limitação à adição de lipídios à dieta é a diminuição da fermentação no rúmen causando redução na digestibilidade de fontes energéticas não lipídicas (Palmquist e Jenkins, 1980; citados por Coppock et al., 1995). Estes autores relataram que a adição de lipídios à dieta tem freqüentemente diminuído a digestão da fibra pelo efeito inibitório na atividade microbiana, sendo que a inclusão de caroço de algodão até o nível de 30% não fez pronunciar esse efeito. Também, Moore et al. (1986) concluíram que pode ser adicionado até 4% de lipídios a dietas contendo forragem de baixa qualidade sem prejudicar a digestão dos seus componentes. Para Jenkins e Jennys, em Jenkins (1993), até 5% de inclusão de lipídios poderia ser feita sem perda na digestibilidade da FDA.

Os efeitos obtidos com a suplementação lipídica na produção e composição do leite normalmente tem sido aumento (Cant et al., 1993), manutenção ou queda na porcentagem de proteína do leite (Elliott et al., 1993) e aumento (Coppock et al., 1995) ou manutenção (Grummer e Luck, 1993) na porcentagem de gordura do leite.

Para o entendimento da utilização de um alimento, são necessárias informações que vão além da produção e composição do leite, como as condições ecológicas dentro do rúmen, que devem ser mantidas dentro de limites para que o crescimento e o metabolismo microbiano sejam normais. Assim, as avaliações das características ruminais como pH e concentração de amônia são importantes como indicadores do metabolismo microbiano dos compostos nitrogenados (Van Soest, 1994; Ezequiel et al., 2000).

A quantificação da proteína microbiana sintetizada no rúmen é importante como indicador da eficiência de utilização da energia consumida e da contribuição da quantidade de proteína microbiana no aporte total de proteína absorvida no intestino, sendo incorporada a vários sistemas de avaliação de alimentos (Chen e Gomes, 1992; Valadares Filho, 1995). Como alternativa aos métodos invasivos, o uso de derivados de purina têm sido utilizado para quantificação dos compostos nitrogenados microbianos (Perez et al., 1996; Rennó, 1999).

A concentração de uréia no plasma e no leite é positivamente relacionada à ingestão de compostos nitrogenados (Valadares et al., 1999), podendo ser utilizada para avaliar a perda de proteína, que é responsável pela maior parte do custo na formulação das dietas, além de representar custo energético para o animal.

O comportamento ingestivo é um parâmetro de grande importância para avaliação das dietas, possibilitando ajustar o manejo alimentar dos animais para obter o maior consumo possível e o melhor resultado pelas dietas (Dado e Allen, 1995).

Considerando a necessidade de mais informações sobre a utilização da cana-de-açúcar em níveis mais elevados, nas dietas de vacas leiteiras de maior potencial de produção; o potencial de produção de matéria seca dessa forrageira, a baixo custo; e as características energéticas, protéicas e de fibras do caroço de algodão, desenvolveu-se o presente experimento, avaliando-se as dietas com base na cana-de-açúcar corrigida e parcialmente substituídas pelo caroço de algodão, sobre: 1) a produção e composição do leite; 2) o consumo e a digestibilidade dos nutrientes; 3) o comportamento ingestivo; 4) a variação de peso vivo dos animais; 5) a economicidade das dietas utilizadas; 6) pH e concentração de amônia ruminais; 7) Concentração no plasma de uréia e creatinina, na urina de uréia, creatinina, alantoína e ácido úrico e no leite de uréia e alantoína; 8) a síntese de proteína microbiana utilizando derivados de purinas; 9) o balanço de nitrogênio; e 10) o número de protozoários no rúmen,

em relação a dieta à base de silagem de milho.

Os artigos a seguir foram editorados com base nos critérios da Revista Brasileira de Zootecnia, publicada pela Sociedade Brasileira de Zootecnia com adaptações das normas para elaboração de tese.

1.1. Referências Bibliográficas

- BOIN, C.; ALLEONI, G.F.; BIONDI, P. et al. Comparação entre silagens de milho e cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes: 1. Efeito do nível de concentrado na produção de leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 20, 1983, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1983a. p.84.
- BOIN, C.; ALLEONI, G.F.; BEISMAN, D. et al. Comparação entre silagem de milho e cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes: 2. Efeito da suplementação com uréia na produção de leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 20, 1983, Pelotas. **Anais...** Pelotas, Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1983b. p.85.
- CANT, J.P.; DEPTERS, E.J.; BALDWING, R.L. Mammary uptake of energy metabolites in dairy cows fed fat and its relationship to milk protein depression. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.8, p.2254-2265, 1993.
- CASTRO, A.C.; CAMPOS, J.; HILL, J.; COELHO, J.F.S. Cana-de-açúcar “vesus” silagem de milho na produção de leite. **Revista Ceres**, v.14, n.80, p.203-223, 1967.
- 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**. Aberdeen: Rowett Research Institute, 1992. 21p. (Occasional publication).
- COPPOCK, C.E.; LANHAM, J.K.; HORNER, J.I. A review of the nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated byproducts by dairy cattle. **Animal Feed Science**, v.68, n.9, p.2248-2258, 1995.
- CYPRIANO, L.A.; TEIXEIRA, E.C. Impactos da área de livre comércio das Américas (ALCA), com e sem subsídios, na economia agrícola brasileira. In: NEGOCIAÇÕES INTERNACIONAIS E PROPRIEDADE INTELECTUAL NO AGRONEGÓCIO, 2001, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 2001. p.49-82.
- DADO, R.G.; ALLEN, M.S. Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.1, p.118-133, 1995.
- ELLIOTT, J.P.; DRACKLEY, J.K.; SCHAUFF, D.J.; JASTER, E.H. Diets containing high oil corn and tallow for dairy cows during early lactation. **Journal Dairy Science**, v.76, n.3., p.775-789, 1993.

- EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L.; PEREIRA, E.M.O. et al. Comparação de diferentes tipos de processamento da amostra de fluido ruminal para determinação do nitrogênio amoniacal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.358.
- GALAN, V.B.; NUSSIO, L.G. Novos custos para cana-de-açúcar. In: **Boletim do leite**. Piracicaba, CEPEA/FEALQ, n. 74, 2000a.
- GALAN, V.B.; NUSSIO, L.G. Novos custos para silagem de milho. **Boletim do leite**. Piracicaba: CEPEA/FEALQ, n. 71, 2000b.
- GOMES, T.G. **Economia da Produção leiteira**. Belo Horizonte: Itambé, 2000. 132p.
- GRUMMER, R.R.; LUCK, M.L. Rumen fermentation and lactation performance of cows fed roasted soybean and tallow. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.6, p.2674-2681, 1993.
- HAWKINS, G.E.; CUMMINS, K.A.; SILVEIO, M.; JILEK, J.J. Physiological effects of whole cottonseed in the diet of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.68, n.10, p.2608-2614, 1985.
- JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.12, p.3851-3863, 1993.
- LENG, R.A. Limitaciones metabólicas en la utilización de la caña de azúcar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche en rumiantes. In: PRESTON, T.R.; ROSALES, M. **Sistemas intensivos para la producción animal y de energía renovable com recursos tropicales**. Cali: CIPAV, 1988. p.1-24.
- LENG, R.A.; PRESTON, T.R. Sugar cane for cattle production: present constraints perspectives and research priorities. **Tropical Animal Production**, v.1 p.1-22, 1976.
- LIMA, M.L.M.; MATTOS, W.R.S. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5, 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p.77-106.
- LUGINBUHL, J.M.; POORE, M.H.; CONRAD, A.P. Effect of level of whole cottonseed on intake, digestibility, and performance of growing male goats fed hay-based diets. **Journal of Animal Science**, v.78, p.1677-1683, 2000.
- MAGALHÃES, A.L.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) em substituição à silagem de milho (*Zea mays*) em dietas para vacas em lactação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 62p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.

- MENDONÇA, S.S. **Desempenho, síntese de proteína microbiana e comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar ou Silagem de Milho**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 68p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- MOORE, J.A.; SWINGLE, R.S.; HALE, W.H. Effects of whole cottonseed, cottonseed oil or animal fat on digestibility of wheat straw diets by steers. **Journal of Animal Science**, v.63, n.4 p.1267-1273, 1986.
- NAUFEL, f.; GOEDMAN, E.F.; GUARAGNA, R.N. et al. Estudo comparativo entre cana-de-açúcar e silagem de milho, sorgo e capim napier na alimentação de vacas leiteiras. **Boletim da Indústria Animal**, v.26, p.9-22, 1969.
- NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; LUCCHI, C.S.; ROCHA, G.L. et al. Substituição parcial da silagem de milho por cana-de-açúcar como únicos volumosos para vacas em lactação. **Boletim da Indústria Animal**, v.24, n.1, p.75-84, 1977.
- NUSSIO, L.G. Milho e sorgo para a produção de silagens. In: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FARIA, V.P. (Eds.): **Volumosos para bovinos**, Piracicaba: FEALQ, 1993. p.75-177.
- PAIVA, J.A. J.; MOREIRA, H.A.; CRUZ, G.M.; VERNEQUE, R.S. Cana-de-açúcar associada à uréia/sulfato de amônio como volumoso exclusivo para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.1, p.90-99, 1991.
- PEIXOTO, F.A.M. **Utilização do complexo ácido graxo-cálcio na dieta de vacas em lactação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1992. 121p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1992.
- 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 ¹⁵N and purine bases as markers of microbial-nitrogen entering the duodenal. **British Journal of Nutrition**, v.75, p.699-709, 1996.
- PIRES, A.V.; SIMAS, J.M.C.; ROCHA, M.H.M. et. al. Efeito da substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar no consumo de matéria seca, parâmetros ruminais, produção e composição do leite de vacas holandesas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. CD-ROM.
- PRESTON, T.R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. **Journal of Animal Science**, v.54, n.4. p.877-884, 1982.

- RENNÓ, L.N. **Produção de proteína microbiana utilizando derivados de purina na urina, concentração plasmática de uréia e excreção de uréia e creatinina em novilhos.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999, 95p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1999.
- RODRIGUES, A.A. Potencial e limitações de dietas à base de cana-de-açúcar e uréia para recria de novilhas e para vacas em lactação. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 2, 1999, Belo Horizonte. 1999. **Anais...** Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1999. p.66-75.
- VALADARES FILHO, S.C. Eficiência da síntese de proteína microbiana, degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína, em bovinos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.355-388., 1995.
- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; CAPPELLI, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 297p.
- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Effects of replacing alfalfa silage with moisture corn ruminal synthesis estimated from excretion of purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.12, p.2686-2696, 1999.
- VALDEZ, R.E.; ALVARES, F.J.; FERREIRO, H.M. Rumen function in cattle given sugar cane. **Tropical Animal Production**. v.2, n.3, p.260-272, 1977.
- VALVASORI, E.; LUCCI, C.S.L.; ARCARO, J.R.P. et al. Silagem de cana-de-açúcar em substituição à silagem de sorgo granífero para vacas leiteiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.32, n.4, p.224-228, 1995.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2. Ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

2. Capítulo 1

Consumo e Digestibilidade Aparente dos Nutrientes, Produção e Composição do Leite, Economicidade e Comportamento Ingestivo de Vacas Leiteiras Alimentadas com Cana-de-açúcar e Carozo de Algodão ou Silagem de Milho.

2.1. Introdução

No Brasil, os modernos sistemas de produção de leite, influenciados pelas inúmeras transformações econômicas, fruto do processo de globalização, têm se voltado não só para os aspectos relacionados aos índices de produção e produtividade, mas ao mesmo tempo com a eficiência econômica da atividade.

A exploração plena da vocação pecuária brasileira depende da utilização de suas condições únicas para produção de biomassa e o entendimento das inter-relações entre clima, solo, planta e os animais para manutenção de índices de produtividade economicamente viáveis sem prejuízos para o meio ambiente, condição desejável para que o sistema atinja o desenvolvimento sustentável.

Tanto no Brasil, como na maioria das regiões tropicais o predomínio de duas estações no ano bem definidas, seca e águas, provoca escassez e excesso de alimentos durante os dois períodos respectivos, influenciando a atividade leiteira independente do sistema de produção, seja confinado ou a pasto.

A silagem de milho é uma das tecnologias importadas das regiões de clima temperado, eleita pela maioria dos sistemas de produção de leite como

alternativa de suplementação durante o período da seca, ou até mesmo, durante todo o ano (Nussio, 1993), no entanto, apesar das inúmeras vantagens do uso da silagem de milho, esta tecnologia demanda consideráveis custos em recursos técnicos e financeiros.

A cana-de-açúcar como forragem para alimentação de bovinos é uma alternativa, em razão de suas características agronômicas e menor custo de produção, quando comparada com silagem, (Galan e Nussio, 2000 a e b). Como dificuldades do uso da cana-de-açúcar destacam-se o baixo teor de proteína, alto teor de carboidratos fermentáveis, fibra de baixa degradação ruminal, pequeno aporte pós-ruminal de aminoácidos e glicose, aumento na quantidade de protozoários no rúmen e desbalanço de minerais (Valdez et al. 1977; Preston, 1982).

Em diversos trabalhos em que foi avaliada a cana-de-açúcar como volumoso parcial ou total, nas dietas de vacas leiteiras, os resultados obtidos acentuam como principal limitação, o baixo consumo dessa forrageira, em razão, principalmente, da baixa digestibilidade da sua fibra, ocasionando desempenhos inferiores aos obtidos com a silagem de milho, apesar do menor teor em FDN médio, 47% contra 60%, (Valadares Filho et al. 2002b), restringindo o uso na alimentação de vacas de leite de alta produção (Castro et al., 1967; Naufel et al., 1969; Nogueira Filho et al., 1977; Boin et al., 1983a e b; Paiva et al., 1991).

Resultados divergentes e promissores foram posteriormente obtidos por Peixoto (1992), Valvasori et al. (1995) e mais recentemente por Pires et al. (1999), Magalhães (2001) e Mendonça (2002), trabalhando com vacas de maior produção, aumentando as expectativas em torno da intensificação do uso cana-de-açúcar, estimulando pesquisas objetivando superá-las e disponibilizar a sua utilização para maior número de sistemas leiteiros.

Mendonça (2002) avaliou a cana-de-açúcar sob três diferentes formas de utilização na alimentação de vacas em lactação com produções médias diárias de 22kg de leite/dia, em comparação à dieta à base de silagem de milho. Os tratamentos à base de cana-de-açúcar tinham a relação volumoso:concentrado

de 60:40 e 50:50, sendo a correção do teor protéico feita com mistura de uréia e sulfato de amônio (9:1) à razão de 1% do volumoso, com base na matéria natural, aplicado às duas relações e uma terceira correção do teor protéico (0,35% na base natural), buscando elevar o teor de proteína bruta da cana-de-açúcar ao aproximado e normalmente encontrado na silagem de milho, para a relação volumoso:concentrado de 60:40 (Valadares Filho et al., 2002b). Apesar de não haver diferença entre as dietas à base de cana-de-açúcar, entretanto, estas foram menores que a produção de leite das vacas que receberam dieta à base de silagem de milho.

Em trabalho anterior, Magalhães (2001), trabalhando com vacas lactantes produzindo diariamente em média 24 kg de leite/dia, avaliou o efeito de substituição de até 100% da silagem de milho pela cana-de-açúcar, concluindo, após avaliar a variação de peso e a economicidade da substituição, que o nível de 33% de substituição foi técnica e economicamente recomendável.

Rodrigues (1999) sugere que o uso da cana-de-açúcar na relação volumoso:concentrado de 40:60 a 45:65, na base seca, pode garantir produtividade em torno de 20 a 24 kg de leite/dia, sem que ocorra perda de peso, no entanto, a intensificação do uso da ração concentrada, permitindo maior aporte de matéria orgânica digestível, maior consumo de matéria seca e, conseqüentemente, maior produção de leite pode tornar inviável economicamente a atividade, pelo aumento do custo com a alimentação dos animais. Vários economistas rurais, entre eles Gomes (2000), nas avaliações dos sistemas de produção de leite que exploram gado mestiço, semiconfinado, têm encontrado como referencial, que o gasto com ração concentrada para o rebanho, em relação ao valor da produção de leite, não deve ultrapassar 30%.

Uma alternativa seria o uso de subprodutos da agroindústria, que apresentassem bom valor nutritivo e fossem disponíveis a preços adequados para a sustentabilidade do sistema. Nesse aspecto, o caroço de algodão reúne características desejáveis para a sua incorporação na alimentação de ruminantes, devido ao fato de apresentar alto teor de proteína e de energia, 96%

NDT (Luginbuhl, et al. 2000), ser boa fonte de fibra efetiva e não requerer qualquer processamento. Além de suas qualidades nutricionais, o caroço de algodão apresenta preços competitivos, na maior parte do ano, nas principais bacias leiteiras do Brasil, sendo que seu uso como alimento concentrado para bovinos de leite e corte já é rotineiro.

Adequar o consumo de energia e de fibra por vacas de alta produção de leite envolve aspectos antagônicos, uma vez que na maioria dos ingredientes utilizados há relação negativa entre a concentração de energia e de fibra. (Palmquist, 1995). A inclusão de sementes oleaginosas, como o caroço de algodão, na dieta, aumenta a densidade energética, enquanto mantém o nível de fibra, além de permitir redução na quantidade de amido utilizado. Por ser rico em fibra de boa qualidade, o uso do caroço de algodão em substituição à cana-de-açúcar pode apresentar algumas vantagens do ponto de vista nutricional e econômico (Pires, et al. 1997). Conhecendo-se a necessidade de suplementação de ácidos graxos de cadeia longa, em dietas para vacas em lactação de alta produção, o caroço de algodão pode ser fonte suplementar importante (Lima e Matos, 1993).

Apesar de alguns trabalhos terem mostrado diminuição no consumo de matéria seca com a inclusão de caroço de algodão, a energia líquida das dietas foi similar até um nível de 18,5% de inclusão (Hawkins et al., 1985). Por outro lado, Coppock et al. (1995), revisando vários trabalhos, revelaram não haver diferenças no consumo de matéria seca, quando o caroço de algodão foi incluído em nível de até 25% na dieta.

Os efeitos obtidos com a suplementação lipídica não são constantes na produção e composição do leite, tendo sido reportado aumento (Cant et al., 1993), manutenção ou queda na porcentagem de proteína do leite (Elliott et al., 1993) e aumento na gordura do leite (Coppock et al., 1995).

Os dados de comportamento ingestivo são de grande importância para avaliação das dietas, possibilitando ajustar o manejo alimentar dos animais para obter o maior consumo possível e o melhor resultado pelas dietas (Dado e Allen, 1995).

Considerando a necessidade de mais informações sobre a utilização da cana-de-açúcar em níveis mais elevados nas dietas de vacas leiteiras de maior potencial de produção, o potencial de produção de matéria seca dessa forrageira, a baixo custo e as características energéticas, protéicas e de fibras do caroço de algodão, desenvolveu-se o presente trabalho objetivando-se avaliar as dietas com base na cana-de-açúcar corrigida para o teor protéico e parcialmente substituída pelo caroço de algodão, sobre a produção e composição do leite, o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, a variação de peso vivo dos animais, o comportamento ingestivo; e a economicidade das dietas utilizadas, em relação à dieta à base de silagem de milho.

2.2. Material e Métodos

O presente trabalho 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), em Viçosa, pertencente ao estado de Minas Gerais, durante o período de agosto a outubro de 2001.

A cidade de Viçosa está localizada na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, a 649 m de altitude, 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 chuvosa de outubro a março. A precipitação média anual é de 1341,2. As médias de temperaturas máximas e mínimas são 26,1 e 14,0 °C, respectivamente (UFV, 1997).

Foram utilizadas 12 vacas lactantes da raça Holandesa, malhadas de preto, puras e mestiças, distribuídas em três quadrados latinos 4 X 4, em que as colunas foram representadas pelas vacas e as linhas pelos períodos de avaliação. Em cada quadrado, procurou-se homogeneizar os animais, segundo o número de dias pós-parto.

O experimento foi constituído por quatro períodos, com duração de 21 dias cada, sendo os 14 primeiros dias de adaptação às dietas e os 7 dias posteriores para coleta. Os animais utilizados no experimento foram manejados em baias individuais, tipo "Tie Stall", onde receberam alimentação fornecida *ad libitum* duas vezes ao dia, às 8:00 e às 17:00 horas. As dietas experimentais adotadas foram formuladas para atender as exigências nutricionais de vacas com peso vivo médio de 550 kg, com produções médias diárias de 25 kg de leite por dia e 3,5% de gordura, segundo o NRC (1989). Em um dos tratamentos, o volumoso usado foi a silagem de milho (*Zea mays*), sendo que, nos demais tratamentos, o volumoso oferecido foi a cana-de-açúcar (*Saccharum*

officinarum, L) substituída em parte pelo caroço de algodão nos níveis de 0%, 7%, e 14% da matéria seca total, representando consumos médios diários de caroço de algodão de 0, 1,50 e 3,00 kg, respectivamente, sendo apresentadas na Tabela 1 as porcentagem dos ingredientes das dieta de cada tratamento. A relação volumoso:concentrado em todos os tratamentos aplicados foi 60:40 com base na matéria seca. Nos tratamentos tendo como base a cana-de-açúcar, corrigiu-se o teor protéico, considerado baixo nesse alimento, adicionando-se 1% da mistura uréia+sulfato de amônio (SA) na proporção 9:1, respectivamente, com base na matéria natural.

Na Tabela 2 são apresentadas as proporções dos ingredientes e na Tabela 3 as composições bromatológicas médias das rações concentradas e dos volumosos de cada tratamento. A composição bromatológica das dietas experimentais completas encontra-se na Tabela 4.

Tabela 1 – Proporção dos ingredientes nas dietas experimentais expressa na base da matéria seca

	Dietas			
	Silagem de milho	Cana-de-açúcar		
		Porcentagem de caroço de algodão		
		0%	7%	14%
Silagem de milho	60,00	0,00	0,00	0,00
Cana-de-açúcar corrigida	0,00	60,00	53,00	46,00
Fubá de Milho	20,30	25,48	27,72	29,97
Farelo de Soja	14,80	9,77	7,53	5,29
Caroço de Algodão	0,00	0,00	7,00	14,00
Farelo de Algodão	3,00	3,00	3,00	3,00
Suplemento mineral	1,30	1,75	1,75	1,74
Uréia+Sulfato de amônia	0,60	0,00	0,00	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes na mistura de concentrados, expressa na base da matéria seca.

Ingrediente	Ração concentrada			
	R1	R2	R3	R4
Fubá de milho	51,38	64,36	69,98	75,60
Farelo de soja	37,00	24,38	18,78	13,18
Farelo Algodão (30% PB)	7,40	7,38	7,38	7,38
Uréia/Sulf. de amônio	1,33	-	-	-
Mistura mineral ¹	2,89	3,88	3,86	3,84
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

¹ Fosfato bicálcico (29,03, 45,89, 48,16, 40,90); calcário (37,88, 26,23, 24,06, 31,04); sal comum (29,46, 24,51, 23,42, 23,39); flor de enxofre (1,01, 1,28, 2,42, 2,73); sulfato de zinco (1,34, 1,07, 0,99, 0,99); sulfato de cobre (0,31, 0,25, 0,23, 0,23); sulfato de cobalto (0,0031, 0,0025, 0,0023, 0,0023); sulfato de manganês; (0,96, 0,77, 0,71, 0,71) iodato de potássio (0,0078, 0,0062, 0,0058, 0,0058); selenito de sódio (0,005, 0,004, 0,0037, 0,0037). Os valores entre parênteses representam os teores dos minerais na mistura mineral das rações R1, R2, R3 e R4, respectivamente.

Tabela 3 – Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), nitrogênio não-protéico (NNP), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHO), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não-fibrosos (CNF), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) das rações concentradas e dos volumosos

	Ração concentrada				Silagem de milho	Cana-de-açúcar corrigida	Caroço de algodão
	R1	R2	R3	R4			
MS(%)	86,73	87,44	87,69	86,95	30,52	28,46	86,36
MO ¹	93,77	93,84	93,63	94,39	94,41	97,31	96,57
PB ¹	27,77	22,31	20,30	16,75	7,10	3,74	23,12
NNP ²	20,83	23,49	22,53	22,41	46,53	73,17	45,40
EE ¹	1,97	2,38	1,76	1,95	2,18	0,65	18,63
CHO ¹	64,02	69,15	71,58	75,51	85,13	86,57	54,82
FDN ¹	16,10	15,58	14,83	15,08	56,00	52,97	47,24
FDN _{cp} ¹	13,88	10,09	10,15	9,01	54,38	51,09	45,38
CNF ¹	47,92	53,58	56,75	60,43	29,13	33,60	7,58
FDA ¹	5,96	6,43	5,99	5,47	25,15	30,60	32,18
LIG ¹	1,26	1,59	1,54	1,54	6,18	7,55	6,67

¹ % na matéria seca.

² % do nitrogênio total.

FDN_{cp} = FDN corrigida para cinzas e proteína.

Tabela 4 – Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), nitrogênio não-protéico (NNP), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHO), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG) e nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas experimentais.

Variáveis	Dietas			
	Silagem de milho	Cana-de-açúcar		
		Porcentagem de caroço de algodão		
		0	7	14
MS(%)	53,57	52,17	55,84	59,45
MO ¹	94,15	95,93	95,79	96,04
PB ¹	15,37	14,98	15,08	14,58
NNP ²	36,55	53,49	50,97	48,98
NIDN ²	5,28	3,93	3,89	5,77
NIDA ²	11,41	6,23	5,90	6,46
EE ¹	2,10	1,34	2,35	3,76
CHO ¹	76,69	79,60	78,35	77,70
FDN ¹	40,04	38,01	37,31	37,01
FDN _{CP} ¹	38,34	36,55	35,94	35,30
CNF ¹	36,65	41,59	41,04	40,69
FDA ¹	20,83	23,10	22,65	22,65
LIG ¹	4,21	5,17	5,08	5,02
NDT ¹	65,62	66,87	65,01	67,83

¹% na matéria seca;

²% do nitrogênio total.

Os teores de carboidratos totais dos alimentos (CHO) foram calculados segundo SNIFFEN et al. (1992): $CHO = 100 - (\%PB + \%EE + \%Cinzas)$.

Os teores de carboidratos não-fibrosos (CNF), foram estimados subtraindo da porcentagem total de carboidratos os teores de fibra em detergente neutro (FDN): $CNF = CHO - FDN$.

Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados segundo o NRC (2001): $NDT (\%) = PBD + FDND + CNFD + 2,25EED$, em que: PBD= proteína bruta digestível; FDND= fibra em detergente neutro digestível; CNFD= carboidratos não-fibrosos digestíveis; e EED= extrato etéreo digestível.

Durante o período de coleta, foram feitas pesagens diariamente das quantidades de alimento fornecidas e das sobras de cada animal em cada tratamento, para estimativa do consumo de matéria seca. O consumo e a quantidade de alimento oferecido aos animais foi aferido diariamente, a fim de manter as sobras em aproximadamente 10%, com base na matéria seca. No momento da alimentação, durante o período experimental, foram feitas amostragens dos ingredientes da dieta, além da amostra das sobras diárias, acondicionadas em sacos plásticos e congeladas para posteriores análises.

O preparo das amostras compostas do alimento fornecido e das sobras diárias por animal em cada período experimental e as análises de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), compostos nitrogenados (N), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) seguiram os protocolos descritos por Silva e Queiróz (2002).

A quantidade total de matéria seca fecal excretada, utilizada na determinação da digestibilidade aparente dos alimentos, foi estimada por meio das concentrações da fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), obtidas após incubação ruminal dos alimentos, sobras e fezes por 144 horas, conforme metodologia descrita por Craig et al. (1984). A coleta de fezes foi feita diretamente no reto, durante 5 dias, uma única coleta diária, porém 2 horas a frente do horário de coleta do dia anterior. As amostras foram acondicionadas em sacos de plástico devidamente etiquetados, armazenados em congelador e, ao final do período de coleta, foi constituída uma amostra composta de cada animal, com base no peso seco ao ar.

As vacas foram ordenhadas, mecanicamente, duas vezes ao dia, sendo a produção de leite registrada através de dispositivo acoplado à ordenhadeira. A coleta das amostras de leite provenientes da ordenha da manhã e da tarde, constituídas de forma proporcional à produção de cada período, totalizando aproximadamente 250 ml cada, foram realizadas no 18^o dia de cada período experimental, para fins de análise dos teores de proteína bruta, gordura, extrato seco total e extrato seco desengordurado.

A produção de leite, corrigida (PLC) para 3,5% de gordura, foi estimada segundo Sklan et al. (1992), pela seguinte equação:

$$PLC = (0,432 + 0,1625 \times \% \text{ gordura do leite}) \times \text{produção de leite em kg/dia.}$$

O teor de nitrogênio total da amostra de leite foi obtido a partir de análise pelo método micro Kjeldahl (Silva e Queiroz, 2002), obtendo-se o teor de proteína bruta da amostra multiplicando-se o teor de nitrogênio pelo fator 6,38. A determinação da porcentagem de extrato seco total e desengordurado do leite foi feita pela técnica de Gerber (Behmer, 1984). O teor de gordura foi determinado, segundo Pregnotatto e Pregnotatto (1985).

No início e no final de cada período, após a ordenha da manhã, antes do fornecimento da alimentação, foram feitas pesagens de cada vaca para avaliar a variação de peso vivo (PV) no período.

No 19^o dia de cada período experimental, foram feitas observações visuais dos animais para avaliação do comportamento ingestivo dos mesmos em função da dieta. A observação de cada animal ocorreu a cada dez minutos, durante 24 horas, para determinação dos tempos despendidos com alimentação, ruminação e ócio. No dia subsequente, foi realizada a contagem do número de mastigações merísticas e a determinação do tempo despendido na ruminação de cada bolo ruminal, para cada animal, com a utilização de cronômetro digital. Os valores do tempo despendido e número de mastigações merísticas por bolo ruminal foram obtidos a partir das observações feitas durante a ruminação de três bolos ruminais, em três períodos diferentes do dia (10-12; 14-16 e 19-21 horas), utilizando a média dos dados como valores para análise. Durante a observação noturna dos animais, o ambiente foi mantido com iluminação artificial.

A eficiência de alimentação (EAL), a eficiência de ruminação (ERU), o número de bolos ruminais por dia (NBR), o tempo de mastigação total por dia (TMT) e o número de mastigações merísticas por dia (NMM_{nd}) foram obtidos, segundo técnica descrita por BÜRGER et al. (2000).

Os dados foram submetidos à análise de variância, conforme o modelo matemático seguinte, utilizando-se o programa SAS V8.0 (SAS INSTITUTE, 1991):

$$Y_{ijkl} = \mu + V_{i(l)} + P_{j(l)} + T_k + Q_l + TQ_{kl} + e_{ijkl}$$

em que Y_{ijkl} = observação na vaca i , no período j , submetida ao tratamento k , no quadrado latino l ,

μ = efeito geral da média;

$V_{i(l)}$ = efeito da vaca i , dentro do quadrado latino l , sendo $i = 1,2,3,4$;

$P_{j(l)}$ = efeito do período j , dentro do quadrado latino l , sendo $j = 1, 2, 3,4$;

T_k = efeito do tratamento k , sendo $k = 1,2,3,4$;

Q_l = efeito do quadrado latino l , sendo $l = 1,2,3$;

TQ_{kl} = efeito da interação entre o tratamento k x quadrado latino l ; e

e_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação $ijkl$, $e_{ijkl} \sim NID(0, \sigma^2)$.

As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

2.3. Resultados e Discussão

Os consumos médios diários de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHO), fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não-fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) são apresentados na Tabela 5. Como pode ser observado, o consumo de MS (kg/dia, %PV, g/kg^{0,75}) foi superior (P<0,05) na dieta à base de silagem de milho em relação às dietas à base de cana-de-açúcar. Verifica-se, ainda, que o consumo de MS, com a inclusão de 7% de caroço de algodão de 17,11 kg/dia, superior (P<0,05) em quase 2 kg/dia quando comparado com o consumo de 15,53 kg/dia da cana-de-açúcar sem inclusão do caroço.

TABELA 5 - Consumos médios diários de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), carboidratos totais (CCHO), fibra em detergente neutro (CFDN), carboidratos não-fibrosos (CCNF) e nutrientes digestíveis totais (CNDT), obtidos para as dietas experimentais

Variável	Dieta				CV(%)
	Silagem de milho	Cana-de-açúcar			
		Porcentagem de caroço de algodão			
		0	7	14	
CMS (kg/dia)	20,81 ^a	15,53 ^c	17,11 ^b	16,63 ^{bc}	7,14
CMS (%PV) ¹	3,98 ^a	2,91 ^c	3,25 ^b	3,07 ^{bc}	8,63
CMS (g/kg ^{0,75})	190,08 ^a	139,80 ^c	155,49 ^b	147,96 ^{bc}	7,68
CMO (kg/dia)	19,58 ^a	14,88 ^c	16,39 ^b	15,97 ^{bc}	7,12
CPB (kg/dia)	3,26 ^a	2,48 ^b	2,67 ^b	2,45 ^b	7,21
CEE (kg/dia)	0,47 ^b	0,24 ^d	0,41 ^c	0,59 ^a	8,56
CCHO (kg/dia)	15,84 ^a	12,16 ^b	13,30 ^b	12,93 ^b	7,64
CFDN (kg/dia)	7,97 ^a	5,42 ^b	5,89 ^b	5,63 ^b	10,48
CFDN (%PV) ¹	1,52 ^a	1,02 ^b	1,12 ^b	1,04 ^b	10,32
CCNF (kg/dia)	7,86 ^a	6,74 ^b	7,40 ^{ab}	7,29 ^{ab}	8,46
CNDT (kg/dia)	13,62 ^a	10,39 ^b	11,12 ^b	11,25 ^b	7,02

Médias, nas linhas, seguidas de uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

CV: Coeficiente de variação

No presente experimento, a silagem de milho apresentou consumo médio de matéria seca 34,0% superior ao tratamento com cana-de-açúcar estando de acordo com os valores encontrados por Paiva et al. (1991); Pires et al. (1999); Magalhães (2001) e Mendonça (2002), superiores em aproximadamente 20% para as dietas à base de silagem de milho, em relação ao tratamento com cana-de-açúcar.

As médias dos consumos de matéria seca com 7 e 14% de inclusão de caroço de algodão foram 10,2 e 7,3% maiores, respectivamente, que a média obtida para a dieta tendo apenas a cana como volumoso. Tanto aumentos (Dhiman et al., 1999) como reduções no consumo de MS (Luginbuhl et al. 2000 e Fernandes et al., 2000) são relacionados com a participação do caroço de algodão na alimentação de ruminantes, sendo que as diferenças observadas podem ser atribuídas, em parte, à concentração de gordura, fibra, energia e talvez a degradabilidade da proteína das dietas que contém caroço de algodão (Arieli et al., 1998). A cana-de-açúcar proporciona baixo consumo de matéria seca, em razão do maior tempo de retenção no rúmen, relacionado à fibra de baixa degradabilidade (Leng e Preston, 1978; Preston, 1982; Leng, 1988; e Rodriguez, 1995). O teor de fibra do caroço de algodão está diretamente relacionado à presença do línter, uma estrutura de celulose de alta digestibilidade, que contribui com até 10% do seu peso (Pires et al., 1997). Dessa forma, mesmo que o caroço de algodão não tenha sido processado, devido a presença do línter e a dieta possuir alto teor em FDN, esta ainda é mais digestível que a FDN da cana-de-açúcar.

A adição do caroço de algodão nos níveis de 7 e 14% não elevou o teor de extrato etéreo para comprometer a digestibilidade da fibra e diminuir o consumo de alimento. Revisando resultados de diversos experimentos, Coppock et al. (1987) concluíram que a inclusão de caroço de algodão em níveis de até 25% da matéria seca da dieta de vacas em lactação, não alterou o consumo. No entanto Palmquist (2002), recomenda limite máximo de 7% de extrato etéreo nas dietas para vacas lactantes. Nesse experimento o nível máximo de inclusão de

caroço de algodão proporcionou teor médio de apenas 3,76% de extrato etéreo.

Ocorreu sobra considerável de caroço de algodão no cocho dos animais alimentados com dietas com maior nível de inclusão desse alimento, talvez por não ser esse alimento muito palatável. Como as dietas foram isoprotéicas e fornecidas na forma de dieta completa, no tratamento com 14% de caroço de algodão, houve diminuição de 10% no consumo de proteína bruta em relação à dieta à base de cana-de-açúcar com 7% de caroço de algodão. Conseqüentemente, o consumo de proteína bruta dos animais no tratamento com maior nível de inclusão de caroço de algodão foi menor que o preconizado pelo NRC (1989) para essa categoria animal, conforme constatado no presente trabalho.

O maior consumo ($p < 0,05$) de FDN na dieta à base de silagem de milho em relação àquelas com cana-de-açúcar assemelha-se ao verificado do mesmo modo como nos trabalhos de Valvasori et al. (1995) e Mendonça (2002), devido principalmente ao maior consumo de matéria seca na dieta contendo silagem de milho, uma vez que os teores de FDN das dietas foram próximos. O consumo médio de FDN para o tratamento à base de silagem de milho (1,52% PV) foi superior ao teor considerado por Mertens (1992) de $1,2\% \pm 0,1$ do PV, que maximiza a produção de leite corrigido para 4% de gordura.

Na Tabela 6 encontram-se os valores estimados de exigências em proteína e energia para vacas lactantes com peso corporal médio de 550 kg e produções médias diárias de 25 kg com 3,5% de gordura sem variação de peso. Nota-se que nas dietas à base de cana-de-açúcar, o consumo de proteína e energia não foi suficiente para atender às exigências dessa categoria animal. A dieta com 7% de caroço de algodão foi superior aos demais à base de cana-de-açúcar no consumo de proteína bruta, chegando a valores próximos ao preconizado pelo NRC (1989). Neste caso a limitação por energia impossibilitou maiores produções de leite.

Tabela 6 - Comparação entre as exigências de proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT), segundo o NRC (1989), de vacas lactantes com 550 kg de peso corporal, produzindo em torno de 25 kg de leite/dia com 3,5% de gordura, e a ingestão média observada de cada um dos nutrientes em kg/dia

Itens	Dietas			
	Silagem de milho	Cana-de-açúcar		
		Porcentagem de caroço de algodão		
		0	7	14
Proteína Bruta				
Exigência	2,70	2,70	2,70	2,70
Ingestão	3,26	2,48	2,67	2,45
Diferença	+0,56	-0,22	-0,03	-0,25
Nutrientes Digestíveis Totais				
Exigência	12,06	12,06	12,06	12,06
Ingestão	13,62	10,39	11,12	11,25
Diferença	+1,56	-1,67	-0,94	-0,81

As digestibilidades aparentes médias dos nutrientes são apresentadas na Tabela 7. Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica, bem como da proteína bruta, do extrato etéreo e dos carboidratos totais da dieta foram semelhantes em todas as dietas experimentais.

TABELA 7 – Digestibilidades aparentes médias da matéria seca (CDMS), matéria orgânica (CDMO), proteína bruta (CDPB), extrato etéreo (CDEE), carboidratos totais (CDCHO), fibra em detergente neutro (CDFDN), e carboidratos não fibrosos (CDCNF) das dietas experimentais

Variáveis	Dietas				CV(%)
	Silagem de milho	Cana-de-açúcar			
		Porcentagem de caroço de algodão			
		0	7	14	
CDMS	66,20 ^a	65,81 ^a	63,90 ^a	65,20 ^a	5,67
CDMO	67,55 ^a	67,35 ^a	65,36 ^a	66,43 ^a	4,87
CDPB	68,70 ^a	68,49 ^a	65,01 ^a	65,26 ^a	6,09
CDEE	78,03 ^{ab}	74,14 ^b	75,50 ^{ab}	80,75 ^a	6,67
CDCHO	66,91 ^a	67,68 ^a	64,97 ^a	65,78 ^a	4,01
CDFDN	45,79 ^a	33,99 ^b	29,73 ^b	31,71 ^b	16,13
CDCNF	87,83 ^b	94,82 ^a	93,55 ^a	93,46 ^a	2,70

Médias, nas linhas, seguidas de uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

CV: Coeficiente de variação.

Exceto para o coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo, os dados obtidos no presente trabalho estão de acordo com os obtidos nos trabalhos de Mendonça (2002) e Magalhães (2001). Nesses dois trabalhos citados, a dieta em que a cana-de-açúcar foi utilizada como volumoso exclusivo apresentou menor coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo, em relação à dieta à base de silagem de milho. No presente experimento, a substituição de 14% da cana-de-açúcar por caroço de algodão aumentou ($P < 0,05$) a digestibilidade aparente do extrato etéreo, em razão do aumento do teor de lipídios na dieta.

O coeficiente de digestibilidade aparente da FDN na dieta à base de silagem de milho foi superior ($p < 0,05$) às demais dietas. Os resultados encontrados assemelham-se àquele registrados por Mendonça (2002), bem como no trabalho de Magalhães (2001). Provavelmente, tal fato ocorreu em virtude do maior teor de lignina presente nas dietas à base de cana-de-açúcar (5,09), em relação à dieta à base de silagem de milho (4,21), (Hoover, 1986).

A adição de caroço de algodão tem freqüentemente diminuído a digestibilidade da FDN, como relatado em vários trabalhos. No trabalho desenvolvido por Villela et al. (1997) apresentou comportamento quadrático, com queda no coeficiente de digestibilidade aparente até o nível de 18,42% de inclusão de caroço de algodão e posterior aumento. Como a inclusão do caroço de algodão, no experimento citado, se deu em porcentagem da ração concentrada da dieta e não em porcentagem da dieta total, este nível de inclusão foi semelhante ao nível de 7% de inclusão de caroço de algodão adotado no presente experimento. Os dados obtidos por Villela et al. (1997) repetiu os resultados encontrados por Pena et al. (1986) e Palmquist e Jenkins em 1980, citados por Coppock et al. (1987), os quais observaram, do mesmo modo, depressão na digestibilidade da fibra com o uso do caroço de algodão.

As médias obtidas para a produção de leite (PL), produção de leite corrigido para 3,5% de gordura (PLC), teores de gordura (G), proteína bruta (PB), extrato seco total (EST) e extrato seco desengordurado do leite (ESD) são apresentadas na Tabela 8. A produção de leite sem e com correção para 3,5%

de gordura foi superior ($p < 0,05$) para a dieta à base de silagem de milho. Entre os tratamentos à base de cana-de-açúcar, a inclusão de caroço de algodão proporcionou aumento da produção de leite em torno de 10%, para o maior nível de inclusão, em relação ao tratamento com cana-de-açúcar apenas. Não foi evidenciada diferença entre os tratamentos com cana-de-açúcar, quando foi realizada a correção do teor de gordura do leite para 3,5%.

TABELA 8 – Médias e coeficientes de variação (CV) para as produções diárias de leite sem (PL) e com correção para 3,5 % de gordura (PLC), teores médios de gordura (G), proteína bruta (PB), extrato seco total (EST) e extrato seco desengordurado (ESD)

Variável	Dieta				CV(%)
	Silagem de milho	Cana-de-açúcar			
		Porcentagem de caroço de algodão			
		0	7	14	
PL (kg/dia)	24,98 ^a	18,64 ^c	19,66 ^{bc}	20,55 ^b	6,87
PLC (kg/dia)	27,03 ^a	18,87 ^b	21,09 ^b	21,57 ^b	11,23
G (%)	3,94 ^a	3,56 ^a	3,92 ^a	3,80 ^a	12,98
PB (%)	3,09 ^a	3,03 ^a	3,06 ^a	3,04 ^a	4,14
EST (%)	12,74 ^a	12,23 ^a	12,70 ^a	12,49 ^a	5,87
ESD (%)	8,81 ^a	8,68 ^a	8,78 ^a	8,69 ^a	6,51

Médias, nas linhas, seguidas de uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A menor produção de leite dos tratamentos à base de cana-de-açúcar é explicada pelo baixo consumo de matéria seca nessas dietas, reduzindo a ingestão de nutrientes como a proteína e a energia.

As produções médias diárias de leite, obtidas no presente experimento pelas vacas alimentadas com cana-de-açúcar, são aproximadamente 30% superior em relação à dieta com silagem de milho. Um grande número de trabalhos tem evidenciado o menor nível de produção de leite de vacas com maior potencial de produção, alimentadas com cana-de-açúcar em comparação à silagem de milho (Paiva et al., 1991, Valvasori et al., 1995; Pires et al., 1999) e

mais recentemente pelos trabalhos de Magalhães (2001) e Mendonça (2002). Buscando viabilizar a cana-de-açúcar para animais de maior potencial produtivo, Magalhães (2001) avaliou a substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar até o nível de 100% e Mendonça (2002) forneceu a cana-de-açúcar sob diferentes relações volumoso:concentrado (60:40 ou 50:50) e suplementações protéicas, com 0,35% ou 1% da mistura uréia + sulfato de amônio, com base na matéria natural, a vacas lactantes com valores médios de produção em torno de 22 kg. As produções, nos trabalhos citados para a dieta de cana-de-açúcar como volumoso exclusivo, foram aproximadamente 25% menor que da silagem de milho.

A composição do leite foi semelhante entre as dietas do experimento, fato também observado nos trabalhos de Paiva et al. (1991), Magalhães (2001) e Mendonça (2001). Em experimento realizado por Pires et al. (1999), substituiu-se a silagem de milho em 25, 50, 75 e 100% pela cana-de-açúcar e, para tornar as dietas balanceadas quanto à concentração em proteína e energia, foi adicionado caroço de algodão nos níveis de 0, 5, 10, 15, e 20%, no concentrado. O aumento na porcentagem de caroço de algodão da dieta pelo aumento nos níveis de cana-de-açúcar contribuiu para o aumento do teor de gordura do leite pelo maior teor de fibra da dieta e, conseqüentemente, maior relação acetato:propionato, diferenciando dessa forma dos valores obtido no presente experimento.

Na maioria dos estudos, de forma semelhante aos dados obtidos neste trabalho, verificou-se que a suplementação com caroço de algodão não promoveu alterações nos teores de gordura do leite (Arieli, 1998). Dhiman et al. (1999), no entanto, trabalhando com vacas de alta produção, consumindo dietas contendo caroço de algodão, verificaram tendência de diminuição na porcentagem de gordura do leite e redução de 0,045 unidades percentuais no teor de proteína do leite para cada 100g de ácido graxo consumido. Todavia, em razão da maior produção de leite pelos animais que receberam caroço de algodão, como parte da dieta, a produção diária de proteína do leite foi superior

em 115 gramas em relação aos animais do tratamento controle. Em outro trabalho, Mena et al. (2001), apesar de terem verificado menor percentagem de proteína no leite de vacas alimentadas com 15% de caroço de algodão extrusado na dieta, não detectaram redução na percentagem de gordura e produção de leite sem e com correção para 3,5% de gordura, em relação ao tratamento controle.

Outro dado de importância quando se avaliam alimentos e dietas para vacas em lactação é a variação do peso dos animais. Esse dado, ou a observação da condição corporal funciona como indicador da qualidade do alimento, pois, na maioria das vezes, a vaca continua a mobilizar reserva corporal, após a fase de balanço negativo, para suprir deficiências nutricionais ocasionadas pela dieta de baixa qualidade, sem diminuir a produção de leite. Neste trabalho, foram verificados os seguintes valores de variação diária de peso corporal: 0,96, -0,62, 0,33, -0,22, para o tratamento à base de silagem de milho e para as dietas à base de cana-de-açúcar com níveis crescentes de caroço de algodão, respectivamente. Os valores de variação de peso obtidos nos tratamentos à base de cana-de-açúcar exclusiva e silagem de milho foram semelhantes aos encontrados por Paiva et al. (1991) e Magalhães (2001). Nos tratamentos com inclusão de caroço de algodão, o maior consumo em proteína e energia promoveu menor variação de peso e até ganho de peso no tratamento com 7% de inclusão de caroço de algodão. A grande amplitude de variação de peso entre as dietas se deve, em parte, por não poderem as vacas, devido à lactação, ficar algum tempo anterior à pesagem em jejum. Como há grande variação no consumo de matéria seca entre os tratamentos do experimento em todos os períodos experimentais, há variação de peso pela variação na quantidade de alimento no trato gastrointestinal. Segundo Davis (1993), variações no consumo de 0,45 kg de matéria seca por dia modificam o peso corporal do animal de vacas em 1,8 kg.

Os valores obtidos do comportamento ingestivo, durante a observação visual ocorrida em cada período experimental são apresentados na Tabela 9. A

dieta contendo 14% de caroço de algodão foi superior ($p < 0,05$) às dietas à base de silagem de milho e cana-de-açúcar como volumoso exclusivo, no tempo despendido com a atividade de ruminação. Esse fato pode ser explicado devido ao não processamento do caroço de algodão, que foi fornecido aos animais inteiro e sem retirada do línter.

TABELA 9 - Médias dos tempos despendidos, horas/dia, em alimentação, ruminação e ócio, para as dietas experimentais

Variável	Dieta				CV(%)
	Silagem de milho	Cana-de-açúcar			
		Porcentagem de caroço de algodão			
		0	7	14	
Alimentação	5,57 ^a	5,07 ^a	5,75 ^a	5,15 ^a	13,69
Ruminação	8,73 ^b	8,60 ^b	8,96 ^{ab}	9,76 ^a	8,85
Ócio	9,70 ^a	10,33 ^a	9,29 ^a	9,09 ^a	12,25

Médias, nas linhas, seguidas de uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

CV: coeficiente de variação.

Polli et al. (1995^a) e Pires et al. (1999), também não encontraram diferenças nos tempos despendidos com alimentação e ruminação de bovinos recebendo dietas à base de silagem de milho e cana-de-açúcar como volumoso exclusivo.

Welch e Hooper (1988), analisando experimento com aumento do teor de FDN, concluíram que o tempo despendido com ruminação é altamente correlacionado com o consumo. De forma contrária, é mencionada, com freqüência, diminuição no tempo gasto tanto em alimentação quanto em ruminação pela diminuição do teor de FDN, pelo aumento da porcentagem de concentrado, tanto em dietas de cabras (Gonçalves et al., 2000), novilhos (Dulphy et al., 1980) e bezerros (Bürger et al., 2000).

Como a fibra representa a fração do volumoso que guarda a mais estreita correlação com o consumo, deve ser ressaltado que os valores constituintes da parede celular dos alimentos das dietas do presente experimento, não

alcançaram valores acima dos 55 a 60% da MS, correlacionado negativamente com o consumo de forragem (Mertens, 1987; Minson, 1990; Dove, 1996), e que acarreta maior tempo de retenção da digesta no rúmen, promovendo limitações de ordem física na ingestão (Minson, 1990; Paterson et al., 1994), influenciando, assim, na produção animal.

Por ser o teor de FDN superior na dieta à base de silagem de milho e por esse tratamento ter apresentado o menor tempo de ruminação pelos animais, em relação aos tratamentos com cana-de-açúcar, pode-se mencionar que, além do teor de FDN ser importante para prever o consumo de nutrientes e o desempenho animal, também é importante conhecer o grau de indigestibilidade da FDN, bem como o teor de fibra potencialmente degradável e a taxa de degradação desta fibra no rúmen (Nocek, 1997).

Os resultados referentes às médias de eficiência de alimentação (EAL), eficiência de ruminação (ERU), tempo de mastigação total (TMT), número de bolos ruminais (NBR), número de mastigações merícicas (NMM) e tempo de ruminação por bolo ruminal (TRB) são apresentados na Tabela 10. A dieta à base de silagem de milho, por apresentar maior consumo e tempos semelhantes de alimentação e tempos de ruminação próximos àqueles das dietas com cana-de-açúcar e caroço de algodão, mostrou maior eficiência ($p < 0,05$) de alimentação e de ruminação, tanto para a matéria seca como para o FDN do alimento.

TABELA 10 - Médias observadas dos consumos de matéria seca (CMS) e de fibra em detergente neutro (CFDN), eficiência de alimentação de MS (EAL) e de FDN (EAL_{FDN}), eficiência de ruminação de MS (ERU) e de FDN (ERU_{FDN}), tempo de mastigação total (TMT), número de bolos ruminais (NBR), número de mastigações meréricas (NMM_{nd}), número de mastigações por bolo ruminal (NMM_{nb}) e tempo de ruminação por bolo ruminal (TRB), das dietas experimentais

Variável	Dieta			CV(%)	
	Silagem de milho	Cana-de-açúcar			
		Porcentagem de caroço de algodão			
		0	7	14	
CMS (kg/dia)	20,81 ^a	15,53 ^c	17,11 ^b	16,63 ^{bc}	7,48
CFDN (kg/dia)	7,97 ^a	5,42 ^b	5,89 ^b	5,63 ^b	10,14
EAL (gMS/h)	3975,40 ^a	3101,70 ^b	3118,60 ^b	3275,70 ^b	17,56
EAL_{FDN} (gFDN/h)	1519,37 ^a	1079,17 ^b	1071,24 ^b	1108,30 ^b	16,97
ERU (gMS/h)	2538,10 ^a	1873,70 ^b	1929,80 ^b	1717,50 ^b	12,56
ERU_{FDN} (gFDN/h)	976,63 ^a	652,39 ^b	664,30 ^b	580,37 ^b	17,00
TMT (h/dia)	14,30 ^a	13,67 ^a	14,71 ^a	14,90 ^a	8,17
NBR (nº/dia)	647,71 ^a	598,35 ^a	626,07 ^a	673,55 ^a	12,13
NMM_{nd} (nº/dia)	34985 ^{ab}	33335 ^b	36527 ^{ab}	39196 ^a	12,76
NMM_{nb} (nº/bolo)	54,35 ^a	56,85 ^a	60,15 ^a	61,01 ^a	12,23
TRB (seg/bolo)	49,02 ^a	52,49 ^a	52,70 ^a	54,28 ^a	11,93

Médias, nas linhas, seguidas de uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

CV: Coeficiente de variação.

Diferentemente dos dados apresentados neste experimento, Mendonça (2002), ao analisar o comportamento ingestivo de vacas lactantes sob alimentação com silagem de milho e cana-de-açúcar, não encontrou diferenças na eficiência de alimentação da matéria seca e da FDN entre as dietas de relação volumoso:concentrado semelhante às dietas no presente experimento.

A eficiência de ruminação da matéria seca (g MS/h), no trabalho de Mendonça (2001), foi semelhante entre os tratamentos e, da mesma forma, diferente dos dados encontrados no presente trabalho, em que se encontrou que a eficiência de ruminação foi superior no tratamento à base de silagem de milho em relação às dietas à base de cana-de-açúcar. A eficiência de ruminação da FDN (ERU_{FDN}), expressa em g FDN/h, no entanto, foi semelhante aos valores obtidos por Mendonça (2002), com maiores valores ($P < 0,05$) para a dieta à base de silagem de milho.

Não houve diferença na ERU_{FDN} das dietas à base de cana-de-açúcar, sendo que uma das razões pode ser o fato de o caroço de algodão apresentar alto teor de FDN, propiciando dietas com alto teor em fibra, apesar da substituição ser feita em relação à cana-de-açúcar e não do concentrado. Dessa forma, essa substituição pode ser uma alternativa na alimentação de vacas de alto potencial de produção, quando se deseja elevar o teor energético da dieta, sem interferir na concentração de fibra efetiva no rúmen.

O tempo de mastigação total (TMT) foi semelhante em todas as dietas experimentais, porém houve tendência de menor tempo total do dia em atividade de mastigação na dieta à base de cana-de-açúcar sem inclusão de caroço de algodão, além de menor número de mastigações meréricas por dia (NMM_{nd}); relacionado ao menor consumo de matéria seca observado neste tratamento. Beauchemin (1991), em estudo com vacas holandesas alimentadas com feno de alfafa e dietas com três diferentes teores de FDN, relatou tempos de mastigação total, de 13,13 h/dia, na dieta com teor semelhante de FDN ao do presente experimento.

O número de bolos ruminais (NBR), que variou de 598 a 648, não foi influenciado pelas diferentes dietas. A falta de processamento do caroço de algodão (quebra e retirada do línter), segundo Pires et al. (1997), faz com que se elevem os teores de FDN fisicamente efetivo da dieta, forçando o animal a aumentar o número de mastigações por dia.

Polli et al. (1995b) e Mendonça (2002), em ensaios com bovinos e bubalinos alimentados com silagem de milho ou cana-de-açúcar, também não encontraram diferenças significativas nos números de bolos ruminais entre as dietas compostas por esses volumosos.

Os dados relativos a economicidade das dietas são apresentados na Tabela 11. Sob o ponto de vista econômico, considerando os custos com alimentação e a variação de inventário animal, a dieta à base de silagem de milho apresentou os resultados mais favoráveis, em relação à renda líquida, expressa em R\$/vaca/dia. Nos tratamentos à base de cana-de-açúcar, a

inclusão de 7% de caroço de algodão, mostrou-se viável pela melhoria da produção acompanhada pela variação positiva do peso corporal dos animais, alcançando a maior renda líquida das dietas à base de cana-de-açúcar. A dieta contendo apenas cana-de-açúcar foi o de menor rentabilidade, representando apenas 50%, quando comparado com a silagem de milho, e 62%, quando comparado com cana-de-açúcar mais 7% de caroço de algodão. Os custos com concentrado, em relação a renda obtida com a produção de leite, foram superiores ao valor de 30% proposto por Gomes (2000).

Tabela 11 - Custos com alimentação e receita líquida obtidos para as diferentes dietas

Item	Dieta			
	Silagem de milho	Cana-de-açúcar		
		Porcentagem de caroço de algodão		
	0	7	14	
CONCENTRADO				
Custo ¹ por kg de MN	0,40	0,37	0,35	0,34
Consumo por vaca/dia	9,60	7,11	7,80	7,65
Custo em R\$/vaca/dia	3,84	2,63	2,73	2,60
CAROÇO DE ALGODÃO				
Custo ¹ por kg de MN	0,18	0,18	0,18	0,18
Consumo por vaca/dia	0,00	0,00	1,39	2,69
Custo em R\$/vaca/dia	0,00	0,00	0,25	0,49
VOLUMOSO				
Custo ² por kg de MN	0,04	0,02	0,02	0,02
Consumo por vaca/dia	40,94	32,69	31,82	26,84
Custo em R\$/vaca/dia	1,64	0,65	0,64	0,54
VARIAÇÃO DE PV				
Variação em kg/dia	0,96	-0,62	0,33	-0,23
Preço da carne ³ R\$/kg	1,33	1,33	1,33	1,33
R\$/vaca/dia	1,28	-0,82	0,44	-0,31
RENDA DO LEITE				
Produção de leite (kg/vaca/dia)	24,98	18,64	19,66	20,55
Preço do leite ⁴ (R\$/litro)	0,33	0,33	0,33	0,33
R\$/vaca/dia ⁵	8,24	6,15	6,49	6,78
CUSTOS				
Custo total (R\$/vaca/dia)	5,48	3,28	3,62	3,62
Custo do leite (R\$/kg)	0,219	0,176	0,184	0,176
Custo do leite (% concentrado)	47	42	42	38
Custo do leite (% da dieta)	66	53	56	53
RENDA LÍQUIDA				
R\$/vaca/dia ⁶	4,04	2,04	3,31	2,85

¹ Preço dos ingredientes da ração e do caroço de algodão fornecido pela fábrica de ração/UFV.

² Preço médio encontrado no ano de 2001 para a silagem de milho e cana-de-açúcar, fornecido pelo convênio NESTLÉ/FUNARBE/UFV.

³ Preço da carne (R\$/kg)= 1,33, praticado na região de Viçosa-MG.

⁴ Preço praticado pelo laticínio da FUNARBE/UFV aos produtores, que entregaram mais de 1000 litros de leite resfriado por dia no ano de 2001.

⁵ Considerando somente o leite.

⁶ Considerando leite e variação de inventário dos animais.

2.4. Conclusões

A inclusão de caroço de algodão, nas dietas à base de cana-de-açúcar, promoveu melhoria da qualidade alimentar. O nível de 7% de substituição de caroço de algodão mostrou-se viável economicamente pelo aumento na produção de leite e variação positiva de peso corporal em relação à dieta tendo a cana-de-açúcar como volumoso exclusivo, não atingindo, contudo produções de leite e ganho de peso diário médio semelhantes aos da silagem de milho, de maior rentabilidade.

2.5. Referências Bibliográficas

- ARIELI, A. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.72, p.97-110, 1998.
- BEAUCHEMIN, K.A. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfalfa hay quality on chewing, rumen function, and milk production of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.9. p.3140-3151, 1991.
- BEHMER, M.L.A. **Tecnologia do leite: produção, industrialização e análise**. 13.ed. São Paulo: Nobel, 1984. p.100-108.
- BOIN, C.; ALLEONI, G.F.; BIONDI, P. et al. Comparação entre silagens de milho e cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes: 1. Efeito do nível de concentrado na produção de leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 20, 1983, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1983a. p.84.
- BOIN, C.; ALLEONI, G.F.; BEISMAN, D. et al. Comparação entre silagem de milho e cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes: 2. Efeito da suplementação com uréia na produção de leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 20, 1983, Pelotas. **Anais...** Pelotas: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1983b. p.85.
- BÜRGER, P.J.; PEREIRA, J.C.; QUEIRÓZ, A.C. et al. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.236-242, 2000.
- CANT, J.P.; DEPTERS, E.J.; BALDWING, R.L. Mammary uptake of energy metabolites in dairy cows fed fat and its relationship to milk protein depression. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.8, p.2254-2265, 1993.
- CASTRO, A.C.; CAMPOS, J.; HILL, J.; COELHO, J.F.S. Cana-de-açúcar "vesus" silagem de milho na produção de leite. **Revista Ceres**, v.14, n.80, p.203-223, 1967.
- COPPOCK, C.E.; LANHAM, J.K.; HORNER, J.I. A review of the nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.18, p.89-129, 1987.
- COPPOCK, C.E.; LANHAM, J.K.; HORNER, J.I. A review of the nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by products by dairy cattle. **Animal Feed Science**, v.68, n.9, p.2248-2258, 1995.

- CRAIG, W.M.; HONG, B.J.; BRODERICK, G.A. et al. In vitro inoculum enriched with particle associated microorganisms for determining rates of fiber digestion and protein degradation. **Journal of Dairy Science**, v.50, n.4, p.523-526, 1984.
- DADO, R.G.; ALLEN, M.S. Intake limitations, feeding behavior, and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. **Journal of Dairy Science**, v.78, n.1, p.118-133, 1995.
- DAVIS, C.L. **Alimentación de la vaca lechera alta productora**. Dundee: Milk Specialties Company, University of Illinois, 1993. 59p.
- DHIMAN, T.R.; ANAND, G.R.; SATTER, L.D. et al. Conjugated linoleic acid content of milk from cows fed different diets. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.10, p.2146-2156, 1999.
- DOVE, H. The ruminant, the rumen and the pasture resource: nutrient interactions in the grazing animal. In: HODGSON, J.; ILLUS, A.W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p.219-246.
- DULPHY, J.P.; REMOND, B.; THERIEZ, M. Ingestive behavior and related activities in ruminants. In: RUCKEBUSH, Y.; THIVEND, P. (Eds.) **Digestive physiology and metabolism in ruminants**. Lancaster: MTP, 1980. p.103-122.
- ELLIOTT, J.P.; DRACKLEY, J.K.; SCHAUFF, D.J.; JASTER, E.H. Diets containing high oil corn and tallow for dairy cows during early lactation. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.3, p.775-789, 1993.
- FERNANDES, J.J.R.; PIRES, A.V.; SIMAS, J.M.C. et al. Efeito de níveis de caroço de algodão na dieta de vacas holandesas em lactação In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.433.
- GALAN, V.B.; NUSSIO, L.G. Novos custos para cana-de-açúcar. In: **Boletim do leite**. Piracicaba, CEPEA/FEALQ, n. 74, 2000a.
- GALAN, V.B.; NUSSIO, L.G. Novos custos para silagem de milho. **Boletim do leite**. Piracicaba: CEPEA/FEALQ, n. 71, 2000b.
- GOMES, T.G. **Economia da Produção leiteira**. Belo Horizonte: Itambé, 2000. 132p.
- GONÇALVES, A.L.; LANA, R.P; RODRIGUES, M.T. et al. Comportamento alimentar de cabras leiteiras submetidas a dietas com diferente relação volumoso:concentrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. p.4.

- HAWKINS, G.E.; CUMMINS, K.A.; SILVEIO, M.; JILEK, J.J. Physiological effects of whole cottonseed in the diet of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.68, n.10, p.2608-2614, 1985.
- HOOVER, W. H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v.69, n.10, p.2755-2766, 1986.
- LENG, R.A. Limitaciones metabólicas en la utilización de la caña de azúcar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche en rumiantes. In: PRESTON, T.R.; ROSALES, M. **Sistemas intensivos para la producción animal y de energía renovable com recursos tropicales**. Cali: CIPAV, 1988. p.1-24.
- LENG, R.A., PRESTON, T.R. Sugar cane for cattle production: present constraints perspectives and research priorities. **Tropical Animal Production**, v.1 p.1-22, 1976.
- LIMA, M.L.M.; MATTOS, W.R.S. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5, 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p.77-106.
- LUGINBUHL, J.M.; POORE, M.H.; CONRAD, A.P. Effect of level of whole cottonseed on intake, digestibility, and performance of growing male goats fed hay-based diets. **Journal of Animal Science**, v.78, p.1677-1683, 2000.
- MAGALHÃES, A.L.R. **Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.) em substituição à silagem de milho (*Zea mays*) em dietas para vacas em lactação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 62p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- MENA, H.; SANTOS, J.E.P.; HUBER, J.T. et al. The effects of feeding varying amounts of gossypol from whole cottonseed and cottonseed meal in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.10, p.2231-2239, 2001.
- MENDONÇA, S.S. **Desempenho, síntese de proteína microbiana e comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar ou Silagem de Milho**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 68p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v.64, n.8, p.1548-1558, 1987.
- MERTENS, D.R. Analysis of fiber and its uses in feed evaluation and ration formulation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p.1-32.
- MINSON, D.J. **Forage in ruminant nutrition**. New York: Academic Press, 1990, 483p.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: Nat. Acad. Press, 2001. 381 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6.ed. Washington, D.C.: Nat. Acad. Press, 1989. 158p.
- NAUFEL, F.; GOEDMAN, E.F.; GUARAGNA, R.N. et al. Estudo comparativo entre cana-de-açúcar e silagem de milho, sorgo e capim napier na alimentação de vacas leiteiras. **Boletim da Indústria Animal**, v.26, p.9-22, 1969.
- NOCEK, E.J. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. In: TEIXEIRA, J.C. (Ed). **Digestibilidade em Ruminantes**. Lavras: UFLA/FAPEPE, 1997. p.197-240.
- NOGUEIRA FILHO, J.C.M., LUCCI, C.S., ROCHA, G.L., et al. Substituição parcial da silagem de milho por cana-de-açúcar como únicos volumosos para vacas em lactação. **Boletim da Indústria Animal**, v.24, n.1, p.75-84, 1977.
- NUSSIO, L.G. Milho e sorgo para a produção de silagens. In: PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.): **Volumosos para bovinos**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p.75-177.
- PAIVA, J.A. J.; MOREIRA, H.A.; CRUZ, G.M. VERNEQUE, R.S. Cana-de-açúcar associada à uréia/sulfato de amônio como volumoso exclusivo para vacas em lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.1, p.90-99, 1991.
- PALMQUIST, D.L. Suplementação de lipídios para vacas em lactação. In PEIXOTO, A.M., MOURA, J.C., FARIA, V.P. (Eds.) **Nutrição de bovinos**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.321-338.
- PATERSON, J.A.; BELYEA, R.L.; BOWMAN, J.P. et al. The impact of forage quality and supplementation regimen on ruminant animal intake and performance. In: FAHEY Jr., G.C. (Ed.). **Forage Quality, Evaluation, and Utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.59-114.
- PEIXOTO, F.A.M. **Utilização do complexo ácido graxo-cálcio na dieta de vacas em lactação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1992. 121p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1992.
- PENA, F.; TAGARI, H.; SATTER, L.D. The effect of heat treatment of whole cottonseed on site and extent of protein digestion in dairy cows. **Journal of Animal Science**, v.62, n.5, p.1423-1433, 1986.
- PIRES, A.V.; EASTRIDGE, M.L.; FIRKINS, J.L. Effects of heat treatment and physical processing of cottonseed on nutrient digestibility and production performance by lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.8, p.1685-1694, 1997.

- PIRES, A.V.; SIMAS, J.M.C.; ROCHA, M.H.M. et. al. Efeito da substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar no consumo de matéria seca, parâmetros ruminais, produção e composição do leite de vacas holandesas. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999. CD-ROM.
- POLLI, V. A.; RESTLE, J.; SENNA, D.B. Comportamento de bovinos e bubalinos em regime de confinamento. I. Atividades. **Ciência Rural**, v.25, n.1, p.127-131, 1995a.
- POLLI, V. A.; RESTLE, J.; SENNA, D.B. et al. Aspectos relativos à ruminação de bovinos e bubalinos em regime de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.5, p.987-993, 1995b.
- PREGNOLATTO, W.; PREGNOLATO, N.P. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, v.1, 1985. p.533.
- PRESTON, T.R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. **Journal of Animal Science**, v.54, n.4. p.877-884, 1982.
- RODRIGUES, A.A. Potencial e limitações de dietas à base de cana-de-açúcar e uréia para recria de novilhas e para vacas em lactação. In: SIMPÓSIO MINEIRO DE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE, 2, 1999, Belo Horizonte. 1999. **Anais...** Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1999. p.66-75.
- RODRIGUEZ, N.M. Pesquisas sobre dinâmica da fermentação ruminal e partição da digestão realizadas no Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.355-388.
- SAS INSTITUTE. **SAS Systems for Linear Models**. Cary: SAS Institute, 1991. 329p.
- SKLAN, D.; ASHKENAZI, 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, n.9, p.2463-2472, 1992.
- SILVA, D.J.; QUEIRÓZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2.ed. Viçosa: UFV / Imprensa Universitária, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets; II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. Departamento de Engenharia Agrícola. Estação meteorológica. **Dados climáticos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1997.

- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; CAPPELLI, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 297p.
- VALDEZ, R.E., ALVARES, F.J., FERREIRO, H.M. 1977. Rumen function in cattle given sugar cane. **Tropical Animal Production**, v.2, n.3, p.260-272, 1977.
- VALVASORI, E.; LUCCI, C.S.L.; ARCARO, J.R.P. et al. Silagem de cana-de-açúcar em substituição à silagem de sorgo granífero para vacas leiteiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.32, n.4, p.224-228, 1995.
- VILLELA, S. D. J.; VALADARES FILHO, S. C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R., LEÃO, M.I.; PEREIRA, J.C. Carço de algodão para vacas leiteiras. 2. Efeito na digestão total e parcial dos nutrientes, taxa de passagem da digesta ruminal e degradação da matéria seca e proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.1, p.186-194, 1997.
- WELCH, J.G.; HOOPER, A.P. Ingestion of feed and water. In: CHURCH, D.C. (Ed). **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: Reston, 1988. p.108-116.

3. Capítulo 2

Produção de Proteína Microbiana, Concentrações de Uréia no Leite e no Plasma, Balanço de Nitrogênio e Parâmetros Ruminais de Vacas Leiteiras Alimentadas com Cana-de-açúcar e Carvão de Algodão ou Silagem de Milho

3.1. Introdução

Na tentativa de aumentar a produtividade dos animais, busca-se conhecer todos os fatores que influenciam no consumo animal e, qual é, em cada caso, aquele limitante, que influencia negativamente a resposta animal (Paulino et al., 2001). Um dos pontos fundamentais se refere ao funcionamento ruminal, sendo desejado a manutenção de um padrão de fermentação uniforme, com níveis adequados de pH e amônia, ensejando maior eficiência de síntese microbiana, disponibilizando maiores quantidades de substratos energéticos (ácidos graxos voláteis) e proteína microbiana para o animal hospedeiro, através do aumento nas reações fermentativas no rúmen (Paulino et al., 2001). Para Hoover e Stokes (1991), o pH e a taxa de passagem são os modificadores químicos e físicos mais importantes da fermentação ruminal, sendo ambos afetados pelas características das dietas como a composição bromatológica e estruturas anatômicas (Weston, 1996).

A faixa de pH, para que haja atividade normal no rúmen, segundo Van Soest (1994), é de $6,7 \pm 0,5$, sendo mantida constante, principalmente por meio do tamponamento do rúmen pela saliva e pela remoção dos ácidos graxos voláteis por absorção, com variações diurnas, alcançando os menores valores após 2 horas do início da alimentação (Faria e Huber, 1984). O nível de

nitrogênio amoniacal mínimo, recomendado por Satter e Slyter (1974), é de 5 mg/dL, bem como, para obtenção de crescimento microbiano máximo, o valor de 15,0 a 20,0 mg/dL é recomendado por Leng e Nolan (1984).

A concentração de amônia no líquido ruminal é função das taxas relativas de entrada e remoção no rúmen (Nolan, 1993). Sua concentração é indicador da eficiência nos processos de síntese microbiana, e de sincronização entre as taxas de digestão de carboidratos e proteínas (Poppi e Mclennan, 1995). Quando a velocidade de produção de amônia pelos microrganismos não é acompanhada pela velocidade de utilização, a partir da digestão dos carboidratos, aumenta a excreção de compostos nitrogenados e a perda da proteína da dieta (Morrison e Mackie, 1996). Jenkins (1993) cita que os protozoários são responsáveis, em parte, pela ineficiência do processo de síntese microbiana, por engolfar bactérias e alimentos com baixo *turnover* e lenta taxa de passagem para o trato gastrintestinal inferior.

A principal forma de eliminação do nitrogênio da dieta se dá sob a forma de uréia, que é formada a partir da amônia absorvida no rúmen, ou a partir da quebra em nível dos tecidos animais, dos aminoácidos que são absorvidos no intestino (Van der Walt, 1993). O aumento nos níveis de amônia no líquido ruminal, advindos do aumento do teor protéico da dieta e, ou, da má utilização da proteína dietética, está relacionado aos aumentos nos níveis de uréia no plasma, sendo que, tentativas têm sido feitas para utilizar a concentração plasmática de uréia como índice da eficiência de utilização da proteína bruta da dieta (Broderick em 1995, citado por Valadares, 1997a).

Quando se trabalha com vacas de leite, Shepers e Meijer (1998) e Jonker et al. (1998) aconselham o uso da concentração de uréia no leite como indicador do metabolismo protéico, pois, segundo Broderick e Clayton (1997), a concentração de uréia no leite reflete a concentração de uréia no plasma.

A determinação da contribuição da proteína microbiana é outro fator importante no estudo da nutrição protéica de ruminantes, por ser de alto valor biológico e atender de 50 a 100% da exigência de proteína metabolizável dos

bovinos (NRC, 1996). Diferentes unidades identificam a eficiência de síntese microbiana transmitindo a idéia da quantidade de proteína sintetizada a partir da utilização de quantidade determinada de energia da dieta. O NRC (1996) considera a produção de proteína microbiana em função dos nutrientes digestíveis totais, o ARC (1984) expressava em relação à matéria orgânica degradada no rúmen, e posteriormente, o AFRC (1993) considera a eficiência em função da energia metabolizável fermentável no rúmen. O sistema de Cornell (CNCPS), descrito por Russel et al., (1992), expressa a eficiência de síntese protéica em grama de matéria seca bacteriana por grama de carboidratos totais degradados no rúmen.

Vários são os sistemas de estimação da contribuição da proteína microbiana no fluxo intestinal (Chen e Gomes, 1992). Os métodos para medição da quantidade de compostos nitrogenados microbianos utilizam indicadores internos, como bases purinas e ácido 2,6 diaminopimélico (DAPA), e externos, como N¹⁵ e S³⁵. Como esses métodos requerem a utilização de animais fistulados para a determinação do fluxo da matéria seca no abomaso, tem havido grande interesse no desenvolvimento de técnicas não invasivas para determinação da proteína microbiana (Chen e Gomes, 1992). O uso de derivados de purina (DP) para estimar a síntese de proteína microbiana tem sido uma alternativa. Esse método assume que o fluxo duodenal de ácidos nucléicos é, predominantemente, de origem microbiana. Após a digestão intestinal dos nucleotídeos de purinas, as bases nitrogenadas adenina e guanina são catabolizadas e excretadas, proporcionalmente, na urina como DP, principalmente alantoína, mas também como xantina, hipoxantina e ácido úrico (Perez et al., 1996). Conhecendo a proporção de ácidos nucléicos excretados diariamente através do leite e da urina e a proporção reciclada pelo animal, além do teor desses nucleotídeos e de proteína nos microrganismos ruminais, consegue-se estimar a quantidade de proteína microbiana sintetizada (Chen e Gomes, 1992).

Um grande número de trabalhos conclui não haver diferenças entre

a produção microbiana determinada pelo método das bases de purinas no abomaso e pela técnica de excreção de DP, como recentemente no trabalho de Rennó et al. (2000a), com bovinos fistulados. Nesse mesmo trabalho, do total de derivados de purinas excretados na urina, aproximadamente 98% eram representados por alantoína e ácido úrico e apenas 2%, por xantina e hipoxantina. Tal fato decorre da grande atividade da xantina oxidase no sangue e nos tecidos, que converte xantina e hipoxantina a ácido úrico e alantoína antes da excreção (Chen e Gomes, 1992), sendo, por isso, utilizado apenas a alantoína e o ácido úrico como indicadores de síntese microbiana, em muitos trabalhos.

Uma das dificuldades no uso da técnica dos derivados de purina excretados para estimar a síntese de proteína microbiana é a quantificação do volume urinário diário. Chen e Gomes (1992), sugerem que, pelo menos, 5 dias de coleta total de urina deveriam ser feitas, evitando falhas na determinação, pelas variações ocasionais. Outros diferentes tempos de coleta de urina têm sido realizados, a exemplo de Siddons et al. (1985); Coto et al. (1988) e Valadares et al. (1997), que realizaram coleta de nove dias, de três dias, e 24 horas, respectivamente. Mais recentemente, Mendonça (2001) comparou as excreções urinárias em dois tempos (8 e 24h), não encontrando diferenças entre os mesmos, sugerindo o menor tempo de coleta, visto que o uso de catéteres pode causar desconforto, principalmente em animais em lactação.

Outra forma de obtenção do volume urinário, muito testado atualmente por sua praticidade, designado de coleta de urina *spot*, é a estimativa urinária a partir da concentração de creatinina na urina (Chen, 1995). Considerando-se que a excreção de creatinina é constante em função do peso vivo dos animais, assim, dividindo-se a excreção diária de creatinina pela sua concentração na urina *spot* obtém-se a estimativa do volume urinário diário.

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o pH e a concentração de amônia e de protozoários no rúmen, a concentração de uréia no leite e no plasma, o balanço de compostos nitrogenados e a produção de proteína

microbiana, estimada a partir de coleta de urina *spot*, utilizando vacas lactantes alimentadas com silagem de milho ou cana-de-açúcar parcialmente substituída pelo caroço de algodão.

3.2. Material e Métodos

O trabalho 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 agosto a outubro de 2001, em três quadrados latinos 4 x 4, envolvendo 12 vacas lactantes da raça Holandesa, malhada de preto, puras e mestiças, avaliadas em quatro períodos experimentais, com duração de 21 dias cada, sendo 14 dias destinados à adaptação às dietas e 7 para coleta e obtenção dos dados, conforme detalhado no Capítulo 1.

Foram avaliados os níveis plasmáticos de uréia e de creatinina, as excreções de uréia e de alantoína no leite e de uréia, alantoína, ácido úrico e creatinina na urina, bem como o balanço de compostos nitrogenados das dietas e a síntese de proteína microbiana em cada tratamento. Além desses dados, quatro vacas que constituíram um dos três quadrados latinos foram fistuladas no rúmen, para a determinação do pH, da concentração de amônia e do número de protozoários no líquido ruminal.

O preparo das amostras compostas do alimento fornecido e das sobras diárias por animal em cada período experimental, as análises de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), compostos nitrogenados (N), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (LIG) foram feitas segundo Silva e Queiróz (2002).

As amostras compostas de leite constituídas de 1% da produção da ordenha da manhã e 1% da produção da ordenha da tarde, totalizando em torno de 250 ml, foram coletadas no 18^o dia de cada período experimental, para realizar as análises de compostos nitrogenados totais, alantoína e uréia. O leite primeiramente foi desproteínizado com ácido tricloroacético (10 ml de leite foram

misturados com 5 ml de ácido tricloroacético a 25%, filtrado em papel-filtro e armazenado a -20 °C, sendo as análises de uréia e alantoína realizadas no filtrado.

Foi coletado sangue, no 19º dia de cada período experimental, usando-se vacuutainer, aproximadamente quatro horas após a alimentação matinal, utilizando-se EDTA como anticoagulante. Logo após a coleta, as amostras de sangue foram centrifugadas (5000 rpm por 15 minutos) e o plasma sanguíneo acondicionado em recipientes de vidro e congelado para posteriores análises de creatinina e uréia.

Amostras “spot” de urina foram obtidas no 20º dia de cada período experimental, aproximadamente quatro horas após a alimentação, durante micção espontânea. Ao término da coleta, as amostras foram homogeneizadas, filtradas e alíquotas de aproximadamente 40 ml foram diluídas imediatamente em ácido sulfúrico a 0,036N, sendo o pH da solução da amostra acidificada ajustado para valores abaixo de 3, para evitar destruição bacteriana dos derivados de purinas e precipitação de ácido úrico e armazenadas a -20°C para posteriores análises de creatinina, uréia, alantoína e ácido úrico. As análises de derivados de purinas DP (alantoína e ácido úrico) foram feitas pelo método colorimétrico, segundo Fujihara et al. (1987), descrito por Chen e Gomes (1992).

O líquido ruminal foi coletado via fístula ruminal, no 21º dia, para determinação do pH, da concentração de amônia nos tempos 0 (zero), imediatamente antes da alimentação, e duas, quatro e seis horas após o início da alimentação. Na determinação da concentração de protozoários no líquido ruminal, foram utilizadas as amostras retiradas nos tempos 0 (zero) e seis horas. Aproximadamente 400 ml de líquido ruminal foram coletados, em recipiente de vidro, após a filtragem em gaze, sendo retirada duas alíquotas de 40 mL, para cada animal e tempo de coleta. Em uma delas determinou-se, imediatamente, o pH por meio de peagâmetro digital. Adicionou-se 1 ml de ácido sulfúrico 50% e, posteriormente, a amostra foi acondicionada em frasco de vidro, devidamente identificado e armazenada em congelador a -5 °C, para posterior determinação

do N-NH₃ ruminal. A determinação do N-NH₃ ruminal foi realizada após a centrifugação das amostras a 3.000 rpm por 15 min retirando-se 2 ml de sobrenadante, no qual foi determinado o teor de nitrogênio, segundo o método micro-Kjeldahl (Silva e Queiroz, 2002), adicionando-se 5 ml de KOH 2N ao invés de 5 ml de NaOH.

Na determinação da concentração de protozoários, foi utilizada a outra alíquota de 40 ml da amostra de líquido ruminal coletada para determinação de pH e N-NH₃, sendo adicionado 0,4 ml de formaldeído comercial, 37,4% e, posteriormente, acondicionada em embalagem de vidro e armazenada em geladeira a 5° C, para posterior contagem e determinação da concentração de protozoários no líquido ruminal, segundo técnica proposta por Dehority (1984).

O balanço dos compostos nitrogenados (N) foi obtido pela diferença entre o total de N ingerido e o total de N excretado nas fezes, no leite e na urina. A determinação do N total, no leite e na urina, foi feita segundo Silva e Queiróz (2002).

A excreção total de DP foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretados na urina e da quantidade de alantoína excretada no leite, expressas em mmol/dia.

O volume urinário total diário foi estimado a partir da proposição de excreção de 29,00mg/kg peso vivo (PV) de creatinina (Valadares et al., 1999), e dos valores observados de concentração de creatinina na amostra de urina, segundo Rennó et al. (2000b).

As purinas absorvidas (X, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção de DP (Y, mmol/dia), por meio da equação $Y = 0,84X + 0,236 PV^{0,75}$, em que 0,84 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados de purinas e 0,236 $PV^{0,75}$ é a contribuição endógena para excreção de purinas, valor proposto por Orellana Boero, (2001), diferentemente do valor sugerido de 0,385 (Verbic et al., 1990).

A síntese de compostos nitrogenados microbianos no rúmen (Y, g N/dia) foi calculada em função das purinas absorvidas (X, mmol/dia), por meio da

equação $Y = (70X) / (0,83 \times 0,116 \times 1000)$, em que 70 representa o conteúdo de N nas purinas (mg N/mmol); 0,83, a digestibilidade das purinas microbianas e 0,116, a relação N-purina:N total nas bactérias (Chen e Gomes, 1992).

A uréia foi determinada na urina, no plasma e no leite desproteínizado e a creatinina na urina, usando-se kits comerciais (Labtest).

No caso dos dados de pH, amônia e protozoários ruminais considerou-se as avaliações nos diferentes horários como diferentes observações da função multivariada (SAS INSTITUTE, 1991), sendo os dados submetidos à análise de variância multivariada, segundo Schabenberger e Pierce (2002) e comparação das médias em nível de 5% de significância, utilizando o programa SAS, versão 8.0, do Instituto SAS.

Os dados dos níveis plasmáticos de uréia e creatinina, excreções de uréia e alantoína no leite e de uréia, alantoína ácido úrico na urina, bem como a síntese de proteína microbiana foram submetidos à análise de variância, segundo o seguinte modelo matemático (SAS INSTITUTE, 1991):

$$Y_{ijkl} = \mu + V_{i(l)} + P_{j(l)} + T_k + Q_l + TQ_{kl} + e_{ijkl}$$

em que Y_{ijkl} = observação na vaca i , no período j , submetida ao tratamento k , no quadrado latino l ,

μ = efeito geral da média;

$V_{i(l)}$ = efeito da vaca i , dentro do quadrado latino l , sendo $i = 1, 2, 3, 4$;

$P_{j(l)}$ = efeito do período j , dentro do quadrado latino l , sendo $j = 1, 2, 3, 4$;

T_k = efeito do tratamento k , sendo $k = 1, 2, 3, 4$;

Q_l = ef

eito do quadrado latino l , sendo $l = 1, 2, 3$;

TQ_{kl} = efeito da interação entre o tratamento k x quadrado latino l ; e

e_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação $ijkl$, $e_{ijkl} \sim NID(0, \sigma^2)$.

As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

3.3. Resultados e Discussão

Os valores médios de pH e as concentrações de amônia do líquido ruminal são apresentados na Tabela 1. Os valores de pH estiveram em faixa adequada para bom crescimento microbiano (Hoover e Stokes, 1991).

TABELA 1 – Valores médios de pH e concentração de amônia (mg/dl), no líquido ruminal de vacas lactantes submetidas a quatro dietas experimentais, nos diferentes tempos de amostragem: antes da alimentação (0) e 2, 4 e 6 horas após

Tempo	Dietas				CV(%)
	Silagem de milho	Cana-de-açúcar			
		Porcentagem de caroço de algodão			
		0	7	14	
	PH				
Antes da alim.	6,70 ^a	6,93 ^a	6,68 ^a	6,83 ^a	2,16
2 h após alim.	6,60 ^a	6,45 ^a	6,45 ^a	6,43 ^a	3,24
4 h após alim.	6,25 ^a	6,28 ^a	6,08 ^a	6,13 ^a	4,06
6 h após alim.	6,15 ^a	6,38 ^a	6,23 ^a	6,30 ^a	3,96
	N-NH ₃				
Antes da alim.	12,92 ^a	6,78 ^a	7,03 ^a	5,55 ^a	50,19
2 h após alim.	17,21 ^a	25,00 ^a	25,04 ^a	20,93 ^a	31,84
4 h após alim.	20,10 ^a	15,86 ^a	19,56 ^a	12,49 ^a	20,30
6 h após alim.	14,98 ^a	8,33 ^b	16,95 ^a	4,20 ^b	22,16

Médias, nas linhas, seguidas de uma mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Tanto a dieta à base de silagem como aquela à base de cana-de-açúcar com 7% de inclusão de caroço de algodão mantiveram níveis elevados de amônia após 6 horas do início da alimentação, sendo esses valores situados entre 15 e 20 mg/dl, conforme recomendado por Leng e Nolan (1984), para máximo crescimento microbiano. Esse fato é explicado, no caso da silagem de

milho, pelo maior consumo diário de proteína, sendo que os valores médios de consumo de proteína bruta foram de 3,26, 2,48, 2,67, 2,45 kg para o tratamento à base de silagem de milho e de cana-de-açúcar com níveis crescentes de caroço de algodão, como descrito no capítulo 1.

O consumo de 2,67 kg proteína bruta pelos animais submetidos ao tratamento com 7% de caroço de algodão, em média 10% superior em relação às demais dietas à base de cana-de-açúcar, apesar de não significativo ($p>0,05$), mostra tendência de maior consumo de proteína bruta pelos animais nesse tratamento, o que explica em parte os maiores valores de $N-NH_3$ seis horas após o início da alimentação.

Em relação à dieta com inclusão de 14% de caroço de algodão, como as dietas eram isoprotéicas, grande parte da proteína da dieta era suprida pelo caroço de algodão, devido ao alto teor em proteína bruta desse alimento. Dessa forma, como havia sobra considerável de caroço de algodão no cocho, no tratamento como maior nível de inclusão desse componente, o consumo de proteína foi baixo, talvez o maior responsável pela queda acentuada na concentração de amônia ruminal, após 6 horas do início da alimentação, chegando a valores inferiores a 5 mg/dl.

Na Tabela 2 apresentam-se os resultados obtidos na contagem do número de protozoários do líquido ruminal, nos tempos imediatamente antes da alimentação e 6 horas após. Verificou-se que tanto as dietas, quanto os horários de coleta interferiram significativamente ($p<0,05$) no número total de protozoários, evidenciando-se a diminuição na concentração de protozoários em animais submetidos aos tratamentos com inclusão de caroço de algodão em substituição à cana-de-açúcar. Os resultados obtidos para a dieta à base de cana-de-açúcar como volumoso único e silagem de milho está de acordo com os valores descritos por Valvassori (1998), que substituiu a silagem de milho pela cana de açúcar até o nível de 100%.

TABELA 2 - Concentração média de protozoários (x1000/ml), no líquido ruminal de vacas lactantes submetidas a quatro dietas experimentais, nas diferentes horas de amostragem

Tempo	Dietas			CV(%)	
	Silagem de milho	Cana-de-açúcar			
		Proporção de caroço de algodão			
		0	7	14	
Antes da alim.	51,61 ^{ba}	131,07 ^{aa}	42,03 ^{ba}	17,60 ^{ca}	17,11
6 h após alim.	25,54 ^{ba}	127,61 ^{aa}	39,22 ^{ba}	28,12 ^{ba}	17,07

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula, nas colunas, e minúscula, nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

CV: Coeficiente de variação.

Vários autores têm relacionado a influência do óleo na diminuição da concentração de protozoários no líquido ruminal, conforme revisão de Jenkins (1993). Mohamed et al. (1988) verificaram menores relações acetato:propionato (A:P) e redução na população de protozoários como resultado da inclusão de caroço de algodão (16,5% da MS) ou óleo de caroço de algodão (4% da MS) na dieta de vacas em lactação. Os autores relataram ainda que as alterações observadas no número de protozoários foram consistentes com a redução na relação A:P e diminuição na digestibilidade da MS da dieta. Arieli (1998), revisando diversos trabalhos, relatou que o efeito do caroço de algodão sobre os parâmetros ruminais depende do balanço da fermentação da dieta basal. Assim, a relação A:P poderá aumentar quando o caroço de algodão for adicionado a dietas com relação A:P basal menor que 3 (dietas concentradas) ou poderá reduzir a relação A:P quando o caroço de algodão for incluído em dietas com relação basal A:P maior que 3 (dietas ricas em fibra). Outro fator que altera a concentração de protozoários no líquido ruminal é o consumo. O maior tempo de retenção dos protozoários no rúmen, em função do menor consumo e menor taxa de passagem permite maior tempo para que os mesmos se multipliquem no rúmen, uma vez que o tempo de duplicação da população de protozoários varia de 6 a 48 horas, com média de 24 horas (Van Soest, 1994).

Os dados referentes às médias diárias das excreções de alantoína na urina e no leite, ácido úrico na urina, purinas totais, purinas absorvidas e síntese de compostos nitrogenados microbianos são apresentados na Tabela 3. Não houve diferença entre as dietas nas excreções médias diárias de alantoína e ácido úrico na urina, além dos derivados de purina totais absorvidos, bem como para a síntese de N microbiano. A excreção média diária de alantoína no leite foi maior ($P < 0,05$) na dieta à base de silagem de milho, quando comparada com as dietas à base de cana-de-açúcar, pela maior produção das vacas nesse experimento, estando de acordo com Oliveira et al. (2001), bem como Gonda e Lindberg (1997), que concluíram que a produção de leite é um importante fator na determinação da excreção de alantoína no leite.

Tabela 3 – Médias diárias das excreções de alantoína na urina (ALAU) e no leite (ALAL), ácido úrico na urina (AU), purinas totais (PT), purina absorvidas (PA) e compostos nitrogenados microbianos (Nmic) obtidos nas dietas experimentais

Variáveis	Dietas				CV(%)
	Silagem de milho	Cana-de-açúcar			
		Porcentagem de caroço de algodão			
		0	7	14	
ALAU (mmol/dia)	236,06 ^a	196,35 ^a	232,90 ^a	221,20 ^a	27,15
ALAL (mmol/dia)	13,56 ^a	10,67 ^b	11,27 ^b	11,63 ^{ab}	14,86
AU (mmol/dia)	29,24 ^a	19,46 ^a	22,11 ^a	23,55 ^a	40,30
PT (mmol/dia)	278,86 ^a	226,48 ^a	266,28 ^a	256,38 ^a	24,82
PA (mmol/dia)	301,20 ^a	235,79 ^a	285,78 ^a	273,63 ^a	27,40
Nmic (g/dia)	217,34 ^a	171,43 ^a	207,78 ^a	198,94 ^a	27,86
PBmic/100gNDT)	10,02	10,25	10,90	10,48	-

Médias, nas linhas, seguidas de uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

CV: Coeficiente de variação.

A alantoína excretada na urina representou em média 86,21% do total de derivados de purinas, sendo esse valor semelhante aos encontrados por Oliveira et al. (2001) e Vagnoni et al. (1997), de 87,8 e 86,6%, respectivamente.

O valor estimado de excreção de ácido úrico médio das dietas experimentais de 23,59 mmol/dia foi semelhante ao observado por Oliveira et al. (2001), com valor de 29,32.

A excreção de alantoína no leite em relação à excreção total de derivados de purinas (DP) foi de 4,57% estando de acordo com os valores descritos por Oliveira et al. (2001), Valadares et al. (1999), que obtiveram excreção de alantoína no leite de 4,5% e entre 4,2 a 5,7%, respectivamente.

O valor médio encontrado de N-microbiano de 198,87 g/dia foi semelhante aos encontrados por Mendonça (2002) e por Oliveira et al. (2001) de 193,22 e 193,39, ao trabalharem com vacas com produções médias diárias de 18,87 e 22 kg leite/dia respectivamente. Todavia, foram inferiores aos encontrados por Valadares et al. (1999) que registraram valores na faixa de 278 a 419 g/dia, em animais com maiores produções diárias de leite.

Diferentemente do resultado obtido neste trabalho, Mendonça (2002) encontrou diferença entre a síntese de proteína microbiana entre as dietas à base de silagem de milho e cana-de-açúcar como volumoso exclusivo. A suplementação lipídica não influenciou a eficiência de síntese microbiana, nas dietas à base de cana-de-açúcar, como também foi observado por Villela et al. (1997) e Rabello et al. (1994). Resultados divergentes foram observados por Nevel e Demeyer (1988), que observaram aumento na eficiência microbiana com a inclusão de lipídios na dieta, provavelmente por causa do decréscimo no número de protozoários. As quantidades de N-microbiano produzidas representaram 38,36; 45,08; 46,87 e 52,91% do N ingerido para as dietas à base de silagem de milho e cana-de-açúcar com níveis crescentes de caroço de algodão, respectivamente, evidenciando a importância da inclusão de caroço de algodão na dieta com cana-de-açúcar. Os valores obtidos para a produção microbiana, utilizando os derivados de purina foram semelhantes aos encontrados por Mendonça (2002), no entanto, a eficiência microbiana média estimada para as dietas de 10,41 gramas de proteína bruta microbiana por 100 gramas de NDT, encontra-se abaixo dos valores preconizados pelo NRC (2001), de 13,0 g / 100g NDT.

Na Tabela 4 apresentam-se as médias para as concentrações plasmáticas de N-uréia, as excreções de N-uréia no leite e na urina, além da

relação entre a concentração de N-uréia no leite em função da concentração de N-uréia no plasma, assim como os valores obtidos para o balanço de compostos nitrogenados (N) das dietas experimentais. Não foram observadas diferenças entre as concentrações de N-uréia no plasma e no leite, no entanto a dieta à base de silagem proporcionou excreção urinária diária de N-uréia superior ($p < 0,05$) as dietas à base de cana-de-açúcar.

TABELA 4 - Concentrações médias de N-uréia no plasma e no leite, relação N-uréia no leite em função do N-uréia no plasma, excreções médias diárias de N-uréia, consumos de nitrogênio, excreções médias diárias de N nas fezes e na urina e balanço de compostos nitrogenados nas dietas experimentais

Variáveis	Dietas				CV(%)
	Silagem de milho	Cana-de-açúcar			
		Porcentagem de caroço de algodão			
		0	7	14	
		N-uréia			
Plasma (mg/dL)	19,47 ^a	18,96 ^a	17,40 ^a	17,08 ^a	14,16
Leite (mg/dL)	12,21 ^a	12,92 ^a	13,44 ^a	10,95 ^a	23,20
Leite/Plasma	0,67 ^a	0,68 ^a	0,79 ^a	0,65 ^a	25,54
Urina (mg/kgPV)	150,63 ^a	97,50 ^b	101,60 ^b	88,85 ^b	27,58
		Compostos Nitrogenados			
Ingestão (g/dia)	540,83 ^a	397,50 ^b	426,67 ^b	391,67 ^b	7,67
Fezes (g/dia)	170,00 ^a	125,83 ^b	146,67 ^{ab}	138,33 ^b	15,35
Urina (g/dia)	200,83 ^a	163,33 ^{ab}	150,00 ^{ab}	138,33 ^b	28,20
Leite (g/dia)	123,33 ^a	92,50 ^b	97,50 ^b	101,67 ^b	9,71
Balanço N (g/dia)	46,44 ^a	16,55 ^a	31,48 ^a	14,27 ^a	139,95

Médias, nas linhas, seguidas de uma mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Entre as dietas experimentais, o teor de proteína não verdadeira, foi de 5,61; 8,01; 7,68 e 7,14%, em relação a matéria seca, para as dietas à base de silagem de milho e cana-de-açúcar com níveis crescentes de substituição por caroço de algodão, respectivamente, sendo que o aumento no teor de nitrogênio não protéico, nas dietas de cana-de-açúcar, não resultou em maiores concentrações de N-uréia no plasma e excreções de N-uréia na urina, como foi verificado por Oliveira et al. (2001). A maior excreção de N-uréia, na dieta à base de silagem de milho, se deve possivelmente às maiores ingestões de nitrogênio pelos animais nesse tratamento.

Não houve efeito da dieta em relação ao balanço de N. A dieta à base de silagem de milho, pelo maior consumo de N e pela maior produção de leite, apresentou as maiores excreções de nitrogênio, tanto nas fezes, como no leite e na urina ($p < 0,05$). A maior excreção de nitrogênio na urina observada no tratamento com cana-de-açúcar sem caroço de algodão, apesar de ingestões semelhantes de N, em relação ao tratamento com 14% de caroço de algodão, pode ser explicado pelo desbalanço de PDR e de PNDR, como observado por Backer et al. (1995), ou pelo aumento de matéria orgânica digestível da dieta com a inclusão do caroço de algodão, como proposto por Poppi e Mclennan (1995), relatando que a transferência de proteína do rúmen para o intestino via proteína microbiana se faz na relação máxima de 210 gramas por kg de matéria orgânica digestível.

3.4. Conclusões

A substituição da cana-de-açúcar pela inclusão do caroço de algodão, melhorou a qualidade das dietas à base de cana-de-açúcar refletindo em diminuição da concentração de protozoários no líquido ruminal, além de proporcionar, no nível de 7% de inclusão, maiores concentrações de amônia no líquido ruminal, após 6 horas do início da alimentação.

3.5. Referências bibliográficas

- AFRC - **AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL**. Energy and protein requirement of ruminants. Wallingford: CAB international, 1993. 159p.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL (**ARC**). Report of the protein group of the Agricultural research council Working party, on the nutrient requirement of ruminants. London: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1984. 54p.
- ARIELI, A. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v.72, p.97-110, 1998.
- BACKER, L.D.; FERGUSON, J.D.; CHALUPA, W. Responses in urea and true protein of milk to different protein feeding schemes for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.78, p.2424-2434, 1995.
- 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, p.2964-2971, 1997.
- 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**. Aberdeen: Rowett Research Institute, 1992. 21p. (Occasional publication).
- CHEN, X.B.; MEJIA, A.T.; DYLE, D.J.; ORSKOV, E.R. Evaluation of the use of purine derivative: creatinine ratio in spot urine and plasma samples as an index of microbial protein supply in ruminants studies in sheep. **Journal of Dairy Science**, v.125, p.137-143, 1995.
- COTO, G.; RODRIGUES, M.M.; INFANTE, F.P. et al. The effect of increasing consumption of concentrates, creatinine, creatine and allantoin in the urine of rams fed hay. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v.22, n.2, p.279-284, 1988.
- DEHORITY, B.A. Evaluation of subsampling and fixation procedures used for counting rumen protozoa. **Applied and Environmental Microbiology**, p.182-185. 1984.
- FARIA, V.P.; HUBER, J.T. Effect of dietary protein and energy levels on rumen fermentation in Holstein steers. **Journal of Animal Science**, v.58, n.2. p.452-459, 1984.

- GONDA, H.L.; LINDBERG, J.E. Effect of diet on milk allantoin and its relationship with urinary allantoin in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.364-373, 1997.
- HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3630-3644, 1991.
- JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.12, p.3851-3863, 1993.
- JONKER, J.S.; KOHN, R.A.; ERDMAN, R.A. Using milk urea nitrogen to predict nitrogen excretion and utilization efficiency in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.2681-2692, 1998.
- LENG, R.A.; NOLAN, J.V. Nitrogen-metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.5, p.1072-1089, 1984.
- MENDONÇA, S.S. **Desempenho, síntese de proteína microbiana e comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar ou Silagem de Milho**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 68p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- MOHAMED, O.E.; SATTER, L.D.; GRUMMER, R.R. et al. Influence of dietary cottonseed and soybean on milk production and composition. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.10, p.2676-2688, 1988.
- MORRISON, M.; MACKIE, R.I. Nitrogen metabolism by ruminal microorganisms: current understanding and future perspectives. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.47, n.2, p.227-246, 1996.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1996. 242 p.
- NEVEL, C.J. ; DEMEYER, K.I. Manipulation of rumen fermentation. In: Hobson, P. N., (Ed). **The rumen microbial ecosystem**. London: Elsevier Applied Science, 1988. p.387-443.
- NOLAN, J.V. Nitrogen kinetics. In: FORBES, J.M.; FRANCE, J. (Eds). **Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism**. Wallingford: CAB International, 1993. p.123-143.

- OLIVEIRA, A.S.; VALADARES, R.F.D; VALADARES FILHO, S.C. et al. Produção de proteína microbiana e estimativas das excreções de derivados de purinas e de uréia em vacas lactantes alimentadas com rações isoprotéicas contendo diferentes níveis de compostos nitrogenados não-protéicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1621-1629, 2001.
- ORELLANA BOERO, P.; BALCELLS, J.; MARTÍN-ORÚE, S.M.; LIANG, J.B.; GUADA, J.A. Excretion of purine derivatives in cows: endogenous contribution and recovery of exogenous purine bases. **Livestock Production Science**, v.68, p.243-250, 2001.
- PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T. Suplementos múltiplos para recria e engorda de bovinos em pastejo. In: SIMCORTE, 2, 2001, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. p.187-232.
- 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 ¹⁵N and purine bases as markers of microbial-nitrogen entering the duodenal. **British Journal of Nutrition**, v.75, p.699-709, 1996.
- POPPI, D.P.; McLENNAN, S. R. Protein and Energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v.73, p.278-290, 1995.
- RABELO, T.G. **Grão de soja moído na alimentação de vacas lactantes**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 114 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1995.
- RENNÓ, L.N.; VALADARES R.F.D.; VALADARES FILHO S.C. 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, 2000a.
- RENNÓ, L.N.; VALADARES R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Concentração plasmática de uréia e excreções de uréia e creatinina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1235-1243, 2000b.
- RUSSEL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: 1 Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.81, p.579-584, 1992.
- SAS INSTITUTE. **SAS Systems for Linear Models**. Cary: SAS Institute, 1991. 329p.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial production in vitro. **British Journal of Nutrition**, v.32, p.199-208, 1974.

- SCHABENBERGER, O.; PIERCE, F.J. **Contemporary statistical models for the plant and soil sciences**. New York: CRC Press, 2002. 738p.
- SCHEPERS, A.J.; MEIJER, R.G.M. Evaluation of the utilization of dietary nitrogen by dairy cows based on urea concentration in milk. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.579-584, 1998.
- SIDDONS, R.C.; NOLAN, J.V.; BEEVER, D.E. et al. Nitrogen digestion and metabolism in sheep consuming diets containing contrasting forms and levels of N. **British Journal of Nutrition**, v.54, n.1, p.175-187, 1985.
- SILVA, D.J.; QUEIRÓZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária, 2002. 235p.
- VAGNONI, D.B.; BRODERICK, M.K.; CLAYTON, R.D. et al. Excretion of purine derivatives by Holstein cows abomasally infused with incremental amounts of purines. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1695-1702, 1997.
- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.12, p.2686-2696, 1999.
- VALADARES, R.F.D.; GONÇALVES, L.C.; SAMPAIO, I.B. et al. Níveis de proteína em dietas de bovinos 4. Concentrações de uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1270-1278, 1997a.
- VALADARES, R.F.D., GONÇALVES, L.C., SAMPAIO, I.B. et al. Metodologia de coleta de urina em vacas utilizando sondas de folley. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1279-1282, 1997b.
- VALVASORI, E.; LAVEZZO, W.; LUCCI, C.A. et al. Alterações na fermentação ruminal de bovinos fistulados alimentados com cana-de-açúcar em substituição á silagem de milho. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1998. , p.86-88.
- VAN der WALT, J.G. Nitrogen metabolism of the ruminant liver. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.44, n.3, p.381-403, 1993.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. Ed. Ithaca: Cornell University Press, 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.
- VILLELA, S.D.J.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, J.F.C.; CECON, P.R.; LEÃO, M.I.; ALMEIDA, R.G. Caroço de algodão para vacas leiteiras. 3 Efeito na eficiência microbiana, concentração de amônia e em pH ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.01, p.195- 200, 1997.
- WESTON, R.H. Some aspects of constraint to forage consumption by ruminants. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.47, n.1, p.175-197, 1996.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente experimento foi realizado na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Gado de Leite do Departamento de Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, objetivando avaliar o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes, produção e composição do leite, variação de peso corporal, comportamento ingestivo, pH e amônia ruminal, balanço de compostos nitrogenados, produção de proteína microbiana e concentração de uréia no plasma e no leite em vacas lactantes alimentadas com silagem de milho ou cana-de-açúcar corrigida em seu teor protéico, com 1% da mistura Uréia+Sulfato de amônio, na proporção 9:1, respectivamente, com base na matéria natural, substituída parcialmente pelo caroço de algodão, nos níveis de 0%, 7% e 14%.

Foram utilizadas 12 vacas da raça Holandesa, puras e mestiças, sendo quatro delas fistuladas no rúmen, distribuídas em três quadrados latinos 4 X 4, balanceados, segundo o número de dias pós parto, em experimento constituído por quatro períodos com duração de 21 dias cada, sendo 14 dias para adaptação dos animais à dieta e 7 dias para obtenção dos valores de cada parâmetro. As dietas foram isoprotéicas, com relação volumoso:concentrado de 60:40, respectivamente, sendo formuladas para atender às exigências de vacas lactantes com peso médio de 550 kg e produções diárias de 25 kg de leite com 3,5 % de gordura.

O manejo alimentar adotado com os animais foi o de fornecimento de alimentação *ad libitum*, em baias individuais, duas vezes ao dia, às 8:00 e às 17:00 horas, após a ordenha, sendo monitorado o consumo e a quantidade de alimento oferecido a fim de manter as sobras próximas de 10%. Em cada período experimental, durante 24 horas, os animais foram submetidos à observação visual a cada 10 minutos para avaliação do comportamento

ingestivo e medição do tempo despendido em alimentação, ruminação e ócio. A excreção de matéria seca fecal foi estimada por meio da determinação da fibra em detergente ácido indigestível. O líquido ruminal foi coletado, via fístula ruminal nos tempos 0 (antes da alimentação), 2, 4, e 6 horas após o início da alimentação, para avaliação do pH e concentração de amônia e protozoários. A excreção diária total de derivados de purinas foi calculada pela soma das quantidades de alantoína excretada no leite e alantoína e ácido úrico, excretados na urina, cujo volume foi estimado a partir de amostra de urina *spot*, usando o valor de 29 mg/kg de peso vivo para a excreção diária de creatinina. Foi coletado sangue quatro horas após a alimentação matinal, utilizando-se EDTA como anticoagulante.

Os dados de consumo e digestibilidade aparente dos alimentos e nutrientes, de produção, composição do leite e variação de peso dos animais, dos níveis plasmáticos de uréia e creatinina, das excreções de uréia e alantoína no leite e de uréia, alantoína ácido úrico na urina, bem como da síntese de proteína microbiana e do balanço de nitrogênio foram submetidos à análise de variância e, no caso dos dados de pH, amônia e protozoários ruminais considerou-se as avaliações nos diferentes horários como diferentes observações da função multivariada, sendo os dados submetidos à análise de variância multivariada. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, quando o F foi significativo ($P < 0,05$).

A dieta contendo silagem de milho proporcionou maior consumo de matéria seca, maior produção de leite, maior digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro e menor digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos, maiores excreções de N-uréia na urina e maior excreção média diária total de alantoína no leite. Foi também a dieta que proporcionou o maior retorno econômico, em relação aos custos com alimentação.

A dieta com cana-de-açúcar como volumoso exclusivo foi o de pior desempenho, pelo menor consumo de matéria seca, menor produção de leite e, conseqüentemente, menor rentabilidade. Essa dieta apresentou os menores

valores de amônia ruminal após 6 horas do início da alimentação e maior quantidade de protozoários no rúmen.

A inclusão de caroço de algodão, nas dietas à base de cana-de-açúcar, promoveu melhoria da qualidade alimentar. O nível de 7% de inclusão de caroço de algodão mostrou-se viável economicamente pelo aumento na produção de leite e variação positiva de peso corporal em relação à dieta tendo a cana-de-açúcar como volumoso exclusivo, não atingindo, contudo produções de leite e ganho de peso diário médio semelhante da dieta à base de silagem de milho, de maior rentabilidade.

A substituição da cana-de-açúcar pelo caroço de algodão diminuiu a concentração de protozoários no líquido ruminal e, ao nível de 7% de inclusão de caroço de algodão, proporcionou maiores níveis de concentração de amônia no líquido ruminal após 6 horas do início da alimentação.

Não foram verificadas diferenças na digestibilidade aparente da matéria seca, da matéria orgânica, da proteína bruta e dos carboidratos totais, na concentração de N-uréia no plasma, na excreção de N-uréia no leite, no total de purinas absorvidas como a estimativa de N microbiano e o balanço de nitrogênio, entre as dietas.

5. APÊNDICE

Tabela 1A – Resumo da análise de variância para consumo de matéria seca em (CMS) em kg/dia, % PC, g/kg^{0,75}

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		CMS (kg/dia)	CMS (%PC)	CMS (g/kg ^{0,75})
Quadrado Latino	2	36,4349**	0,1473	335,3935
Vaca/QL	9	13,9617**	0,3687**	816,7847**
Período/QL	9	3,8286	0,1328	298,4294
Tratamento	3	62,8438**	2,6826**	5868,1507**
QL X tratamento	6	3,9209	0,09180	224,6942
Resíduo	18	1,5672	0,0812	148,1093
CV(%)		7,14	8,63	7,68

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 2A – Resumo da análise de variância para consumo de matéria orgânica (CMO), consumo de proteína bruta (CPB) e consumo de extrato etéreo (CEE) em kg/dia.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		CMO (kg/dia)	CPB (kg/dia)	CEE (kg/dia)
Quadrado Latino	2	33,0249**	0,7710**	0,0151**
Vaca/QL	9	12,5364**	0,3691**	0,0091**
Período/QL	9	3,3484	0,0928	0,0016
Tratamento	3	48,8156**	1,6965**	0,2443**
QL X tratamento	6	3,5364	0,0872	0,0032
Resíduo	18	1,4136	0,0383	0,0013
CV(%)		7,12	7,21	8,56

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 3A – Resumo da análise de variância para consumo de lignina (CLIG) e consumo de FDN (CFDN) em kg/dia e %PC.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		CLIG (kg/dia)	CFDN (kg/dia)	CFDN(%PC)
Quadrado Latino	2	0,1564**	5,3986**	0,0233
Vaca/QL	9	0,0420	2,9340**	0,0710**
Período/QL	9	0,0129	1,0561*	0,0310
Tratamento	3	0,0373	16,6717**	0,6584**
QL X tratamento	6	0,0227	0,7094	0,0190
Resíduo	18	0,0171	0,4262	0,0147
CV(%)		16,11	10,48	10,32

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 4A – Resumo da análise de variância para consumo de carboidratos totais (CHO), consumo de carboidratos não fibrosos (CCNF) e consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) em kg/dia.

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		CCHO (kg/dia)	CCNF (kg/dia)	CNDT (kg/dia)
Quadrado Latino	2	22,7136**	5,9979**	15,4182**
Vaca/QL	9	8,1432**	1,4628**	5,1903**
Período/QL	9	2,3139	0,3812	1,1596
Tratamento	3	30,4662**	2,5692**	23,6889**
QL X tratamento	6	2,3366	0,5362	1,6613
Resíduo	18	1,0712	0,3840	0,6617
CV(%)		7,64	8,46	7,02

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 5A – Resumo da análise de variância para os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB) e extrato etéreo (CDEE) em porcentagem

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		CDMS	CDPB	CDEE
Quadrado Latino	2	23,8764	15,6779	19,0097
Vaca/QL	9	11,6417	3,7286	13,2780
Período/QL	9	15,2325	6,4340	59,6305*
Tratamento	3	12,1487	47,9509*	102,2671*
QL X tratamento	6	15,1928	2,3648	16,5527
Resíduo	18	13,7137	16,5681	26,4302
CV(%)		5,67	6,09	6,67

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 6A – Resumo da análise de variância para os coeficientes de digestibilidade aparente dos carboidratos totais (CDCHO), dos carboidratos não fibrosos (CDCNF) e fibra em detergente neutro (CDFDN) em porcentagem

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		CDCHO	CDCNF	CDFDN
Quadrado Latino	2	31,6391*	6,3906	13,4031
Vaca/QL	9	12,4400	6,5717	11,1197
Período/QL	9	10,2456	10,2619	17,2256
Tratamento	3	17,1893	116,9110**	622,5781**
QL X tratamento	6	8,8426	1,6659	10,0805
Resíduo	18	7,0651	6,2273	32,4196
CV(%)		4,01	2,70	16,13

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 7A – Resumo da análise de variância para produção de leite (PL) e leite corrigido para 3,5 % de gordura (PLC) em kg/dia

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		PL (kg/dia)	PLC (kg/dia)
Quadrado Latino	2	47,2336**	150,9521**
Vaca/QL	9	13,3014**	31,4376**
Período/QL	9	14,4580**	27,1056**
Tratamento	3	93,4018**	144,1046**
QL X tratamento	6	8,2730*	11,9638
Resíduo	18	2,0748	6,1816
CV(%)		6,87	11,23

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 8A – Resumo da análise de variância para gordura (G), proteína (PB), extrato seco total (EST) e extrato seco desengordurado (ESD) do leite em porcentagem

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios			
		G	PB	EST	ESD
Quadrado Latino	2	0,8139**	2,9850**	2,5955*	0,04159
Vaca/QL	9	0,2297**	0,6572*	2,8101**	1,7569**
Período/QL	9	0,3032**	0,4669	1,0490	0,4361
Tratamento	3	0,0096	0,3671	0,6454	0,0472
QL X tratamento	6	0,0087	0,2419	0,2194	0,0334
Resíduo	18	0,0160	0,2438	0,5417	0,3234
CV(%)		4,14	12,98	5,87	6,51

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 9A – Resumo da análise de variância para tempo despendido em alimentação, em ruminação e em ócio em horas por dia

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		Alimentação	Ruminação	Ócio
Quadrado Latino	2	3,5414**	7,6709**	21,5203**
Vaca/QL	9	0,8572	2,6553**	4,1539*
Período/QL	9	0,8413	2,3194**	5,7042**
Tratamento	3	1,2878	3,2745**	3,6123
QL X tratamento	6	0,1477	0,8270	0,8949
Resíduo	18	0,5435	0,6356	1,3842
CV(%)		13,69	8,85	12,25

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 10A – Resumo da análise de variância para eficiência de alimentação da matéria seca (EALMS), eficiência de alimentação da fibra em detergente neutro (EALFDN), eficiência de ruminação da matéria seca (ERUMS), eficiência de ruminação da fibra em detergente neutro (ERUFDN) em gMS/h ou gFDN/h

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios			
		EALMS	EALFDN	ERUMS	ERUFDN
Quadrado Latino	2	4209470,32**	525914,015**	1272425,25**	170640,21**
Vaca/QL	9	341745,351	57538,310	205404,736*	39209,453*
Período/QL	9	206433,045	16593,120	64521,417	7168,558
Tratamento	3	2042180,53**	565862,266**	1557322,43**	372085,70**
QL X tratamento	6	160933,78	24490,59	76,461,34	11818,71
Resíduo	18	349860,01	41085,39	64030,81	14924,02
CV(%)		17,56	16,97	12,56	17,00

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 11A – Resumo da análise de variância para tempo de mastigação total (TMT) em horas por dia, número de mastigações meréricas por dia (NMM) e número de bolos ruminais por dia (NBD).

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		TMT	NMM	NBD
Quadrado Latino	2	21,5203**	370656186,8**	7572,1061
Vaca/QL	9	4,1539*	86531927,3**	20522,2327*
Período/QL	9	5,7142**	64224503,3*	13599,0250
Tratamento	3	3,6123	74484320,3*	12249,2851
QL X tratamento	6	0,8949	14717209,0	9985,39
Resíduo	18	1,3842	21116057	5954,62
CV(%)		8,17	12,76	12,13

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 12A – Resumo da análise de variância para o número de mastigações meréricas por bolo ruminal (MMB) e tempo total de mastigação por bolo ruminal (TMB)

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios	
		MMB	TMB
Quadrado Latino	2	514,1467**	75,1105
Vaca/QL	9	456,8489**	209,1275**
Período/QL	9	65,3457	51,9805
Tratamento	3	113,1554	58,9655
QL X tratamento	6	53,2459	40,3237
Resíduo	18	50,4778	38,6834
CV(%)		12,23	11,93

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 13A – Resumo da análise de variância para a excreção de alantoína na urina (ALU), no leite (ALL) e excreção de ácido úrico na urina (AUU) em mmol/dia

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		ALU (mmol/dia)	ALL (mmol/dia)	AUU (mmol/dia)
Quadrado Latino	2	2218,5025	1,31446	105,7723
Vaca/QL	9	3694,7487	3,4268	100,4614
Período/QL	9	3329,7954	28,3213**	129,5066
Tratamento	3	3897,0599	18,7760**	204,6685
QL X tratamento	6	1480,01	1,1563	178,7738
Resíduo	18	3621,24	3,0653	90,4002
CV(%)		27,15	14,86	40,30

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 14A – Resumo da análise de variância para a quantidade de purinas totais (PT), purinas absorvidas (PA) em mmol/dia e síntese de nitrogênio microbiano (NM) em g/dia

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		PT (mmol/dia)	PA (mmol/dia)	NM (g/dia)
Quadrado Latino	2	3146,5765	3015,9460	1596,2973
Vaca/QL	9	4204,8747	5613,6610	2778,6981
Período/QL	9	3814,8608	5132,9472	2785,4993
Tratamento	3	5984,0379	9354,8500	4693,6515
QL X tratamento	6	2523,53	3756,62	1908,84
Resíduo	18	4069,15	5639,06	3069,91
CV(%)		24,82	27,40	27,86

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 15A – Resumo da análise de variância para a concentração de N-uréia no plasma (NUP), no leite (NUL) em mg/dl, na urina (NUU) em mg/kgPV e, a relação da concentração de N-uréia no leite pela concentração de N-uréia no plasma (NUL/NUP)

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios			
		NUP	NUL	NUU	NUL/NUP
Quadrado Latino	2	13,6648	15,4179	251,5242	0,0367
Vaca/QL	9	14,3182	23,2252*	968,2014	0,1065*
Período/QL	9	36,7848**	98,0077**	2510,4483	0,2867**
Tratamento	3	16,2874	13,9768	10672,0362**	0,0456
QL X tratamento	6	5,6659	1,3573	286,4152	0,0115
Resíduo	18	6,6620	8,2455	1049,4225	0,0318
CV(%)		14,16	23,20	27,58	25,54

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 16A – Resumo da análise de variância para o consumo de nitrogênio, para a excreção de nitrogênio nas fezes, no leite e na urina em g/dia

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios			
		Cons. N	N Fezes	N urina	N leite
Quadrado Latino	2	0,0118**	0,0031**	0,0086*	0,0011**
Vaca/QL	9	0,0079**	0,0012*	0,0016	0,0004**
Período/QL	9	0,0030*	0,0006	0,0039	0,0002
Tratamento	3	0,0579**	0,0042**	0,0088*	0,0022**
QL X tratamento	6	0,0016	0,0003	0,0010	0,0002
Resíduo	18	0,0011	0,0005	0,0021	0,0001
CV(%)		7,67	15,35	28,20	9,71

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 17A – Resumo da análise de variância para o balanço entre o consumo de nitrogênio e a excreção através do leite, urina e fezes em g/dia

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio
		Balanço de N
Quadrado Latino	2	3936,2747
Vaca/QL	9	4366,4505*
Período/QL	9	2935,1557
Tratamento	3	2675,0831
QL X tratamento	6	765,12
Resíduo	18	1447,35
CV(%)		139,95

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.

Tabela 18A – Resumo da análise de variância para pH e concentração de N-NH₃ em mg/dl e protozoários n^o/ml no líquido ruminal

Fonte de Variação	GL	Quadrados médios		
		PH	N-NH ₃	PTZ
Vaca	3	0,3873	18,1366	2941,0906
Período	3	1,1227*	8,4502	1992,5040
Tratamento	3	0,0660	136,4818*	67362,7691**
Resíduo	6	0,1160	32,1092	2482,7500

** Significativo em nível de 1% , * Significativo em nível de 5%.

GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; QL = Quadrado latino.