

**ALISSON FERREIRA ALVES**

**Substituição do farelo de soja por farelo de algodão de alta  
energia na dieta de vacas em lactação**

C u i a b á - M T

2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**ALISSON FERREIRA ALVES**

**Substituição do farelo de soja por farelo de algodão de alta  
energia na dieta de vacas em lactação**

Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Ciência Animal  
da Universidade Federal de Mato  
Grosso para a obtenção do título de  
Mestre em Ciência Animal

Área de Concentração: Nutrição de  
Ruminantes

Orientador: Prof. Dr. Joanis Tilemahos  
Zervoudakis

Co-Orientador: Prof. Dr. Luciano da Silva  
Cabral

C u i a b á - M T

2008

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE  
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS  
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

### FICHA CATALOGRÁFICA

CIP - Catalogação na publicação

A474s

Alves, Alisson Ferreira.

Substituição do farelo de soja por farelo de algodão de alta energia na dieta de vacas em lactação. / Alisson Ferreira Alves. - Cuiabá, 2008.  
76 f.

Dissertação (Mestre em Ciência Animal) – Programa de Pós-Graduação em  
Ciência Animal, Universidade Federal de Mato Grosso.

Orientador(a): Prof. Dr. Joanis Tilemahos Zervoudakis.

Co-orientador: Prof. Dr. Luciano da Silva Cabral.

1. Zootecnia. 2. Nutrição Animal. 3. Análise de Alimentos para Animal. 4.  
Dieta Animal. 5. Consumo Alimentar para Animal. I. Universidade Federal de  
Mato Grosso.

CDU 636.084.5

Bibliotecária Valéria Oliveira dos Anjos CRB1/1713

Fonte: CDU (2007)

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**Aluno:** ALISSON FERREIRA ALVES

**Título:** Substituição do farelo de soja por farelo de algodão de alta energia na dieta de vacas em lactação

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Mato Grosso para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal

Aprovado em:

Banca Examinadora:

Prof. Dr.: Joanis Tilemahos Zervoudakis (Orientador)

Instituição: FAMEV/UFMT

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr.: Luciano da Silva Cabral (Co-orientador)

Instituição: FAMEV/UFMT

Assinatura: \_\_\_\_\_

Profa. Dra.: Luciana Keiko Hatamoto Hervoudakis

Instituição: FAMEV/UFMT

Assinatura: \_\_\_\_\_

Dr.: Fernando de Paula Leonel

Instituição: Serrana Nutrição Animal

Assinatura: \_\_\_\_\_

*Dedico este trabalho aos meus pais  
e ao meu irmão, companheiros de  
todas as horas, pelo eterno  
incentivo.*

## **Agradecimentos**

A Deus, por permitir e acompanhar essa jornada.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Mato Grosso, especialmente aos professores doutores Luciano Cabral e Luciana Keiko, pela contribuição inestimável à realização do trabalho e ao meu orientador Prof<sup>o</sup>. Dr. Joanis Tilemahos Zervoudakis pela oportunidade, orientação, dedicação e paciência.

À Bunge Alimentos, na pessoa do Dr. Fernando de Paula Leonel, pelo apoio financeiro, confiança e contribuição técnico-científica.

Aos meus pais Aloisio e Maria Célia e ao meu irmão Alex pelo apoio, carinho e compreensão.

Aos amigos e parceiros de jornada, Nelcino e Daniel, pelos ensinamentos, apoio, participação e estímulo fundamentais para realização de todas as etapas do trabalho.

Aos inicialmente colegas de turma, hoje amigos, Lourival Júnior, Danillo, Antônio, Marcelino, Welton, Evandro, Valney, Felipe, Cristiano, Fernando (Joe), Carla Heloísa, Flávia, Giselde, Isis, Jeanine, Priscila, Patrícia e minha amiga Maria Cristina pela cumplicidade, bons momentos e recordações prazerosas.

À Ana Carolina pela ajuda inestimável, companhia, carinho, compreensão e apoio e aos demais colegas e amigos de mestrado Marcos, Bruno, Walter, Fernando Augusto, Hélder, André, Jhonny, Leonardo, Luca, Ronaldo, Lorenzo, Gilson, João Paulo, Vivian, Rafaela.

Aos funcionários da Fazenda Experimental e dos laboratórios de Microbiologia, Patologia Clínica e Tecnologia de Alimentos da FAMEV/UFMT pelos serviços prestados.

Aos bolsistas e estagiários que participaram do desenvolvimento das atividades, especialmente, Shark, Puff e Toledo.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

## RESUMO

ALVES, A.F. **Substituição do farelo de soja por farelo de algodão de alta energia na dieta de vacas em lactação.** 2008 76f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

O experimento foi conduzido no Setor de Bovinocultura Leiteira da Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão de níveis crescentes do farelo de algodão de alta energia (zero; 8,7; 17,4; 26,1 e 34,8% na matéria seca) em substituição ao farelo de soja no concentrado para vacas no terço final de lactação, sobre o consumo, digestibilidade e eficiência de utilização dos nutrientes, bem como sobre a produção e composição do leite, além da avaliação da viabilidade econômica. Foram utilizadas cinco vacas mestiças Holandês-Gir, em um delineamento em quadrado latino (5x5), com cinco períodos de 18 dias, sendo oito dias para adaptação e 10 dias para determinação do consumo e coleta de amostras. As dietas foram calculadas para serem isonitrogenadas, com 60% de silagem de milho e 40% de concentrado na matéria seca (MS). Utilizou-se a fibra indigestível insolúvel em detergente neutro (FDNi) como indicador para estimativa da excreção fecal. No 16º e 17º dias de cada período experimental foi mensurada a produção de leite e coletadas amostras proporcionais de leite para análises laboratoriais. No 18º dia foram coletadas amostras de urina *spot* e de sangue, aproximadamente quatro horas após a alimentação. O volume urinário total foi estimado considerando a excreção diária de creatinina de 23,41 mg/kg. O aumento dos níveis de farelos de algodão de alta energia não afetam o consumo de MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e carboidratos totais (CT) ( $P > 0,05$ ). O consumo de extrato etéreo (EE) foi maior para as dietas com 26,1% e 34,8% de farelo de algodão de alta energia, enquanto o consumo de carboidratos não fibrosos (CNF) foi maior para as dietas com zero, 8,7% e 26,1%. Observou-se efeito do tratamento apenas sobre o coeficiente de digestibilidade do EE, que foi maior para os níveis de inclusão de 8,7%, 26,1 e 34,8%. A eficiência de utilização do nitrogênio (N) e os teores de nitrogênio uréico no sangue (NUS) e nitrogênio uréico no leite (NUL) não foram afetados pelos níveis de inclusão de farelo de algodão de alta energia nas dietas, bem com a eficiência alimentar, a produção de leite (PL), a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (LCG 3,5), o teor e a produção de gordura do leite ( $P > 0,05$ ). O teor de proteína do leite esteve acima da média relatada na literatura, mas não foi afetado pelos níveis de farelo de algodão de alta energia. Dessa forma, conclui-se que a inclusão

de níveis crescentes do farelo de algodão de alta energia (zero; 8,7; 17,4; 26,1 e 34,8%) no concentrado para vacas de média capacidade produtiva é uma alternativa viável para substituição do farelo de soja sem que haja redução na produtividade, tornando possível a obtenção de maior rentabilidade.

**Palavras chave:** alimentos alternativos, eficiência alimentar, fibra em detergente neutro indigestível, proteína dietética, valor nutritivo

## ABSTRACT

ALVES, A.F. **Replacing soybean meal by high energy cottonseed meal in diets for dairy cattle: intake, nutrients digestibility and nitrogen efficiency.** 2008 76f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.

This work was conducted in the Experimental Farm of the Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), to evaluate the effect of including increasing levels of high-energy cottonseed meal (zero, 8.7, 17, 26.1 and 34.8% in dry matter) to replace the soybean meal in concentrate for cows in third-end lactation, on intake, digestibility and nutrients efficiency as well as on milk yield and composition, in addition to the assessment of economic viability. Five Holstein-Gir cows were assigned in a Latin square (5x5) design, with five periods, of 18 days each, with eight days to adaptation and 10 days for yield evaluation and samples collection. The diets were calculated to be isonitrogenous, with 60% of corn silage and 40% concentrate in the dry matter (DM). Indigestible neutral detergent fiber (iNDF) was used as an indicator to estimate the feces excretion. On 16 and 17 days of each trial period was measured milk yield and collected proportional samples for analyses. In the 18<sup>th</sup> day were collected samples of urine spot and blood, about four hours after feeding. The volume total urinary was estimated based in daily excretion creatinine of 23.41 mg/kg. The inclusion of increasing levels of high-energy cottonseed meal did not affect the intake of DM, organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF) and total carbohydrates (TCHO). The intake of ether extract (EE) was higher for diets with 26.1% and 34.8% of high-energy cottonseed meal, while the intake of non-fibrous carbohydrates (NFC) was higher for diets with zero, 8.7% and 26.1%. There was only effect of treatment on the coefficient of digestibility of EE, which was higher for levels of inclusion of 8.7%, 26.1 and 34.8%. The nitrogen efficiency and the levels of blood urea nitrogen (BUN) and milk urea nitrogen (MUN) were not affected by the levels of inclusion high-energy cottonseed meal in diets, as well the feed efficiency, milk yield, 3.5% fat corrected milk (3.5 FCM), the milk fat yield and content ( $P>0.05$ ). The milk protein content was above average reported in the literature, but it was affected by the levels of cottonseed meal. Thus, it appears that the inclusion of increasing levels of high-energy cottonseed meal (zero, 8.7, 17.4, 26.1 and 34.8%) in concentrate for cows of medium production capacity is an alternative feasible for replacement of

soybean meal without any reduction in productivity, making it possible to obtain greater profitability.

**Key words:** feed alternatives, dietary protein, feed efficiency, indigestible neutral detergent fiber, nutritive value

## Lista de Abreviaturas

- AA – Aminoácidos
- ATP – Adenosina trifosfato
- CD – Coeficiente de digestibilidade
- CHO – Carboidratos
- CMS – Consumo de matéria seca
- CNE – Carboidratos não estruturais
- CNF – Carboidratos não fibrosos
- CT – Carboidratos totais
- EE – Extrato etéreo
- EL – Energia líquida
- ELI – Energia líquida de lactação
- ESPM – eficiência da síntese de proteína microbiana
- EUN – Eficiência de uso do nitrogênio
- FDA – Fibra em detergente ácido
- FDAi – Fibra em detergente ácido indigestível
- FDN – Fibra em detergente neutro
- FDNe – Fibra em detergente neutro efetiva
- FDNfe – Fibra em detergente neutro fisicamente efetiva
- FDNi – Fibra em detergente neutro indigestível
- LCG – Leite corrigido para gordura
- LCG 3,5 – Leite corrigido para 3,5% de gordura
- MM – Matéria mineral
- MO – Matéria orgânica
- MS – Matéria seca
- N – Nitrogênio
- NDT – Nutrientes digestíveis totais
- NNP – Nitrogênio não protéico
- NUL – Nitrogênio uréico no leite
- NUP – Nitrogênio uréico plasmático

NUS – Nitrogênio uréico no sangue  
PB – Proteína bruta  
PBmic – Proteína bruta microbiana  
PDR – Proteína degradável no rúmen  
PL – Produção de leite  
PNDR – Proteína não degradável no rúmen  
PT – Proteína bruta  
PTN – Proteína  
PV – Peso vivo  
SL – Semana de lactação  
ST – Sólidos totais  
VPV – Variação de peso vivo

## Lista de tabelas

### Capítulo 1:

- Tabela 1 – Composição percentual dos ingredientes utilizados nos tratamentos experimentais...47
- Tabela 2 – Teores médios de MS, MO, MM, PB, EE, FDN, FDA, CNF e CT nos concentrados e na silagem de milho.....49
- Tabela 3: Teores médios de MS, MO, MM, PB, EE, FDN, FDA, CNF, CT e FDNi nas dietas experimentais.....50
- Tabela 4 – Valores médios dos consumos diários de MS, MO, PB, EE, CT, FDN, CNF e NDT e dos consumos de MS e FDN por kg/PV.....53
- Tabela 5 – Valores médios para os coeficientes de digestibilidade (CD) aparente total da MS, MO, PB, EE, CT, FDN e NDT para as dietas experimentais.....56
- Tabela 6 – Valores médios do consumo diário de N, da eficiência de utilização do N, concentração de NUL e NUS e balanço de N em resposta às dietas experimentais.....57

### Capítulo 2:

- Tabela 1 – Composição percentual dos ingredientes utilizados nos tratamentos experimentais...67
- Tabela 2 – Teores médios de MS, MO, MM, PB, EE, FDN, FDA, CNF e CT nos concentrados e na silagem de milho.....69
- Tabela 3: Teores médios de MS, MO, MM, PB, EE, FDN, FDA, CNF, CT e FDNi nas dietas experimentais.....69
- Tabela 4 – Valores médios para CMS, PL, LCG 3,5, eficiência alimentar e variação do peso vivo (VPV), em função dos tratamentos avaliados.....72
- Tabela 5 – Valores médios para composição do leite em gordura (G), proteína (PTN), lactose, sólidos totais (ST), extrato seco desengordurado (ESD), nitrogênio uréico no leite (NUL) e produção média diária de cada componente em função dos tratamentos avaliados.....73
- Tabela 6 – Receitas, custos com alimentação e saldo obtidos considerando um período de 90 dias, de acordo com os níveis de inclusão de farelo de algodão no concentrado.....76

## SUMÁRIO

Página

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
2.1 – Consumo.....	17
2.2 Digestibilidade.....	18
2.3 – Valor nutritivo dos alimentos.....	19
2.4 – Silagem de milho e sua utilização para vacas leiteiras.....	25
2.4 – O farelo de algodão e sua utilização para vacas leiteiras .....	27
2.5 – Produção e composição do leite .....	29
2.5.1 – Lactose .....	30
2.5.2 – Gordura do leite .....	30
2.5.3 – Proteína do leite .....	32
2.5.4 – Nitrogênio uréico no leite .....	34
Referências Bibliográficas.....	36
<b>3. Capítulo 1 – SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR FARELO DE ALGODÃO DE ALTA ENERGIA EM DIETAS PARA VACAS LEITEIRAS: CONSUMO, DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E EFICIÊNCIA NA UTILIZAÇÃO DO NITROGÊNIO.....</b>	<b>43</b>
3.1 – Introdução.....	45
3.2 – Material e Métodos.....	46
3.3 – Resultados e Discussão.....	52
3.4 – Conclusões.....	59
3.5 - Agradecimentos.....	59
3.6 – Literatura Citada.....	59
<b>4. Capítulo 2: SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR FARELO DE ALGODÃO DE ALTA ENERGIA EM DIETAS PARA VACAS LEITEIRAS: PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO DO LEITE E CUSTO DE PRODUÇÃO.....</b>	<b>62</b>
4.1 – Introdução.....	64
4.2 – Material e Métodos.....	66
4.3 – Resultados e Discussão.....	71
4.4 – Conclusão.....	76
4.5 - Agradecimentos.....	77
4.6 Literatura Citada.....	77
<b>5. Conclusões Gerais.....</b>	<b>80</b>

## Considerações Iniciais

### 1. Introdução

Ao longo da última década o setor lácteo brasileiro tem conquistado espaço de maior destaque no cenário internacional, levando o Brasil a ocupar o posto de sexto maior produtor mundial, com uma produção de aproximadamente 25 bilhões de litros de leite em 2006, conforme dados preliminares do Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2008). Esse fato tem sido consolidado pela crescente participação do produto no mercado internacional, culminando com o superávit recorde de US\$ 122,4 milhões obtido no ano de 2007, o que confirma um processo de reversão na tendência histórica de saldo negativo na balança comercial (FERRO, 2008).

O aumento no volume de leite produzido no país, com crescimento médio anual desde 1996 de 3,7% (690 milhões de litros/ano), foi obtido por meio do desenvolvimento de sistemas com diferentes graus de especialização. Dessa forma, ao serem considerados importantes índices de desempenho da atividade leiteira, como volume médio por propriedade, que passou de 28 litros/dia em 1996 para 52 litros/dia em 2006 e produtividade animal, que passou de 760 para 1.209 litros no período, são obtidos valores modestos que subestimam a evolução e o nível de especialização da atividade praticada em determinadas regiões brasileiras em que a produtividade ultrapassa 7.000 l/vaca/ano (ZOCCAL, 2008).

A análise dos dados parciais obtidos no Censo Agropecuário 2006 (IBGE, 2008) permite verificar que o número de estabelecimentos voltados à produção leiteira, passou de 1.810.041 propriedades em 1996 para 1.340,897 em 2006, sofreu uma redução de 25,9% (ZOCCAL, 2008). Associada a essa tendência de redução no número de produtores de leite, com conseqüente aumento do módulo de produção em função de margens menores e da exigência cada vez maior de especialização, a possibilidade de conquista de novos mercados estimula o aumento no volume de produção, seja pela garantia de melhor renda ou pela redução no custo médio de produção (MARTINS, 2008).

Dessa forma, considerando que a alimentação destaca-se como principal item associado aos custos de produção na exploração econômica de ruminantes, torna-se imprescindível o desenvolvimento de alternativas para minimizar seu efeito sobre o custo dessa atividade. Muito embora a utilização de pastagens como base da alimentação propicie os mais baixos custos, nem sempre os resultados correspondem ao nível de produção ótimo, capaz de gerar lucro máximo, principalmente em sistemas produtivos que exploram animais

de elevado potencial produtivo, conseqüentemente, com elevados níveis de exigências de nutrientes a serem atendidos. Além disso, a tendência para utilização de animais com potencial genético para alta produção, que apresentam maiores exigências nutricionais, aumenta a necessidade de forragens com alta qualidade e disponibilidade constante ao longo do ano, para redução nos custos com a utilização de concentrados sem comprometer a performance do animal (VILELA, 2004).

O consumo de matéria seca é primordial para uma resposta produtiva adequada, pois é o principal determinante da quantidade de nutrientes, especialmente energia e proteína, que estarão disponíveis para atendimento das exigências de manutenção e produção. Nesse contexto, o suprimento de proteína em quantidade e qualidade, observando suas relações com os demais ingredientes dietéticos ganha maior destaque, pois a proteína é o segundo nutriente limitante em dietas para animais ruminantes, sendo as fontes protéicas os ingredientes mais onerosos na formulação de dietas para vacas lactantes, devido sua elevada exigência e ao custo de fontes tradicionais como o farelo de soja. Assim, o uso de fontes protéicas alternativas, que não comprometam o desempenho animal podem ser uma opção viável para otimização dos resultados, seja pela redução nos custos de produção ou pela melhor adequação dos nutrientes disponíveis às necessidades metabólicas do animal (PINA, 2005).

A utilização de alimentos alternativos apresenta outras vantagens tais como a diminuição da necessidade de utilização de cereais que são utilizados na alimentação humana ou de animais não-ruminantes, o que os torna mais suscetíveis às variações de preços, e a possibilidade de aproveitamento de subprodutos agroindustriais (IMAIZUMI, 2005).

O farelo de algodão é uma fonte protéica que se enquadra nestes quesitos, sendo bastante utilizado na alimentação de vacas leiteiras no Brasil. Mesmo sendo caracterizado por apresentar maior teor de proteína não degradável no rúmen (PNDR) e menores concentrações de proteína e energia que o farelo de soja (NRC, 2001), apresenta ainda elevada heterogeneidade quanto à sua composição bromatológica, devido à obtenção de diferentes subprodutos de acordo com a variedade plantada, o nível de processamento e a metodologia de extração do óleo. Sendo assim, podem ser encontrados disponíveis no mercado produtos com teores de proteína e energia bastante variáveis, dentre as quais, o farelo de algodão de alta energia ganha importância, pois são escassos os relatos na literatura sobre sua utilização para vacas leiteiras (FREIRE, 2007).

A importância da proteína na formulação de dietas não se limita à sua fonte alimentar, uma vez que a economia na produção animal é altamente dependente da eficiência de sua utilização. Para que seja possível obter a produtividade animal desejada com quantidade

adequada de proteína bruta (PB) dietética, o aperfeiçoamento da eficiência de uso da PB é fundamental, exigindo seleção de fontes protéicas alimentares complementares, que ao serem associadas à fonte de nitrogênio não protéico (NNP) forneçam os tipos e quantidades de proteína degradável no rúmen (PDR) e PNDR. A quantidade de PDR deve satisfazer, mas não exceder, as necessidades de nitrogênio (N) para os microrganismos ruminais para máxima síntese de proteína bruta microbiana (PBmic) e de PNDR que irão otimizar, na medida do possível, a quantidade e o perfil dos aminoácidos (AA) absorvidos no intestino delgado. Além disso, o aumento na eficiência do uso de N proporciona redução nos gastos com alimento por unidade de tecido magro ganho ou por unidade de proteína do leite produzida e a possibilidade de inclusão de outros nutrientes na dieta capazes de elevar a produção e a redução na eliminação de resíduos no ambiente (NRC, 2001).

Assim, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão de níveis crescentes de farelo de algodão de alta energia em substituição ao farelo de soja na dieta de vacas leiteiras sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite e eficiência de utilização do nitrogênio, além da análise sobre a viabilidade econômica desta substituição.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1 – Consumo

O consumo de matéria seca (CMS) é fundamental na nutrição, pois estabelece a quantidade de nutrientes disponíveis para saúde e produção animal. De acordo com Crampton et al. (1960) e Reid (1961), citados por Cabral et al. (2006), o consumo é o fator que mais influencia a resposta produtiva dos animais, pois 60 a 90% da variação observada na ingestão de energia digestível entre animais e dietas está relacionada às diferenças no consumo e somente 10 a 40%, às diferenças na digestibilidade. Portanto, a avaliação do consumo é importante para possibilitar a formulação de dietas capazes de promover o uso eficiente dos nutrientes, com a manutenção da saúde animal, redução nos custos com alimentos e na excreção de produtos danosos ao ambiente (NRC, 2001).

Para Mertens (1987) os pontos críticos para se estimar o consumo são as limitações relativas ao animal, à dieta e às condições de alimentação, que parecem ser controlados por fatores fisiológicos, físicos e psicogênicos. Dessa forma, no mecanismo de regulação fisiológica o consumo é controlado pela demanda metabólica e varia de acordo com potencial genético do animal. O mecanismo físico está associado à capacidade de distensão do rúmen e ao volume ocupado pela dieta, relacionado ao seu teor de fibra em detergente neutro. Já a modulação psicogênica, refere-se à resposta do animal a fatores estimuladores ou inibidores do alimento ou do ambiente de alimentação, os quais não estão relacionados à concentração de energia do alimento ou à repleção ruminal. Assim, seria necessário integrar as características inerentes aos alimentos e aos animais para o desenvolvimento de modelos capazes de prever o consumo que considerem as relações entre os fatores físicos e fisiológicos que o regulam.

Já Forbes (1996) considera que o sistema nervoso central recebe sinais inespecíficos das vísceras, e o animal é capaz de aprender a ingerir a quantidade de alimento que minimiza a competição entre o desconforto causado pela excessiva estimulação das vísceras abdominais e a falta ou desequilíbrio de nutrientes. Assim, seria mais provável que o efeito aditivo de diversos estímulos, sejam eles físicos ou fisiológicos, acabem regulando o CMS.

Em virtude da quantidade e complexidade de estímulos envolvidos na regulação do CMS a sua predição acurada é difícil de ser alcançada. Por isso, na abordagem usada para desenvolver a equação de predição do CMS do NRC (2001) foram incluídos somente os fatores animais, que podem ser facilmente mensurados ou conhecidos. Os componentes

dietéticos não foram incluídos nos modelos para vacas em lactação, porque a abordagem mais comumente usada na formulação de dietas para gado leiteiro é estabelecer exigências e uma estimativa de CMS antes dos ingredientes dietéticos serem considerados. As equações que contêm fatores dietéticos são melhor utilizados para avaliar o resultado obtido após o consumo do que para prever o que será consumido.

A equação para predição do CMS de vacas da raça Holandesa em lactação, segundo o NRC (2001), é a seguinte:

$$\text{CMS (kg/d)} = (0,372 \times \text{LCG} \times 0,0968 \times \text{PV}^{0,75}) \times (1 - e^{(-0,192 \times (\text{SL}+3,67))}), \text{ em que}$$

LCG = leite corrigido para 4% de gordura (kg/dia), PV = peso vivo (kg), e SL = semana de lactação. O termo  $1 - e^{(-0,192 \times (\text{SL}+3,67))}$  ajusta para depressão no CMS durante o início da lactação.

## 2.2 – Digestibilidade

A literatura apresenta uma grande variedade de técnicas para determinação da digestibilidade, devendo ser empregada a técnica que permitir maior possibilidade de implantação, de acordo com os recursos financeiros e operacionais disponíveis e maior precisão (BERCHIELLI et al., 2005).

Para avaliação do consumo de animais mantidos em confinamento a oferta de dieta *ad libitum*, ou seja, à vontade ajustando-se através do controle da MS das sobras, é a mais utilizada. É uma metodologia simples que se baseia na diferença entre o alimento fornecido e o recusado pelos animais (BERCHIELLI et al., 2005).

Por sua vez, a digestibilidade dos nutrientes é comumente expressa como proporção da matéria que desapareceu no balanço entre o consumo e a excreção fecal. Esse balanço entre a matéria ingerida e excretada é a mensuração mais reprodutível para um determinado alimento. As fezes contêm não somente a parte indigestível da dieta, mas também produtos metabólicos incluindo bactérias e resíduos endógenos provenientes do metabolismo animal, conseqüentemente a digestibilidade aparente pode ser considerada como o consumo menos a excreção fecal. Já a digestibilidade verdadeira refere-se ao balanço entre o consumido e seu resíduo que escapou da digestão e chegou às fezes, excluindo os produtos metabólicos. Ela representa a parte do alimento que é disponível para digestão pelos animais ou enzimas microbianas, em contrapartida não representa a matéria fecal de origem endógena, que corresponde a 10-15% da matéria fecal. Assim, o coeficiente de digestibilidade verdadeira é

sempre maior que o da digestibilidade aparente, considerando que há perda metabólica nas fezes (VAN SOEST, 1994).

Resíduos de alimentos que resistem à digestão no trato gastrintestinal são verdadeiramente indigestíveis. A identificação deles é complicada pelo fato de que a matéria metabólica pode ser gerada por fermentação da matéria dietética que escapou da digestão pelo animal (VAN SOEST, 1994).

Técnicas para avaliação da digestibilidade já foram bastante discutidas na literatura, com a descrição de várias metodologias, cuja utilização depende das informações que se pretende obter, além dos aspectos operacionais e econômicos. Em muitos casos a determinação direta não é possível, devendo-se aplicar técnicas que viabilizem a estimativa dos valores (BERCHIELLI et al., 2005). Dessa forma, considerando que a estimativa de valores de digestibilidade é reconhecidamente um dos parâmetros do valor nutricional dos alimentos, vários métodos têm sido avaliados (ÍTAVO et al., 2002).

O método de coleta total das fezes é muito utilizado e considerado o mais confiável, segundo Berchielli et al. (2005), no entanto apresenta o inconveniente de requerer maior número de animais, controle rigoroso na quantidade ingerida e a utilização de gaiolas metabólicas.

O uso de substâncias inertes conhecidas como indicadores, em situações onde não é possível o controle da ingestão ou excreção dos animais têm sido realizado para determinação da digestibilidade aparente. Logicamente, esses indicadores são indigestíveis e podem estar naturalmente presentes no alimento (interno), ou serem adicionados à dieta, administrados oral ou intraruminalmente (externo).

Na utilização dos indicadores internos, o emprego da fibra gerou os conceitos determinativos da fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e da fibra em detergente ácido indigestível (FDAi), os quais vêm sendo amplamente utilizados em estudos de digestão (COCHRAN et al., 1986). De acordo com Berchielli et al. (2005) há grande variabilidade na recuperação dos indicadores na avaliação de diferentes volumosos e entre os métodos *in situ* e *in vitro*, o que sugere existir um indicador adequado para cada volumoso utilizado.

### **2.3 - Valor nutritivo dos alimentos**

As dietas ou os alimentos podem ser qualificados quanto aos seus valores nutritivo e alimentício. O valor nutritivo refere-se à composição química e à digestibilidade da forragem. Já o valor alimentício é definido como a avaliação biológica do valor do alimento em termos

de produção animal, representando o potencial de ingestão de nutrientes que habilita o animal a realizar sua função produtiva. Assim, entende-se que o conceito de valor alimentício é mais amplo que o valor nutritivo, pois incorpora também o conceito de consumo (GOMIDE e QUEIROZ, 1994 citado por DETMANN, 2008).

Dessa forma, a aplicação prática da avaliação de alimentos parte do pressuposto que as características dos alimentos são variáveis e as respostas dos animais são comparativamente reprodutíveis (VAN SOEST, 1994).

Van Soest (1994) citou que na nutrição de ruminantes o valor nutritivo é convencionalmente dividido em três componentes gerais: digestibilidade, consumo de alimento e eficiência energética. A digestibilidade é mais frequentemente avaliada do que a eficiência ou o consumo, apesar dos últimos terem maior participação na resposta animal total. Isso ocorre porque as variáveis eficiência e consumo sofrem maior variação entre animais e, conseqüentemente, o estabelecimento de valores relativos ao alimento para esses componentes é mais difícil do que para digestibilidade.

A utilização adequada das dietas por vacas leiteiras é influenciada pela sua composição química e pelas características físicas do alimento (MERTENS, 1997). Quanto à composição química, as quantidades de energia e proteína dos alimentos são frequentemente os fatores mais limitantes para ruminantes e têm recebido maior atenção nos sistemas de avaliação (VAN SOEST, 1994). A qualidade de um alimento pode ser consideravelmente modificada por suas características físicas, que podem ser relativamente independentes de sua composição química. Fatores como densidade calórica, tamanho de partícula, solubilidade no líquido ruminal, capacidade tamponante e propriedades de superfície das partículas de fibra (capacidade de hidratação e potencial catiônico) influenciam os efeitos fisiológicos do alimento no trato gastrointestinal. Esses fatores também são suscetíveis às mudanças no processamento dos alimentos, o que complica ainda mais a avaliação (VAN SOEST, 1994).

A adaptação do sistema digestivo dos ruminantes para utilização da biomassa da parede celular, além de permitir a produção de alimentos a partir dessa fonte disponível a poucos animais não-ruminantes, criou uma dependência do animal em relação à parede celular como um componente dietético. Assim, o consumo de parede celular torna-se a maior limitação para o potencial de produção dos ruminantes, pois é menos digestível e tem maior volume do que os componentes solúveis, resultando em menor densidade energética (MERTENS, 1993).

Inúmeros fatores têm o potencial de afetar a quantidade de forragem consumida pelos ruminantes, incluindo a capacidade do trato digestivo, a capacidade dos tecidos para

metabolizar nutrientes, pH ruminal e osmolalidade (FORBES, 1996). Por sua vez, os maiores precursores de energia para ruminantes são os carboidratos, que frequentemente correspondem a 70% ou mais da matéria seca (MS) da dieta desses animais.

A classificação dos carboidratos em fibrosos e não fibrosos cria uma maneira de divisão dos alimentos em frações que têm propriedades nutricionais distintas. A fibra pode ser definida nutricionalmente como a fração dos alimentos lentamente digestível ou indigestível, que ocupa espaço no trato gastrintestinal dos animais (MERTENS, 1997). Allen (2000) relatou que a extensão do CMS depende de características da fonte ou das fontes de fibra da dieta tais como: tamanho de partícula, digestibilidade e taxa de passagem para o retículo, que afetam positiva ou negativamente o consumo de matéria seca.

Diante disso, a definição da efetividade da fibra tradicionalmente tem se referido a habilidade da fibra em manter a produção de gordura do leite e contribuir para manutenção da saúde animal. Para facilitar a distinção, Mertens (1997) propôs as seguintes definições: FDN fisicamente efetiva (FDNfe) é relacionado às características físicas da fibra (primeiramente tamanho da partícula) que influenciam a atividade de mastigação e a natureza bifásica do conteúdo ruminal; e a FDN efetiva (FDNe) é a soma da habilidade total do alimento que substituirá a forragem em manter a porcentagem de gordura no leite produzido normalmente. Mertens (1997) recomendou que a FDNfe seja de 22% da MS da dieta, para manter um pH ruminal médio igual a 6,0 e 20% da MS da dieta para manter a porcentagem de gordura no leite em 3,4% para vacas holandesas.

Maiores quantidades de fibra na dieta estimulam a atividade de mastigação e reduzem a produção de ácidos. A seqüência de eventos que leva a uma diminuição do desempenho animal quando a oferta de fibra efetiva não é adequada inclui a redução na atividade de mastigação, com menor secreção de saliva tamponante e subsequente queda no pH ruminal, conduzindo a um padrão de fermentação alterado e redução da relação acetato:propionato, que finalmente resulta em modificação do metabolismo animal e redução na síntese de gordura no leite.

A fermentação ruminal é alterada e a porcentagem de gordura no leite é deprimida quando a forragem nas rações é finamente moída, sem que haja mudanças na relação volumoso:concentrado (V:C) e nas concentrações de FDN e carboidratos não estruturais (CNE) indicam que a efetividade da fibra, mais do que a substituição de FDN por CNE, é a causa primária dos problemas relacionados a quantidade de fibra nas dietas (MERTENS, 1997). Esta observação corrobora com a hipótese descrita por Van Soest (1994)

de que, além da natureza química dos carboidratos, as características físicas da fibra são críticas para o ótimo funcionamento do rúmen (MERTENS, 1997).

Nesse contexto, a fração da fibra em detergente neutro (FDN), devido à sua lenta taxa de digestão, é considerada o constituinte primário dietético associado com o efeito de enchimento. Biologicamente a FDN tem sido relacionada ao consumo, densidade do alimento, atividade de mastigação, digestibilidade e taxa de digestão (MERTENS, 1997).

Mertens (1987) compilou dados de vários experimentos e estimou que o consumo diário de FDN foi de  $1,2 \pm 0,1\%$  do peso vivo por dia (PV/dia) em dietas que produziram rendimento máximo de leite corrigido para 4% de gordura.

Mesmo considerando que as propriedades intrínsecas da estrutura inter e intramolecular das paredes celulares estabelecem o potencial superior para a taxa e extensão da digestão no trato gastrintestinal e que o aumento deste potencial pode ter impacto positivo na eficiência produtiva não se pode concluir que esta é a única maneira de melhorar a utilização de forragens por ruminantes. O aproveitamento dos constituintes da parede celular requer uma interação dinâmica do animal, da população microbiana e da dieta, uma vez que o uso produtivo das forragens será restringido pela variável mais limitante nessa interação (MERTENS, 1993).

O metabolismo microbiano no rúmen é regulado primeiramente pela quantidade e taxa de hidrólise dos carboidratos, características que são dependentes da sua natureza química e física. Os carboidratos fornecem esqueletos de carbono e energia, como ATP, para síntese protéica microbiana (STERN et al., 1994). Em adição a importância das quantidades de nutrientes fornecidos, a sincronia com que os nutrientes tornam-se disponíveis é também importante. Quando taxas de degradação protéica excedem a taxa de fermentação de carboidratos (CHO), grandes quantidades de N podem ser perdidas como amônia. Inversamente, quando a taxa de fermentação de CHO excede a taxa de degradação protéica, a síntese de proteína microbiana pode decrescer (BACH et al., 2005).

Modelos nutricionais para fornecimento de proteína para vacas leiteiras evoluíram a partir da utilização de proteína bruta (PB) como base, até sistemas mais complexos baseados em PDR e PNDR. A estrutura básica de todos os modelos é semelhante, com a entrada de N proveniente da dieta, N reciclado e endógeno (BACH et al., 2005).

O metabolismo protéico no rúmen é o resultado da atividade metabólica dos microrganismos ruminais. A estrutura da proteína é um fator determinante para susceptibilidade à ação das proteases microbianas e sua conseqüente degradação. A degradação da proteína no rúmen é afetada pelo pH e pelas espécies predominantes na

população microbiana. O acúmulo de AA após a alimentação sugere que a absorção de AA pelos microrganismos ruminais poderia ser um fator limitante para degradação da proteína no rúmen. Além disso, existem vários AA, tais como, fenilalanina, leucina e isoleucina, que são sintetizados com maior dificuldade que outros aminoácidos. A maneira mais comum de avaliar a eficiência da síntese de proteína microbiana (ESPM) é a determinação dos gramas de N microbiano incorporados por unidade de energia disponível no rúmen, tipicamente expressa por matéria orgânica verdadeira ou carboidratos fermentados. No entanto ESPM não é capaz de estimar a eficiência com que a bactéria captura o N disponível no rúmen. Uma forma alternativa e complementar de mensuração é a eficiência de uso do N (EUN). Usando ambas as formas de avaliação, conclui-se que o crescimento bacteriano ótimo no rúmen ocorre quando a ESPM é de 29g de N bacteriano/kg de matéria orgânica fermentada e a EUN é de 69%, o que implicaria que a bactéria necessitaria de 1,31 vezes o N disponível no rúmen por unidade de N bacteriano. Como a distribuição do N dentro das células bacterianas muda com a taxa de fermentação, o N aminoacídico, seria melhor que o N bacteriano total para ser usado como forma de expressar a síntese de proteína microbiana (STERN et al., 1994; BACH et al. 2005).

Os fatores mais importantes que afetam a degradação de proteína pelos microrganismos incluem o tipo de proteína, as interações com outros nutrientes (principalmente carboidratos do mesmo alimento e do conteúdo ruminal), e a população microbiana predominante (depende do tipo de ração, taxa de passagem ruminal e pH ruminal). O efeito do pH e/ou do substrato sendo fermentado pode afetar a população microbiana predominante e modificar a degradação da proteína causada pela interação entre nutrientes. Pode-se supor que a redução nas bactérias celulolíticas como consequência de baixo pH leva a uma redução na degradação da fibra, reduzindo o acesso de bactérias proteolíticas às proteínas, indiretamente diminuindo a degradação protéica (BACH et al., 2005). Alguns ingredientes dietéticos são naturalmente resistentes à degradação ruminal microbiana; entretanto outros alimentos podem ter maior ou menor resistência à degradação por causa do processamento físico (STERN et al., 1994).

Como os microrganismos ruminais fornecem proteína de alta qualidade para o animal e sua taxa de crescimento é afetada pela disponibilidade de AA, é importante maximizar a síntese de proteína microbiana no rúmen (STERN et al., 1994).

Existem complexas inter-relações entre proteína e energia dietética e a quantidade de proteínas que serão utilizadas pela vaca em lactação. Estas inter-relações têm importantes repercussões sobre a eficiência de uso de nitrogênio total em explorações leiteiras

(ROTZ et al., 1999). Proteína dietética fornece proteína metabolizável tanto na forma de PDR, que é utilizada para formação de proteína microbiana, quanto na forma de PNDR, que é digerida e absorvida diretamente pela vaca. Dietas com alto teor de carboidratos fermentescíveis estimulam a síntese de proteína microbiana, aumentando o fornecimento da maior fonte de proteína metabolizável (CADORNIGA et al., 1993). Assim, o aumento do conteúdo de energia da dieta pode aumentar a exigência de PDR na dieta. Quando a PDR excede a quantidade requerida pelos microrganismos ruminais, a proteína é degradada a amônia, absorvida, convertida a uréia no fígado e perdida na urina. Sob condições de alimentação típicas, a manipulação da PDR ou da eficiência de uso do N no rúmen é a estratégia mais efetiva para reduzir as perdas de N, seja através da diminuição na degradação protéica no rúmen e/ou pelo aumento no uso do N pelos microrganismos ruminais (BACH et al., 2005).

De modo geral, o aumento na proporção de energia na dieta leva à melhoria em sua digestibilidade. Contudo, quando grande quantidade de energia é adicionada à dieta de ruminantes, devido à adição de concentrado, ocorre aumento na taxa de passagem da digesta pelo rúmen, acarretando menor tempo de colonização pela população microbiana e, por conseguinte, diminuição no coeficiente de digestibilidade da fibra em decorrência do aumento nas proporções dos carboidratos prontamente disponíveis e fermentáveis (MARIN et al., 2003).

Estimativas acuradas do valor energético dos alimentos e das dietas são importantes pela grande quantidade de energia exigida por vacas em lactação. Dietas que não fornecem energia adequada afetam tanto parâmetros produtivos, como reprodutivos e imunológicos. A formulação de dietas para bovinos com a concentração energética adequada é mais difícil do que para os nutrientes, porque a disponibilidade de energia nos alimentos pode variar de 10 a mais que 100%, como ocorre com a adição de óleo. Diante dessa dificuldade na mensuração da energia disponível, associada à importância do conhecimento do conteúdo energético dos alimentos, foi estimulado o desenvolvimento de métodos para sua estimação (WEISS, 1998).

A utilização dos nutrientes digestíveis totais (NDT) como forma de expressar a energia dos alimentos tem sido a mais comumente usada, principalmente por dois motivos: a concentração de NDT dos alimentos pode ser mensurada e a existência de uma grande base de dados com valores de NDT. Por outro lado, o NDT não considera perdas de energia nos gases e urina, o incremento calórico e o trabalho necessário para digerir e mover a digesta ao longo do trato gastrintestinal, variáveis que são diferentes para cada alimento. Vários estudos

destacaram que o valor da energia líquida (EL) seria mais acurado, o problema é a sua dificuldade de obtenção (NRC, 1989; WEISS, 1998).

Ao analisar dados disponíveis sobre o NDT de algumas dietas Weiss (1998) não observou diferença na acurácia do NDT em relação à energia líquida de lactação (ELI), quando todas as fontes de variação foram consideradas. A maioria dos desvios podem ser explicados por variações normais na utilização de energia pelas vacas, delineamento experimental, fatores relacionados ao animal, outros fatores dietéticos e erros analíticos.

Os fatores dietéticos que afetam a determinação do NDT estão relacionados a forma de descrição dos alimentos que pode ser em termos químicos, biológicos e físicos. Os componentes do alimento comumente determinados são cinzas, PB, FDN, FDA, EE, lignina, amido e diferentes frações de N. Por outro lado, características físicas não têm sido usadas para estimar o NDT (WEISS, 1998).

Segundo Weiss (1998) modelos que não mensuram todas as fontes de variação na digestibilidade não permitem mensurar alterações baseadas no consumo e em efeitos associativos. Modelos mecanicistas contam com muitas fontes de variação e devem ser modificados para incluir variáveis baseadas na cinética de digestão e passagem.

#### **2.4 – Silagem de milho e sua utilização para vacas leiteiras**

A silagem de milho é um alimento de grande importância na atividade leiteira. O seu amplo emprego é devido principalmente a possibilidade de manutenção de maior número de animais numa determinada área, com o fornecimento de alimento de elevado valor nutritivo durante todo ano. Além disso, é uma alternativa vantajosa em situações onde ocorra falta de forragens verdes, seja devido a erros de planejamento ou a questões climáticas (IMAIZUMI, 2005).

A silagem de milho apresenta teores aproximados de 28 a 45% de matéria seca (MS); 6 a 7% proteína bruta de (PB); 4 a 5% de matéria mineral (MM); 2 a 3% de extrato etéreo (EE), 84,40% carboidratos totais (CT) e 45 a 55% de fibra em detergente neutro (FDN) na MS (NRC, 2001). Valadares Filho et al. (2006), compilando dados de estudos realizados no Brasil, apresentaram a seguinte composição bromatológica média: 30,92% de MS; 94,74% de matéria orgânica (MO); 7,26% de PB; 3,16% EE; 4,49% MM; 84,81% de CT; 55,41% de FDN; 30,63% de fibra em detergente ácido (FDA); 34,39% de carboidratos não fibrosos (CNF); 4,97% de lignina e 64,27% de NDT.

A alta porcentagem de grãos na silagem de milho propicia maior ingestão e maior disponibilidade de energia para os animais. O valor nutritivo de uma silagem de milho é função do seu teor de grãos, porque aumenta linearmente o teor de CNF e reduz as frações potencialmente degradáveis e não digestíveis de CT. O baixo teor de grãos na silagem de milho tem como consequência a redução no seu valor nutritivo e a redução no seu potencial de consumo voluntário, demandando assim maior quantidade de alimento concentrado para suportar determinado volume de produção (IMAIZUMI, 2005).

Inúmeros fatores podem afetar a qualidade da silagem de milho e, sem dúvida, um dos principais refere-se às características químicas da planta a ser ensilada. Notadamente os carboidratos solúveis são importantes para garantir a proliferação de microrganismos desejáveis e fermentação adequada (IMAIZUMI, 2005).

Segundo Meeske e Bolsen (1998, citado por Melo et al., 2006), com o avanço na maturidade da planta, ocorre redução da digestibilidade de alguns nutrientes, sobretudo daqueles relacionados à parede celular. Esses autores demonstraram que silagens com alta proporção de grãos podem apresentar diluições dos efeitos dos componentes da fibra como resultado da formação do amido no grão com o avançar da idade da planta.

Uma boa silagem possui alta aceitabilidade, e tal fato torna possível economizar grandes quantidades de concentrados exigidas para uma alta produção. De forma geral, constata-se que vacas alimentadas somente com silagem de milho apresentam consumos de MS em torno de 2,2 a 2,5% de seu peso (NRC, 1989). Assim a silagem de milho pode ser uma excelente fonte de energia para a alimentação do gado leiteiro, embora devido ao baixo teor de proteína, exista a necessidade de suplementação nitrogenada quando a silagem de milho é usada como volumoso exclusivo (RUSSEL et al., 1992).

Antes de se formular uma dieta é recomendável observar a efetividade da fibra da dieta, que é descrita por alguns autores como porção fibrosa da dieta que estimula a ruminação (PERES, 2001). A influência do alimento sobre o consumo de matéria seca está grandemente associada à sua composição em FDN, especialmente para animais em condições de alta produção, que demandam quantidades elevadas de energia em suas dietas. A FDN pode ser uma ferramenta valiosa para estabelecer o limite máximo para relação V:C. As características físicas da fibra tornam-se críticas quando da definição do limite mínimo aceitável para a relação V:C nas rações (MERTENS, 1997).

As exigências nutricionais apresentadas pelo NRC (1989), propõem como limites mínimos de fibra em rações de vacas em lactação 26 a 28% de FDN e 19 a 21% de FDA, dependendo do estágio de lactação, sugerindo também que cerca de 75% do FDN da ração

deve ser oriundo da forragem. Peres (2001) sugere que para garantir um mínimo de fibra efetiva, 30 a 32% do FDN da ração devem ser oriundos de volumosos de fibra longa.

De acordo com Huhtanen et al. (1993), os efeitos da composição de alimentos concentrados sobre o consumo de silagens têm revelado que a maior rapidez da fermentação do amido em relação aos constituintes da parede celular é a principal causa da redução do pH ruminal, diminuindo também a atividade celulolítica. Esse autor relatou que a moderada participação de alimentos concentrados (abaixo de 50%) tem pequeno efeito sobre o pH do rúmen e, conseqüentemente, apresenta pouco impacto sobre a taxa de degradação da MS de silagens.

De acordo com Van Soest (1994) o consumo de silagens freqüentemente tende a ser menor do que o esperado para um feno com igual teor de FDN e digestibilidade. Tal fato seria explicado pela presença de substâncias tóxicas, talvez uma amina, produzida por fermentação; ou pela baixa palatabilidade resultante de um processo fermentativo com produção de elevada quantidade de ácido; ou ainda, pela depleção das substâncias rapidamente fermentáveis que são substratos críticos para o crescimento dos microrganismos ruminais. Uma vez que os concentrados associados ao fornecimento da silagem são fontes de proteína e carboidratos não tem sido possível elucidar o problema.

## **2.5 – O farelo de algodão e sua utilização para vacas leiteiras**

A substituição de alimentos tradicionais em dietas de vacas em lactação é uma prática comum para mudança nas condições econômicas. O farelo de soja tem sido usado como fonte proeminente de PB para vacas em lactação, mas apresenta um elevado custo o que aumenta o interesse por fontes alternativas, como o farelo de algodão.

O farelo de algodão pode servir como um substituto adequado para o farelo de soja, mesmo que quando comparado ao farelo de soja apresente menor teor de energia e maiores concentrações de FDA e lignina (NRC, 1989). O farelo de soja apresenta maior concentração de PDR e é benéfico porque fornece mais aminoácidos totais para absorção no intestino delgado, enquanto o farelo de algodão apresenta maior concentração de PNDR (CLARK et al. 1987).

Os subprodutos do algodão podem ser classificados como primários, secundários, terciários e até em potencial, sendo que logo após a separação da fibra seu principal produto, é em escala de importância, o óleo comestível. No processamento de extração do óleo obtêm-se os subprodutos primários, que são: o línter, a casca e a amêndoa; os secundários, farinha

integral, óleo bruto, torta e farelo; os terciários, óleo refinado, borra e farinha desengordurada (FREIRE, 2007).

Diante dessa grande variabilidade de processos envolvidos na obtenção do farelo de algodão há grande heterogeneidade na sua composição bromatológica, características físicas e biológicas. Valadares Filho et al. (2006) ao compilar os dados na literatura para elaboração de Tabela de Composição de Alimentos, agruparam os dados em quatro tipos: caroço de algodão, farelo de algodão com 28%PB, farelo de algodão com 38%PB e farelo de algodão com 42%PB.

O farelo de algodão com alta energia é obtido a partir dos caroços (cariópses) que primeiramente passam por extrusão e posteriormente são prensados para a extração do óleo. Tal processo de extração do óleo do caroço de algodão semi deslintado confere ao alimento as seguintes especificações: umidade e matéria volátil máxima de 10%, PB máxima de 26%, EE mínimo de 6%, teor de fibra máximo de 28%, matéria mineral máxima de 7% e teor de gossipol máximo de 0,12% (BUNGE ALIMENTOS, 2007).

O valor nutritivo do farelo de algodão é afetado pelo processamento, uma vez que durante o processo de extração de óleo, a proteína do caroço de algodão é exposta ao calor, sendo desnaturada e, assim, diminuindo a sua disponibilidade para atuação das enzimas proteolíticas microbianas ou, em outras palavras, diminuindo a degradação ruminal de proteína (NOFTSGER et al., 2000).

O NRC (2001) estabelece valores de PNDR (% da PB) de 35 e 48% para farelo de soja e farelo de algodão, respectivamente, para vacas consumindo 4% do peso vivo em MS. O farelo de algodão possui teores de PB e ELI menores que o farelo de soja e valores mais elevados de fibra. A proteína do farelo de algodão apresenta perfil de aminoácidos com menores concentrações de lisina e metionina (em percentagem da PB) que o farelo de soja e, portanto, a substituição total do farelo de soja por farelo de algodão para vacas em início de lactação deve ser visto com ressalvas (BLACKWELDER et al., 1998).

Pesquisas sugerem que em dietas contendo mais que 16% PB, o farelo de algodão é comparável ao farelo de soja no suporte à produção e composição do leite. Clark et al. (1987, citado por Blackwelder et al., 1998) indicou que menos lisina estava disponível para absorção no intestino delgado quando proteína suplementar foi fornecida por farelo de algodão. Blackwelder et al., (1998) citaram ainda Reiser e Fu (1962), que sugeriram a ligação do gossipol a um grupo amino da lisina, tornado-a assim indisponível. Se esta suposição é verdadeira, então menos lisina estará disponível do que os valores analisados indicam.

A toxicidade do gossipol é uma preocupação quando o farelo de algodão é fornecido, principalmente quando em combinação com caroço de algodão. O gossipol é um dialdeído polifenólico tóxico que ocorre em toda a planta do algodão, mas é principalmente localizado nas pequenas glândulas de pigmento da semente (BLACKWELDER et al., 1998). Lindsey et al. (1980) relataram sinais de intoxicação por gossipol, incluindo fragilidade eritrocitária em vacas alimentadas com farelo de algodão e concluíram que a capacidade do rúmen em detoxicar o gossipol foi limitada. O gossipol induz, sinais clínicos graves no homem e nos animais monogástricos, tais como edemas pulmonares e hemorragias hepáticas, tornando-se um composto indesejável na alimentação humana.

## **2.6 – Produção e composição do leite**

De acordo com o NRC (2001), com base na teoria de regulação do consumo de energia (BAILE e FORBES, 1974; CONRAD et al., 1964; MERTENS, 1987; NRC, 1989 citados por NRC, 2001), as vacas parecem consumir alimento para atender as necessidades de energia, o que permite afirmar que o consumo é direcionado pela produção de leite. Isso explicaria o fato de que para vacas em lactação, a produção de leite (gasto de energia) geralmente atinge o pico em quatro a oito semanas pós-parto, já o pico de CMS (consumo de energia) geralmente ocorre até 10 a 14 semanas pós-parto.

A função biológica do leite é o fornecimento de nutrientes e proteção imunológica para o recém-nascido, uma vez que estão presentes em sua composição todos os nutrientes requeridos para a manutenção e o crescimento, caracterizando-o como um alimento completo. Além dessas funções biológicas, o leite oferece grandes possibilidades de processamento industrial para obtenção de diversos produtos para a alimentação humana (SANTOS e FONSECA, 2007).

A composição do leite é de grande importância para os diversos setores envolvidos na cadeia láctea. Para os consumidores, ela tem importância nutricional, e para os produtores e indústrias processadoras, ela tem importância econômica. A glândula mamária utiliza nutrientes derivados da digestão e do metabolismo da dieta na síntese do leite. O leite contém componentes derivados diretamente dos alimentos (minerais, vitaminas e ácidos graxos de cadeia longa) e também componentes sintetizados por tecidos extramamários (ácidos graxos originados no tecido adiposo e algumas proteínas específicas do leite). Assim, é de suma importância salientar que cada fonte de componentes do leite é influenciada em algum grau pela nutrição da vaca, de forma direta ou indireta (GONZALEZ, 2001).

O processo de síntese e secreção do leite envolve pelo menos três fatores básicos: suprimento de precursores a partir do sangue, capacidade de captação dos precursores e conversão em componentes do leite e a remoção do leite da glândula mamária (SANTOS e FONSECA, 2007).

### **2.6.1 – Lactose**

A lactose tem importante papel na síntese do leite. É o principal fator osmótico no leite, responsável por 50% desta variável, e assim, juntamente com íons como sódio, cloro e potássio, desempenham papel fundamental no controle da pressão osmótica na glândula mamária. Em função da estreita relação entre a síntese da lactose e a quantidade de água drenada para o leite, o conteúdo de lactose é o componente do leite que menos tem variação quanto a porcentagem excretada, apresentando valor médio para vacas holandesas de 4,68% do leite (SANTOS E FONSECA, 2007).

O propionato originário da fermentação microbiana no rúmen é considerado o principal precursor da glicose em ruminantes. A glicose, majoritariamente proveniente do sangue, vai para a síntese de lactose (79%) e aquela que não é utilizada para a síntese de lactose vai para síntese de glicerol e fornecimento de energia no processo biossintético. A disponibilidade de glicose sanguínea é um fator limitante para a síntese de leite. Outros precursores da glicose para a síntese de lactose são propionato, glicerol, pentoses-fosfatos e lactato (GONZALEZ et al., 2001).

### **2.6.2 – Gordura do leite**

A gordura é o componente de maior variabilidade no leite, podendo variar entre duas e três unidades percentuais. Esta porcentagem é fortemente influenciada pela genética e fatores ambientais. Dentre os fatores ambientais, a composição da dieta pode exercer uma influência muito importante na composição da gordura do leite e provavelmente devido a esta variabilidade, foi o primeiro componente do leite a ser usado nos programas de pagamento de leite (CORASSIN, 2004). Estudo realizado nos Estados Unidos revelou que pode ser considerada normal uma variação de cerca de 0,4 pontos percentuais para a gordura (3,4 a 3,8) para vacas da raça Holandesa (PERES, 2001).

Os precursores dos ácidos graxos sintetizados no tecido mamário incluem glicose, acetato e  $\beta$ -hidroxibutirato. Entretanto, alguns ácidos provenientes da dieta ou do metabolismo ruminal e intestinal são incorporados à glândula mamária a partir do sangue. Aproximadamente 25% dos ácidos graxos do leite são derivados da dieta e 50% do plasma sanguíneo, o restante é elaborado na glândula mamária a partir de precursores, principalmente de acetato. A glândula mamária possui a enzima glicerol-quinase podendo, portanto, produzir glicerol-3-fosfato a partir de glicerol livre, para a síntese de triglicerídeos. Contudo, cerca de 70% do glicerol necessário para a síntese de triglicerídeos na glândula mamária provém da glicose sanguínea (PERES, 2001).

O acetil-CoA utilizado pela glândula mamária dos ruminantes para a síntese da gordura do leite se forma, fundamentalmente, a partir do acetato proveniente do sangue, que por sua vez, deriva em grande parte do acetato absorvido no rúmen (PERES, 2001).

É possível afirmar que o consumo é uma ferramenta útil para predizer a variação no teor de gordura do leite. O consumo de matéria seca (CMS) determina a concentração de nutrientes disponíveis para suprir as necessidades de manutenção e de produção. O CMS do animal é determinado por características da dieta e do ambiente. Animais saudáveis, que não apresentam desconforto, consomem uma maior quantidade de matéria seca. O maior consumo de matéria seca reflete melhor condição ruminal, e animais que apresentam o ambiente ruminal saudável são capazes de produzir leite com maiores proporções de sólidos (FORBES, 1996).

Supondo a produção de leite constante, o teor de gordura é o principal fator que determina a quantidade de energia líquida direcionada à produção animal, por isso costuma-se corrigir a produção de leite para 3,5% ou 4,0% de gordura (SANTOS e FONSECA, 2007).

Em virtude da possibilidade de manipulação do teor de gordura no leite através de alterações na dieta, várias teorias têm sido propostas para regulação da produção. Atualmente as teorias baseadas na limitação do suprimento de precursores como o ácido acético e butírico, para a síntese de gordura pela glândula mamária não explicam adequadamente a redução da gordura do leite causada pela dieta (SANTOS e FONSECA, 2007). Apesar disso, a presença de forragens na dieta tem sido relacionada à concentração de gordura no leite, através da manutenção do pH ruminal que favorece a produção de acetato, que é o precursor da gordura do leite (SUTTON, 1989).

A recomendação genérica, bastante simplista, preconiza que o teor de concentrados na matéria seca da dieta não deveria ultrapassar 60%. Acima disso o teor de fibra na dieta é diminuído, acarretando menor produção de saliva e seus tamponantes, redução no pH ruminal

(abaixo de 6,0) e na relação acetato/propionato (abaixo de 2,2) a níveis considerados propícios à queda no teor de gordura do leite (PERES, 2001). Por outro lado, Santos e Fonseca (2007) indicam que a manutenção das condições ideais de fermentação ruminal, para que não seja afetada a produção de gordura no leite, seria de, no mínimo, 19% de FDA e 25% de FDN na MS, sendo que desta porcentagem 75% deverá ser oriundo da forragem. Além disso, estes autores recomendam que na mínimo 20% das partículas do alimento tenham pelo menos 4 cm de comprimento, para que a fibra seja fisicamente efetiva e favoreça o aproveitamento dos nutrientes no rúmen.

### **2.6.3 – Proteína do leite**

A concentração de proteína do leite é um importante fator na comercialização do produto, o que pode ser evidenciado pela tendência mundial em efetuar o pagamento do leite de acordo com seu conteúdo de proteína verdadeira (SUTTON, 1989).

A amplitude de variação do teor de proteína do leite é muito menor que o da gordura, dificilmente variando mais que 0,3 a 0,4 unidades percentuais em função da nutrição. Esta pequena possibilidade de variação pode ser explicada pelo fato de que a síntese de proteína é muito mais restrita em termos de precursores usados e na seqüência de sua inclusão por ocasião da formação das moléculas, uma vez que a deficiência de um único aminoácido, unidade formadora das proteínas, impede a síntese de toda uma molécula (PERES, 2001).

No leite de vacas a proteína verdadeira constitui 95,1% do nitrogênio total, sendo que a caseína constitui a maior parte deste nitrogênio, correspondendo a 82% da proteína verdadeira. O restante do nitrogênio total é formado por frações de NNP, principalmente uréia. (CORASSIN, 2004).

Os precursores para a síntese das proteínas do leite são aminoácidos livres do sangue em 90%, além de proteínas séricas. A maior parte do nitrogênio utilizado para a síntese das proteínas do leite procede dos aminoácidos livres absorvidos pela glândula mamária (GONZALÉZ, 2001).

A amônia ruminal, a uréia do sangue, do plasma e do leite estão altamente correlacionadas. O balanço da dieta, no que tange a proporção de PDR e PNDR, tem uma relação próxima com a quantidade de uréia circulando no sangue e, conseqüentemente, com a quantidade de uréia que entra no leite. Por outro lado, o fornecimento de níveis sub-ótimos de proteína na alimentação influencia mais a redução na produção de leite do que a porcentagem de proteína no leite (JONKER et al., 1999).

O consumo de altos níveis de PDR e/ou de baixos níveis de carboidratos não-estruturais também pode estar envolvido nos aumentos dos níveis de uréia no sangue ou no leite (CORASSIN, 2004).

Em ruminantes a manipulação das quantidades dos diferentes aminoácidos é difícil em virtude da fermentação ruminal dos alimentos. Por outro lado, a proteína microbiana parece ser a que mais se aproxima, em termos de perfil de aminoácidos, à exigência para produção de leite. Dessa forma, otimizar a produção de proteína microbiana, potencialmente eleva o teor de proteína no leite (SANTOS e FONSECA, 2007).

O conteúdo de proteínas do leite depende diretamente do aporte de energia da dieta. Um aporte deficiente de energia leva à diminuição no conteúdo de proteínas no leite. Por outro lado, um excesso de PDR no rúmen, em relação à energia, leva a uma excessiva formação e absorção de amônia ruminal, com incremento na concentração de uréia no leite (SANTOS et al., 1998).

O aumento na ingestão de energia através de fontes de carboidratos aumenta a produção e a porcentagem de proteína no leite. Aumentando o conteúdo de energia fermentável na dieta, pela redução da FDN e incremento de CNF, aparentemente estimula a elevação na síntese de proteína microbiana no rúmen. Alguns trabalhos estimam que cerca de 90% do aumento na produção de proteína ocorre devido a maior produção de leite, enquanto somente 15% da resposta está relacionada a aumentos na porcentagem de proteína do leite (PERES, 2001).

De acordo com trabalhos britânicos, a produção de leite e de proteína do leite por vacas alimentadas com dietas à base de silagem de capim teve maior aumento em resposta à suplementação com amido, particularmente amido de milho, do que por suplementação protéica, o que estaria relacionado a um aumento no conteúdo de energia dietética, que melhoraria a produção de leite por aumentar o fornecimento de proteína através do estímulo à formação de proteína microbiana e por aumentar o fornecimento de energia para o animal (KEBREAB et al., 2000; CASTILLO et al., 2001a; CASTILLO et al., 2001b citados VALADARES FILHO et al., 2000).

Oliveira et al. (1993, citados por Broderick, 2003) salientaram que a produção de leite e de proteína do leite irá responder positivamente ao aumento na ingestão de energia enquanto houver adequada oferta de PDR, até o limite em que a produção passa a ser reprimida pelos efeitos adversos do consumo excessivo de concentrado.

De forma geral, sistemas de pagamento do leite que valorizem volume sugerem maior atenção ao teor de proteína do leite, que estaria diretamente relacionado à produção de leite. O

teor de proteína na dieta tem pouca influência no teor de proteína do leite. A suplementação extra de proteína, qualquer que seja sua degradabilidade ruminal, apresenta efeitos pouco consistentes na concentração de proteína do leite, embora possa aumentar sua produção através de aumentos indiretos no volume de leite produzido. Para que se tenha um referêcia, cada aumento no teor de proteína da dieta, variando de 9 a 17%, promoveu um aumento de somente 0,02% no teor de proteína do leite (EMERY, 1978). Respostas positivas à suplementação de proteína de baixa degradação ruminal ou ainda de aminoácidos protegidos, só ocorrem quando o metabolismo da dieta basal resulta em quantidades inadequadas de aminoácidos no intestino (PERES, 2001).

#### **2.6.4 – Nitrogênio uréico no leite**

Segundo Ferguson e Chalupa (1989) a porcentagem de proteína bruta na dieta não é um bom indicador da adequação da nutrição protéica de vacas, devendo ser considerado outros fatores, tais como a energia da dieta e o nível de produção do animal, que podem estar envolvidos na determinação das concentrações de nitrogênio uréico plasmático (NUP), nitrogênio uréico sanguíneo (NUS) e nitrogênio uréico no leite (NUL). Os estudos sobre nitrogênio uréico no leite (NUL), têm apresentado inúmeras controvérsias sobre sua utilidade como indicador do balanço protéico do animal (JONKER et al., 1999).

A uréia sanguínea, por apresentar baixo peso molecular, atravessa o epitélio alveolar da glândula mamária difundindo-se no leite, de forma que existe alta correlação entre as concentrações de NUS e de NUL ( $r = 0,904$ ;  $p < 0,01$ ) (ROSELER et al., 1993).

É sabido que os níveis de NUL são sensíveis ao conteúdo de PB dietético. Jonker et al. (1998) desenvolveram um modelo simples utilizando NUL para prever o consumo de PB e a excreção de N. A uréia no leite pode ser útil para identificar alterações repentinas no consumo ou no conteúdo de PB dietética, por exemplo, quando ocorre uma mudança na fonte de volumoso em resposta a variações climáticas ou de manejo. Isto poderia ajudar no maior controle da PB da dieta e na redução de superalimentação de PB e excreção excessiva de N urinário volátil no ambiente.

A quantidade de uréia tanto no sangue como no leite depende da relação energia:proteína, sendo que um aporte deficiente de proteínas está associado com valores diminuídos de uréia, enquanto que valores elevados de uréia indicam um aporte excessivo de proteínas degradáveis e solúveis no rúmen, ou estão relacionadas com um aporte deficitário de energia (JONKER et al. 1999).

Corassin (2004) encontrou correlação entre a porcentagem de PB da dieta e o teor de nitrogênio uréico no leite. Esse resultado permite afirmar que a análise de NUL é de grande importância para verificar a adequação de proteína bruta na dieta e é semelhante a diversas citações da literatura que apresentam o NUL como indicador do balanço protéico da dieta (JONKER et al., 1999). Visto que a análise de gordura do leite é útil para ajustes de FDA, FDN, CNE e consumo (e não é adequada para avaliar a PB da dieta), a associação desta, com a análise de NUL (útil para ajuste de PB) é de grande importância na avaliação de dietas para vacas em lactação.

O excesso de uréia no sangue teria um efeito negativo no balanço energético do animal, já que a excreção de cada grama de nitrogênio excedente requer cerca de 7,4 kcal de energia metabolizável. Um outro argumento forte para monitoramento do metabolismo protéico é o alto custo associado ao desperdício deste nutriente (Jonker et al., 2002).

Jonker et al. (2002) encontraram que o aumento na produção de leite corrigido para gordura (LCG) aumenta a eficiência de utilização do N, sendo que para cada kg de LCG há um aumento de 0,45 pontos percentuais na eficiência de utilização do N.

A eficiência de conversão do N dietético em proteína do leite é baixa, em torno de 25 a 30%. O conteúdo e rendimento de proteína do leite podem ser aumentados por suplementação de proteína dietética ou por infusão gastrintestinal de proteína ou AA; entretanto as respostas atingidas são frequentemente imprevisíveis e são consideravelmente inferiores ao que seria predito pelos esquemas atuais de alimentação de vacas leiteiras. Este resultado é, em grande parte, devido à inadequada representação matemática das transformações metabólicas dos AA absorvidos e dos processos pós-absorção, uma vez que tem sido utilizado um fator fixo (0,64 a 0,80) para conversão dos aminoácidos absorvidos em proteína do leite, apesar das evidências de que a resposta observada para suplementação com aminoácidos é curvilínea (BEQUETTE et al., 1998).

Os artigos apresentados a seguir foram elaborados de acordo com as normas da Revista Brasileira de Zootecnia, editada pela Sociedade Brasileira de Zootecnia.

### Referências Bibliográficas

ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.7, p.1598-1624, 2000.

BACH, A.; CASALMIGLIA, S.; STERN, M.D. Nitrogen metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.88, E-9:E21, 2005.

BEQUETTE, B.J.; BACKWELL, F.R.C.; CROMPTON, L.A. Current concepts of amino acid and protein metabolism in the mammary gland of the lactating ruminant. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.2540-2559, 1998.

BERCHIELLI, T.T.; OLIVEIRA, S.G.; GARCIA, A.V. Aplicação de técnicas para estudos de ingestão, composição da dieta e digestibilidade. **Archives of Veterinary Science**, v.10, n.2, p.29-40, 2005.

BERCHIELLI, T.T.; GARCIA, A.V.; OLIVEIRA, S.G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudos de nutrição. In: BERCHIELLI, T.T.; PIREZ, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Eds.) **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 583p.

BLACKWELDER, J.T.; HOPKINS, B.A.; DIAZ, D.E.; WHITLOW, L.W.; BROWNIE, C. Milk production and plasma gossypol of cows fed cottonseed and oilseed meals with or without rumen-undegradable protein. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.11, p.2934-2941, 1998.

BRODERICK, G.A. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.4, p.1370-1381, 2003.

BUNGE ALIMENTOS. **Farelo de algodão de alta energia**. Disponível em < <http://www.bungealimentos.com.br/nutricao/artigos.asp?id=3048> >, Acesso em: julho de 2007.

CABRAL, L. S.; VALADARES FILHO, S. C.; DETMANN, E.; MALAFAIA, P. A. M.; ZERVOUDAKIS, J. T.; SOUZA, A. L.; VELOSO, R. G.; NUNES, P. M. M. Consumo e digestibilidade dos nutrientes em bovinos alimentados com dietas à base de volumosos tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2406-2412, 2006.

CADORNIGA, C.; SATTER, L.D. Protein versus energy supplementation of high alfalfa silage diets for early lactation cows. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.7, p.1972-1977, 1993

CLARK, J. H.; MURPHY, M. R.; CROOKER, B. A. Supplying the protein needs of dairy cattle from by-product feeds. **Journal of Dairy Science**, v.70, n.5, p.1092-1109, 1987.

COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D; GALYEAN, M.L. Predicting digestibility diets with internal markers: Evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1476- 1483, 1986.

CORASSIN, C.H. **Determinação e avaliação de fatores que afetam a produtividade de vacas leiteiras: aspectos sanitários e reprodutivos**. 2004. 113f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

DETMANN, E. **Estimação do consumo de forragem, uma abordagem prática**. Disponível em < [www.forragricultura.com.br/arquivos/estimacaoconsumoforragemabordagempratica.pdf](http://www.forragricultura.com.br/arquivos/estimacaoconsumoforragemabordagempratica.pdf) > Acesso em: abril de 2008.

EMERY, R.S. Feeding for increased milk protein. **Journal of Dairy Science**, v.61, n.6, p.825-828, 1978.

FERGUSON, J.D.; CHALUPA, W. Impact of protein nutrition on reproduction in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.72, n. 3, p. 746-766, 1989.

FERRO, A.B. **Recorde: Brasil exportou US\$ 273,3 milhões em lácteos em 2007**. Especiais. Jan. 2008. Disponível em: <<http://www.milkpoint.com.br/?noticiaID=42112eactA=7eareaID=50esecaoID=130>>, Acesso em: 03 de março de 2008.

FORBES, J.M. Integration of regulatory signals controlling forage intake in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.74, n.10, p.3029-3035, 1996.

FREIRE, R.M.M. **Cultivo do algodão herbáceo na agricultura familiar: subprodutos.** Disponível em <  
[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoAgriculturaFamiliar\\_2ed/subproduto.html](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoAgriculturaFamiliar_2ed/subproduto.html)>, Acesso em: julho de 2007.

GONZÁLEZ, F.H.D. Composição bioquímica do leite e hormônios da lactação. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; DÜRR, J.W.; FONTANELI, R.S. **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**, Porto Alegre: Editado por Félix H.D.González, 2001, p. 5-22.

HUHTANEN, P.; MIETTINEN, H.; YLINEN, M. Effect of increasing ruminal butyrate on milk yield and blood constituents in dairy cows fed a grass silage-based diet. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.4, p.1114-1124, 1993.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo agropecuário 2006: resultados preliminares. Disponível em <  
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/default.shtm>>, Acesso em: fevereiro de 2008.

IMAIZUMI, H. **Suplementação protéica, uso de subprodutos agroindustriais e processamento de milho em dietas para vacas leiteiras em confinamento.** 2005. 196f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.

ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F.; VALADARES, R.F.D.; PAULINO, M.F.; ÍTAVO, C.C.B.F.; MORAES, E.H.B.K. Comparação de indicadores e metodologia de coleta para estimativas de produção fecal e fluxo de digesta em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1833-1839, 2002.

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, n.10, p.2681-2691, 1998.

JONKER, J.S.; KOHN, R.A.; ERDMAN, R.A. Milk urea nitrogen target concentrations for lactating dairy cows fed according to national research council recommendations. ***Journal of Dairy Science***, v.82, n.6, p.1261-1273, 1999.

JONKER, J.S.; KOHN, R.A.; HIGH, J. Use of milk urea nitrogen to improve dairy cow diets. ***Journal of Dairy Science***, v.85, p.939-946, 2002.

LINDSEY, T.O.; HAWKINS, G.E.; GUTHRIE, L.D. Physiological response of lactating cows to gossypol from cottonseed meal rations. ***Journal of Dairy Science***, v.63, n.4, p.562-571, 1980.

MARIN, C.M.; SILVA, C.L.S.P.; BRAZ, M.A.; MANGOLD, M.A. Fatores que podem influenciar a digestibilidade dos alimentos em ruminantes. ***Ciências Agrárias e Saúde***, v.3, n.1, p.64-68, 2003.

MARTINS, P.C. **O fundo do poço**. Conjuntura. Jan. 2006. Disponível em <  
[http://www.milkpoint.com.br/mn/conjunturalactea/artigo.asp?nv=1eid\\_artigo=25905earea=32](http://www.milkpoint.com.br/mn/conjunturalactea/artigo.asp?nv=1eid_artigo=25905earea=32)  
>, Acesso em: 22 de fevereiro de 2008.

MELO, A.A.S.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C.; LIRA, M.A.; LIMA, L.E.; PESSOA, R.A.S.; BISPO, S.F.; CABRAL, A.M.D.; AZEVEDO, M. Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com caroço de algodão em dieta à base de palma forrageira. ***Pesquisa Agropecuária Brasileira***, v.41, n.7, p.1165-1171, 2006.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. ***Journal of Animal Science***, v.64, n.5, p.1548-1558, 1987.

MERTENS, D.R. **Kinetics of cell wall digestion and passage in ruminants**. In: FAHEY, Jr. (Ed.). *Forage quality, evaluation and utilization*. Madison: American Society of Agronomy, 1993. p.535-570.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.7, p.1463-1481, 1997.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 6.ed. Washington, D.C.: National Academic Press, 1989. 158p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2001. 381p.

NOFTSGER, S.M.; HOPKINS, B.A.; DIAZ, D.E.; BROWNIE, C.; WHITLOW, L.W. Effect of whole and expanded-expelled cottonseed on milk yield and blood gossypol. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.11, p.2539-2547, 2000.

PERES, J.R. O leite como ferramenta do monitoramento nutricional. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; DÜRR, J.W.; FONTANELI, R.S. **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**, 1a ed., Porto Alegre: Editado por Félix H.D.González et al., 2001, p. 30-45.

PINA, D.S. **Fontes de proteína para vacas em lactação**. 2005. 72f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

PINA, D. S.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R.F.D.; CAMPOS, J. M. S.; DETMANN, E.; MARCONDES, M.I.; OLIVEIRA, A.S.; TEIXEIRA, R.M.A. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1543-1551, 2006.

ROSELER, D.K.; FERGUSON, J.D.; SNIFFEN, C.J.; HERREMA, J. Dietary protein degradability effects on plasma and milk urea nitrogen and milk nonprotein nitrogen in Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.2, 525-534, 1993.

ROTZ, C. A.; SATTER, L.D.; MERTENS, D.R.; MUCK, R.E. Feeding strategy, nitrogen cycling, and profitability of dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.12, p.2841-2855, 1999.

RUSSEL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.G.; VAN SOEST, P.J.; SNIFFEN, C.J. A net carbohydrate and protein system for evaluation cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3551- 3561, 1992.

SANTOS, F.A.P.; SANTOS, J.E.P.; THEURER, C.B.; HUBER, J.T. Effects of rumen - undegradable protein on dairy cow performance: A 12-year literature review. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.81, p.3182–3213, 1998.

SANTOS, M.V.; FONSECA, L.F.L. **Estratégias para controle de mastite e melhoria da qualidade do leite**. 1.ed. Barueri: Manole, 2007, 314p.

STERN, M.D.; VARGA, G.A.; CLARK, J.H.; FIRKINS, J.L.; HUBER, J.T.; PALMQUIST, D.L. Evaluation of chemical and physical properties of feeds that affect protein metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.77, n.9, p.2762-2786, 1994.

SUTTON, J.D. Altering milk composition by feeding. **Journal of Dairy Science**, v.72, n.10, p.2801-2814, 1989.

VALADARES FILHO, S.C.; BRODERICK, G.A.; VALADARES, R.F.D.; CLAYTON, M.K. Effect of replacing alfafa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.1, p.106-114, 2000.

VALADARES FILHO, S. C; ROCHA JUNIOR, V. R.; CAPPELLE, E. R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2006. 329p.

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

VILELA, D. . Produção de leite em pasto : Atualidades e Perspectivas Futuras . In: SUL-LEITE SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2, 2004, Viçosa-MG. **Anais...** 2004. p. 419-463.

WEISS, W.P. Estimating the available energy content of feeds for dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.3, p.830-839, 1998.

ZOCCAL, R. **Produtividade do Rebanho Brasileiro**. Fev. 2007. Disponível em <<http://www.milkpoint.com.br/?noticiaID=34299eactA=7eareaID=50esecaoID=128> >, Acesso em: 22 de fevereiro de 2008.

## Capítulo 1

### **Substituição do farelo de soja por farelo de algodão de alta energia em dietas para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade dos nutrientes e eficiência no uso do nitrogênio**

**RESUMO** – No presente estudo objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de níveis crescentes do farelo de algodão de alta energia (0; 8,7; 17,4; 26,1 e 34,8%) em substituição ao farelo de soja, no concentrado para vacas no terço final de lactação, sobre o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, além de avaliar a eficiência na utilização do nitrogênio. Foram utilizadas cinco vacas mestiças Holandês-Gir, em um delineamento em quadrado latino 5x5, com cinco períodos de 18 dias, sendo oito dias para adaptação e 10 dias para determinação do consumo e coleta de amostras. As dietas foram calculadas para serem isonitrogenadas (14% de proteína bruta), com 60% de silagem de milho e 40% do concentrado. Utilizou-se a fibra indigestível insolúvel em detergente neutro (FDNi) como indicador para estimativa da excreção fecal. Não houve diferença significativa no consumo de MS, MO, PB, CT e NDT ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos (14,83; 13,78; 14,14; 14,55 e 13,69 kg de MS/dia) com a inclusão de níveis crescentes de farelo de algodão. Os valores de consumo obtidos estão de acordo com o estimado pelo NRC (2001) para vacas de média produção. O consumo de EE aumentou com os níveis de 26,1 e 34,8%, enquanto o consumo de CNF foi maior para os níveis de zero, 8,7% e 26,1%. A digestibilidade da MS, MO, PB, CNF e CT não diferiu em função dos níveis de farelo de algodão de alta energia. Não foi verificada diferença entre os tratamentos sobre a eficiência de utilização e o balanço de N, ou sobre o teor de NUL e NUS. O farelo de algodão de alta energia apresentou potencial para substituição do farelo de soja na dieta de vacas com capacidade de produção de 15 kg/dia.

**Palavras chaves:** alimentos alternativos, balanço protéico, concentrado, fibra em detergente neutro indigestível, valor nutritivo

**Replacing soybean meal by high energy cottonseed meal in diets for dairy cattle:  
intake, nutrients digestibility and nitrogen efficiency**

**ABSTRACT** - The objectives of the present work were evaluate the effect of including increasing levels of high-energy cottonseed meal (zero, 8.7, 17.4, 26.1 and 34.8%) to replace soybean meal in concentrate for cows in third-end lactation on intake, nutrients digestibility, and the nitrogen efficiency. Five Holstein-Zebu lactation dairy cows were used, in Latin square 5x5 design, with five periods of 18 days, with eight days for adaptation and 10 days for intake evaluation and sample collection. The diets were calculated to be isonitrogenous, with 60% of corn silage and 40% of concentrate, in total mixed rations. Indigestible neutral detergent fiber (iNDF) was used as an indicator to estimate the feces excretion. Intakes of DM, OM, CP, TCHO and TDN ( $P > 0.05$ ) did not differ among treatments (14.83, 13.78, 14.14, 14.55 and 13.69 kg / day) with increasing levels of high-energy cottonseed meal (zero, 8.7%, 17.4%, 26.1% and 34.8% respectively). EE intake increased on levels of 26.1 and 34.8%, while intake of NFC was higher for levels of zero, 8.7% and 26.1%. The values obtained was agreement with the estimated by the NRC (2001) for average production of cows. The digestibility coefficients of MS, MO, CP, the NFC and TCHO did not differ among experimental diets. However, the EE digestibility was increased in levels of 8.7%, 26.1 and 34.8%. No effect of high-energy cottonseed meal were observed in the nitrogen efficiency, N balance, or in MUN and BUN. It can be conclude that nutrient intake was maintained when cows were fed content 34.8% of high-energy cottonseed meal in concentrate.

**Key words:** alternative feed, protein balance, concentrate, indigestible neutral detergent fiber, nutritive value

## Introdução

O consumo de matéria seca (CMS) é de fundamental importância na nutrição animal, pois estabelece a quantidade de nutrientes disponíveis para saúde e produção animal. Por sua vez, a digestibilidade está relacionada ao aproveitamento desses nutrientes pelo animal, em função da composição química e características físicas do alimento. Desta forma, a avaliação dessas variáveis é importante no processo de adequação de dietas que promovam o uso eficiente dos nutrientes, redução nos custos com alimentos e da excreção de produtos danosos ao ambiente (NRC, 2001).

Nesse contexto, o suprimento de proteína em termos quantitativos e qualitativos merece destaque por sua elevada exigência e pela variabilidade da resposta às diferentes fontes de compostos nitrogenados disponíveis (NRC, 2001).

O farelo de algodão tem sido utilizado com o objetivo de redução no uso de farelo de soja visando a obtenção de condições econômicas mais vantajosas, muito embora apresente menores teores de energia e proteína, é caracterizado por apresentar maior teor de proteína não degradável no rúmen (NRC, 2001). Em virtude dos diferentes graus de processamento industrial, o farelo de algodão apresenta elevada variação na sua composição químico-bromatológica, o que proporciona diferentes teores de proteína e energia verificados na literatura. Nesse sentido, a avaliação do farelo de algodão de alta energia, que é obtido por extrusão do caroço de algodão semi-deslintado durante o processo de extração do óleo ganha importância, pois são escassos os estudos sobre sua utilização para vacas em lactação (Bunge Alimentos, 2007).

A importância da proteína na formulação de dietas não se limita à sua fonte alimentar, uma vez que a economia da produção animal é altamente dependente da eficiência de utilização do nitrogênio dietético para produção de proteína do leite, que é de apenas 25 a 30%. Para que seja possível obter a produtividade animal desejada, a melhoria na eficiência

de uso da proteína bruta (PB) dietética é fundamental, tornando necessária a avaliação de fontes protéicas que atendam as necessidades de nitrogênio (N) dos microrganismos ruminais e dos animais (Bequette et al. 1998).

O monitoramento do consumo de PB dietética por meio da análise dos teores de nitrogênio uréico no sangue (NUS) e nitrogênio uréico no leite (NUL) parece ser estratégia efetiva para reduzir as perdas de N (Broderick e Clayton, 1997). O aumento na eficiência de uso do N proporciona redução nos gastos com alimento por unidade de ganho de peso ou de proteína secretada no leite e a redução na eliminação de compostos nitrogenados no ambiente (NRC, 2001).

Dessa forma, este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito de níveis crescentes de farelo de algodão de alta energia em substituição ao farelo de soja sobre o consumo, a digestibilidade aparente dos nutrientes e a eficiência na utilização do N em dietas de vacas leiteiras.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Bovinocultura Leiteira da Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), localizado no Município de Santo Antônio de Leverger – MT, no período de 10 de abril a 22 de julho de 2007. O clima da região é do tipo Cwa de Köepen, tropical, sazonal, com duas estações bem definidas, verão chuvoso (outubro a março) e inverno seco (abril a setembro). Durante o período experimental a temperatura média foi de 23°C, com máxima de 36,3°C e mínima de 10,3°C, e umidade relativa média de 74,9%, segundo dados coletados na Estação Meteorológica da Fazenda Experimental da UFMT.

As instalações foram constituídas de cochos individuais em local coberto, com piso de concreto e área de descanso coletiva com livre acesso aos bebedouros e sombra.

Foram utilizadas cinco vacas mestiças Holandês-Gir (grau de sangue: 5/8 H:G) com peso vivo médio inicial de 524,7 kg e com período médio de lactação de 304 dias ( $\pm$  42) e produção média de leite de 15 kg/dia, que correspondem a valores obtidos durante a realização do experimento. O delineamento experimental utilizado foi o Quadrado Latino 5 x 5, em que a distribuição dos tratamentos para cada animal foi feita aleatoriamente, de forma a garantir que não houvesse repetição da combinação.

O experimento foi delineado para avaliar cinco níveis de inclusão de farelo de algodão de alta energia (zero; 8,7; 17,4; 26,1 e 34,8% da matéria seca do concentrado) em substituição ao farelo de soja nas dietas de vacas em lactação, com relação volumoso concentrado de 60:40, formuladas para serem isoprotéicas (14% de PB). Os ingredientes utilizados foram: silagem de milho, milho moído fino, farelo de soja, farelo de algodão de alta energia, uréia:sulfato de amônio e suplemento mineral (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição percentual dos ingredientes utilizados nos tratamentos experimentais

Ingrediente	Tratamentos (% MS)				
	0	8,7	17,4	26,1	34,8
Silagem de Milho	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Farelo de Soja	13,70	11,65	9,59	7,54	5,48
Farelo de Algodão <sup>1</sup>	0,00	3,48	6,96	10,44	13,92
Milho Moído	24,90	23,44	21,97	20,50	19,02
Uréia:SA <sup>2</sup>	0,60	0,63	0,68	0,73	0,78
Mistura Mineral <sup>3</sup>	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

<sup>1</sup> Farelo de algodão de alta energia (Bunge Alimentos, 2007)

<sup>2</sup> Uréia:Sulfato de Amônio (9:1) <sup>3</sup> Mistura mineral comercial

O arração foi realizado as 8 e 16 horas, logo após as ordenhas, misturado diretamente nos cochos individuais. As sobras de alimento foram pesadas e descartadas (exceto no período de coleta de amostras) após cada arração para fins de ajuste na quantidade a ser oferecida ao mínimo de 10% de sobras, com base na matéria natural.

Os animais foram submetidos a um período pré-experimental com duração de 30 dias, para adaptação ao manejo diferenciado, com a utilização de uma dieta intermediária aos tratamentos. O experimento teve a duração de 90 dias divididos em cinco períodos de 18 dias, sendo os oito primeiros dias para adaptação dos animais às dietas, conforme proposto por Valadares Filho et al. (2000) e Oliveira et al. (2001) e os dez dias restantes para coleta de dados. Os animais foram pesados no início e no final de cada período experimental em dois dias consecutivos, antes da ordenha da manhã, para ajuste na oferta de alimento à proporção de 2,8% de MS/kg de peso vivo (PV).

As amostras de concentrado foram coletadas no início de cada período de coleta de dados, assim como as amostras da silagem de milho e das sobras, que foram coletadas nos últimos quatro dias de cada período experimental. Imediatamente após a coleta as amostras foram devidamente acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em freezer a -18°C, para posteriores análises laboratoriais.

Para fins de análise químico-bromatológica, as amostras de concentrado, silagem de milho e das sobras foram compostas por animal e por período, sendo posteriormente submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à 55°C durante 72 horas, moídas em moinho provido de peneira e analisadas para determinação de: matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), segundo Silva e Queiroz (2002) e a fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), de acordo com Van Soest et al. (1991), no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UFMT.

Os teores de carboidratos totais dos alimentos (CT) foram calculados segundo Sniffen et al. (1992):

$$CT = 100 - (\% PB + \% EE + \% Cinzas).$$

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados subtraindo da porcentagem total de carboidratos os teores de fibra em detergente neutro (FDN):

$$\text{CNF} = \text{CT} - \text{FDN}.$$

Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) nas dietas foram estimados segundo o NRC (2001):

$$\text{NDT} (\%) = \text{PBD} + \text{FDND} + \text{CNFD} + 2,25 \text{ EED} - 7, \text{ em que:}$$

PBD: proteína bruta digestível; FDND: fibra em detergente neutro digestível; CNFD: carboidratos não fibrosos digestíveis; EED: extrato etéreo digestível.

Os dados das análises químico-bromatológicas da silagem de milho e dos concentrados são apresentados na Tabela 2. A composição bromatológica das dietas experimentais consta na Tabela 3.

Tabela 2 – Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos não fibrosos (CNF) e carboidratos totais (CT) nos concentrados e na silagem de milho

Item	Farelo de algodão de alta energia no concentrado (%)					Silagem de Milho
	0	8,7	17,4	26,1	34,8	
MS <sup>1</sup>	82,69	82,72	82,11	82,94	83,89	34,34
MO <sup>2</sup>	95,12	94,16	94,42	94,23	94,27	95,36
MM <sup>2</sup>	4,88	5,84	5,58	5,77	5,73	4,64
PB <sup>2</sup>	26,55	26,36	26,51	26,61	25,49	6,71
EE <sup>2</sup>	2,30	3,20	3,24	4,01	4,87	2,29
FDN <sup>2</sup>	14,48	16,12	18,66	20,23	21,33	54,48
FDA	3,97	6,03	8,39	8,40	9,14	27,97
CNF <sup>2</sup>	51,79	48,48	46,02	43,38	42,58	32,31
CT <sup>2</sup>	66,27	64,60	64,67	63,61	63,91	86,79

<sup>1</sup> % na MN, <sup>2</sup> % na MS

Para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes foi realizada a coleta de fezes dos animais diariamente nos quatro últimos dias de cada período experimental,

diretamente na ampola retal, perfazendo uma amostra composta por animal em cada período. A excreção fecal utilizada na determinação da digestibilidade aparente dos alimentos foi estimada por meio das concentrações de fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), obtidas após a incubação ruminal “in situ” dos alimentos, sobras e fezes por 144 horas em dois bovinos mestiços pesando em média 450 kg e fistulados no rúmen, conforme metodologia descrita por Cochran et al. (1986).

Tabela 3: Teores médios de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos não fibrosos (CNF), carboidratos totais (CT) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) nas dietas experimentais

Item	Farelo de algodão de alta energia no concentrado (%)				
	0	8,7	17,4	26,1	34,8
MS <sup>1</sup>	53,68	53,69	53,45	53,78	54,16
MO <sup>2</sup>	95,26	94,88	94,98	94,91	94,92
MM <sup>2</sup>	4,74	5,12	5,02	5,09	5,08
PB <sup>2</sup>	14,65	14,57	14,63	14,67	14,22
EE <sup>2</sup>	2,30	2,66	2,67	2,98	3,33
FDN <sup>2</sup>	38,48	39,14	40,15	40,78	41,22
FDA	18,37	19,20	20,14	20,14	20,44
CNF <sup>2</sup>	39,84	38,51	37,53	36,47	36,15
CT <sup>2</sup>	78,32	77,65	77,68	77,26	77,38
FDNi <sup>2</sup>	15,24	14,86	15,09	15,12	14,99

<sup>1</sup> % na MN, <sup>2</sup> % na MS

As vacas foram ordenhadas mecanicamente duas vezes ao dia, fazendo-se o registro da produção de leite através de dispositivo medidor de leite acoplado à ordenhadeira. Amostras de leite foram coletadas no 16º e 17º dia de cada período nas ordenhas das manhãs e das tardes, que posteriormente foram compostas proporcionalmente por dia, acondicionadas em frascos plásticos com conservante (Bronopol®) e analisadas para nitrogênio uréico pelo analisador ChemSpec 150, através de método enzimático e espectrofotométrico, no

Laboratório da Clínica do Leite do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba-SP.

As amostras de sangue foram coletas no 18º dia de cada período experimental, quatro horas após a alimentação matinal. As amostras foram centrifugadas em 3000 x g por 20 minutos, armazenadas em tubos tipo “eppendorf” a -10°C e posteriormente analisadas para uréia, através do Kit Analisa (Analisa Indústria e Comércio Ltda.), método colorimétrico. O valor obtido de uréia foi convertido para nitrogênio uréico considerando-se 46,6% de nitrogênio na uréia.

Amostras spot de urina foram obtidas no 18º dia de cada período experimental, aproximadamente quatro horas após a alimentação, durante micção espontânea. Alíquotas de 10 mL dessa amostra foram filtradas e diluídas imediatamente em 40 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 0,036 N, para posteriores análises de uréia e creatinina, conforme proposto por Oliveira et al. (2001). Posteriormente foram transferidas para tubos tipo “eppendorf” e analisadas para uréia, pelo mesmo método que as amostras de sangue, e para creatinina pelo método de ponto final, com utilização de picrato e acidificante de kits comerciais.

A excreção urinária diária de creatinina foi estimada a partir da proposição de 23,41 mg/kg, obtida pelo produto do volume excretado e da concentração de creatinina urinária da coleta total. Dessa forma, o volume urinário total diário foi estimado dividindo-se as excreções urinárias diárias de creatinina pelos valores observados de concentração de creatinina na urina (Oliveira et al., 2001).

O cálculo da eficiência de utilização de N foi realizado dividindo-se o N-total médio do leite pela ingestão média de N da dieta (Broderick, 2003).

Os dados de consumo e digestibilidade dos nutrientes e utilização do N foram submetidos à análise de variância, conforme o seguinte modelo estatístico, com as médias

comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade utilizando-se o programa SAEG (UFV, 2001):

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + A_j + P_k + e_{ijkl}, \text{ em que:}$$

$Y_{ijkl}$  = valor da observação na vaca  $j$ , no período  $k$ , submetida ao tratamento  $i$ ;

$\mu$  = média geral;

$T_i$  = efeito do tratamento  $i$ , sendo  $i = 1,2,3,4,5$ ;

$A_j$  = efeito do animal  $j$ , sendo  $j = 1,2,3,4,5$ ;

$P_k$  = efeito do período  $k$ , sendo  $k = 1,2,3,4,5$ ;

$e_{ijk}$  = erro aleatório, pressuposto erro NID  $(0, \sigma^2)$ .

### **Resultados e Discussão**

Na Tabela 4 constam os resultados dos consumos médios de MS, MO, PB, EE, FDN, CT, CNF e NDT, expressos em kg/dia, a variação do peso vivo (VPV) e os consumos de MS e FDN, expressos em g/kg de PV e em porcentagem do PV.

Não foram verificadas diferenças entre os níveis de farelo de algodão de alta energia no concentrado sobre os consumos de MS e MO. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Pina et al. (2006), que avaliaram dietas contendo 15,5% de PB na MS, com 60% de silagem de milho e inclusão de 55,47% de farelo de algodão no concentrado, fornecidas a vacas da raça holandesa com produção média de 25 kg de leite/dia.

Constatou-se que os valores para CMS obtidos no presente estudo foram numericamente inferiores aos relatados por Pina et al. (2006), que variaram de 18,57 a 19,56 kg/dia, correspondendo a valores de 3,22 a 3,40% do PV; por Leite et al. (2006), para uma dieta com 56% de silagem de milho, 15,62% de farelo de soja, 6,03% de farelo de algodão e 16% PB na MS (CMS de 21,62 kg/dia e produção de 25 kg/dia de leite); e aos valores relatados por Córdova et al. (2005) trabalhando com 30,15% de silagem de milho, 26,09% silagem pré-seca

de azevém, 13,84% de farelo de soja e 13,52% de PB na MS (CMS de 20,22 kg/dia e produção de 27,43 kg/dia de leite), além dos resultados relatados por Oliveira et al, (2001) e Silva et al. (2001).

Tabela 4 – Valores médios dos consumos diários de MS, MO, PB, EE, CT, FDN, CNF e NDT e dos consumos de MS e FDN por kg/PV

Item	Farelo de algodão de alta energia no concentrado (%)					CV <sup>1</sup> (%)
	0	8,7	17,4	26,1	34,8	
	Consumo (kg/dia)					
MS	14,83	13,78	14,14	14,55	13,69	4,75
MO	14,12	13,07	13,43	13,80	12,99	5,12
PB	2,22	2,08	2,12	2,19	2,03	7,44
EE <sup>2</sup>	0,38b	0,41b	0,41b	0,49a	0,52a	5,83
FDN	5,30	5,00	5,30	5,59	5,18	20,94
CT	11,55	10,61	10,90	11,15	10,48	17,98
CNF <sup>2</sup>	6,24a	5,61a	5,28b	5,56a	5,30b	17,59
NDT	9,06	9,15	8,75	9,18	9,11	17,31
	Consumo (g/kg PV)					
MS	26,41	24,65	25,31	26,09	24,38	23,87
FDN	9,47	8,96	9,50	10,05	9,26	28,16
	Consumo (% PV/dia)					
MS	2,64	2,47	2,53	2,61	2,44	7,55
FDN	0,95	0,90	0,95	1,01	0,93	8,91

<sup>1</sup>CV = Coeficiente de Variação;

<sup>2</sup> Médias seguidas da mesma letra na mesma linha não diferem (P>0,05) pelo teste de Tukey

Entretanto, os valores observados para CMS em todos os tratamentos nesse experimento (13,69 a 14,83 kg/dia) foram próximos ao valor descrito pelo NRC (2001), que preconiza consumo de MS de 14,1 kg/dia para vacas com média de 525 kg de PV, produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (LCG 3,5) de 15 kg de leite e percentual de proteína no leite de 3,2%. Isto seria devido à constatação de que as vacas tendem a consumir alimento para atender as necessidades de energia, sendo o consumo direcionado pela produção de leite

(NRC, 2001). Chizzotti et al. (2007) obtiveram resultado semelhante avaliando vacas holandesas de acordo com diferentes níveis de produção de leite, com os animais caracterizados como de média produção consumindo 15,61 kg de MS/dia para uma produção de leite de 18,54 kg/dia.

Também não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) da inclusão de níveis crescentes de farelo de algodão de alta energia sobre o consumo de PB e de CT, em função do consumo de MS ter sido semelhante entre os tratamentos e a composição das dietas não apresentarem variação com relação a estes nutrientes. Embora tenha havido aumento da quantidade de FDN na composição das dietas com a inclusão do farelo de algodão, isso não foi suficiente para promover alteração significativa no consumo de FDN entre os tratamentos.

O consumo de EE foi maior ( $P < 0,05$ ) nas dietas com 26,1 e 34,8% de farelo de algodão de alta energia no concentrado, que apresenta maior quantidade de EE em sua composição. Por outro lado, o consumo de CNF foi reduzido nas dietas com 17,4% e 34,8% de farelo de algodão (5,28 e 5,38 kg/dia, respectivamente), apresentando maior valor na dieta que continha apenas farelo de soja (6,24 kg/dia), o que também está relacionado ao teor de EE das dietas, que é parte no cálculo para estimar a quantidade de CNF. Além disso, a inclusão do farelo de algodão de alta energia causou redução na quantidade de milho nas dietas, que apresenta maior teor de CNF em sua composição.

De acordo com Mertens (1987) a ingestão de MS é maximizada quando a ingestão de FDN for de  $12 \pm 1,0$  g/kg de PV e, acima deste valor, a repleção ruminal limitaria o consumo, o que não se aplicaria às dietas avaliadas, pois o consumo de FDN observado variou de 8,96 a 10,05 g/kg de PV. Dessa forma, os consumos das dietas avaliadas seriam controlados por fatores fisiológicos, ou seja, pela demanda energética dos animais ou por modulação psicogênica (Mertens, 1987). Resultado semelhante (10,36 g FDN/kg PV) foi obtido por

Oliveira (2007) que trabalhou com animais do mesmo padrão racial e dieta semelhante (60% de silagem de milho e 40% de concentrado, com 13,13% de PB) ao do presente estudo.

A utilização de uréia:sulfato de amônio para balanceamento das dietas em 0,60%; 0,63%; 0,68%; 0,73% e 0,78% da MS, respectivamente para os níveis de inclusão de farelo de algodão de zero, 8,7%; 17,4%; 26,1% e 35,8%, não apresentou esse efeito, o que está de acordo com Santos et al. (1998) e Pina et al. (2006), que não observaram diferenças relacionadas ao nível de uréia nas dietas. Já Oliveira et al. (2001) e Silva et al. (2001) obtiveram influência negativa no consumo de MS atribuída à inclusão de uréia:sulfato de amônio nos tratamentos, representada por decréscimos lineares com o aumento do nível de uréia, de zero a 2,1% da MS total.

Os teores de CNF nas dietas, que variaram de 36,15 a 39,84% da MS, foram superiores ao valor citado por Valadares Filho et al. (2000) de 34% de CNF em dietas a base de silagem de alfafa, que favoreceria o rendimento máximo de gordura no leite, e semelhantes aos valores citados como relacionados ao máximo CMS (37%) e à máxima produção de LCG 3,5 (38%), o que aparentemente indica o controle do consumo por fatores fisiológicos. Por outro lado, Detmann et al. (2003) afirmaram que aparentemente existe uma fase de transição entre os controles físicos e fisiológicos sobre o consumo que se encontra entre os níveis dietéticos de FDN de 39 a 44% na MS para bovinos confinados alimentados com forrageiras tropicais, o que se aplicaria aos valores obtidos de FDN de 38,48% a 41,22% na MS das dietas avaliadas no presente estudo.

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios para os coeficientes de digestibilidade aparente total dos nutrientes nas dietas avaliadas.

Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de farelo de algodão de alta energia sobre as digestibilidades da MS, MO, PB, FDN, CNF e CT. As médias dos valores de digestibilidade da MS e MO foram semelhantes às obtidas por Pina et al. (2006) para as dietas

com farelo de algodão com 38% PB (61,81% e 63,36%) e 28% PB (59,85% e 61,04%), assim como os valores médios de NDT das dietas avaliadas neste estudo.

A digestibilidade do EE foi maior para as dietas com 8,7; 17,4 e 34,8% de farelo de algodão no concentrado, o que parece estar relacionado ao maior consumo de EE no caso dos dois tratamentos com maior quantidade de farelo de algodão de alta energia.

Tabela 5 – Valores médios para os coeficientes de digestibilidade aparente total (% CD) da MS, MO, PB, EE, CT, FDN e NDT para as dietas experimentais

Item	Coeficiente de digestibilidade (%)					Média	CV (%)
	Farelo de algodão de alta energia no concentrado (%)						
	0	8,7	17,4	26,1	34,8		
CDMS	58,50	65,39	61,95	60,85	64,17	62,17	52,98
CDMO	61,45	67,73	64,42	63,16	66,28	64,61	51,14
CDPB	64,38	63,39	61,62	61,64	64,67	63,14	85,02
CDEE <sup>2</sup>	80,09b	86,30a	80,27b	87,30a	88,10a	84,41	43,27
CDFDN	36,42	46,64	43,29	40,53	39,43	41,26	156,63
CDCT	60,81	67,27	64,66	61,90	64,99	63,92	49,51
CDCNF	81,34	85,63	83,87	82,38	85,26	83,70	31,88
	Valor energético das dietas (% MS)						
NDT	61,55	67,03	61,85	63,31	67,17	64,18	59,52

<sup>1</sup>CV = Coeficiente de Variação;

<sup>2</sup> Médias seguidas da mesma letra na mesma linha não diferem (P>0,05) pelo teste de Tukey

As médias diárias para eficiência da utilização do nitrogênio (N), o balanço do N e as concentrações de nitrogênio uréico no sangue (NUS) e no leite (NUL), com os respectivos coeficientes de variação, são apresentadas na Tabela 6.

Não foi verificado efeito (P>0,05) da substituição do farelo de soja por farelo de algodão nos níveis avaliados sobre a eficiência de utilização e o balanço de N, nem sobre o teor de NUL e NUS.

Tabela 6 – Valores médios do consumo diário de N, da eficiência de utilização do N, concentração de NUL e NUS e balanço de N em resposta às dietas experimentais

Item	Farelo de algodão de alta energia no concentrado (%)					CV (%)
	0	8,7	17,4	26,1	34,8	
Consumo N, g/d	354,96	332,50	339,40	350,34	324,42	94,08
	Saída de N, g/d					
Leite	86,21	76,04	81,65	82,76	76,18	93,21
Urina	94,50	98,10	95,69	102,21	91,54	149,52
Fezes	124,00	125,55	130,11	135,47	114,12	209,85
Balanço	50,25	32,81	31,95	29,91	42,58	---
	Eficiência de utilização N					
Eficiência N	0,242	0,227	0,241	0,237	0,233	5,28
NUL (mg/dL)	14,40	15,59	14,33	14,93	16,97	43,29
NUS (mg/dL)	18,17	17,89	18,73	18,73	21,53	48,82

CV = Coeficiente de Variação;

Os limites de conversão do nitrogênio alimentar em nitrogênio no leite não são claramente definidos. Na tentativa de estabelecer essa eficiência de conversão, foram avaliados por Chase (2003), citado por Pina (2005), 334 tratamentos, provenientes de 62 pesquisas, sendo determinado valor médio de 0,270, além da identificação de diversos fatores que afetam a eficiência de utilização de N. Entre eles, destacam-se o cruzamento, a ordem de lactação, o estágio de lactação, o conteúdo de proteína do leite, a fonte de carboidratos e a quantidade e qualidade da proteína dietética.

Os valores observados neste estudo foram inferiores aos relatados por Jonker et al. (1998), que observaram um valor médio de  $0,283 \pm 0,037$  ( $n = 70$ ) para eficiência de utilização do N ao analisar dados referentes a 40 vacas e 10 dietas para desenvolvimento de um modelo de predição da eficiência de utilização de N. Pina (2005) observaram que a eficiência de utilização de nitrogênio também foi menor para as dietas à base de farelo de algodão (0,217 para farelo de algodão 38% e 0,224 para farelo de algodão 28%), atribuindo

esse resultado ao menor valor biológico da proteína do farelo de algodão em relação à proteína do farelo de soja.

A concentração elevada de uréia no sangue, que representa o produto final do metabolismo do N, também é indicativa de ineficiência no aproveitamento da PB dietética. Além disso, como a concentração de uréia no sangue rapidamente se equilibra com a concentração no leite há uma alta correlação entre essas duas variáveis (Broderick e Clayton, 1997).

Neste estudo, devido ao fato de numericamente haver grande variação, resultando em um CV elevado (43,29%), não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) do percentual de farelo de algodão no concentrado sobre os teores de NUL e NUS. Pina (2005) também não encontraram diferença entre as dietas contendo farelo de algodão ou uréia em substituição ao farelo de soja nos valores de NUL, entretanto os valores médios observados foram inferiores aos encontrados neste trabalho (farelo de soja = 15,26, farelo de algodão 38% = 12,45, farelo de algodão 28% = 12,65 e farelo de soja e uréia = 15,13 mg/dL).

Ipharraguerre e Clark (2005), avaliando dietas com níveis crescentes de PB (14,8; 16,8 e 18,7% na MS) para vacas de alta produção (40 kg de leite/dia), observaram valores de NUL que variaram de 8,20 a 14,97 mg/dL, em resposta ao aumento na concentração da PB da dieta, corroborando com os resultados obtidos por Colmenero e Broderick (2006) e por Cordeiro et al. (2007), que aumentando o nível de PB na dieta (%MS) para vacas produzindo em média 12 kg de leite/dia, Cordeiro et al. (2007), observaram um aumento linear na concentração de NUL, que variou de 8,56 mg/dL (11,5 % PB na MS) a 13,33 mg/dL (16,0% PB na MS), o que demonstra a forte correlação ( $Y = -3,5071 + 1,0591X$ ;  $r^2 = 0,99$ ) entre o teor de proteína bruta da dieta e a concentração de NUL. Embora os resultados obtidos neste estudo estejam dentro do intervalo proposto por Jonker et al. (1998), de 10 a 16 mg/dL, estão acima da média encontrada por Jonker et al. (2002), que foi de 12,4 mg/dL, ao analisar

informações de 1.138 propriedades. Dessa forma, seria esperado que os valores nesse estudo fossem menores, tendo em vista o teor de PB das dietas.

### **Conclusões**

O farelo de algodão de alta energia apresenta potencial para substituir o farelo de soja, sendo seu uso determinado em função das nuances de mercado entre essas commodities.

### **Agradecimentos**

O experimento contou com o apoio financeiro da Bunge Alimentos, que cedeu os ingredientes utilizados na formulação das dietas.

### **Literatura Citada**

- BEQUETTE, B.J.; BACKWELL, F.R.C.; CROMPTON, L.A. Current concepts of amino acid and protein metabolism in the mammary gland of the lactating ruminant. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.2540-2559, 1998.
- 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.
- BRODERICK, G.A. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.1370-1381, 2003.
- BUNGE ALIMENTOS. **Farelo de algodão de alta energia**. Disponível em < <http://www.bungealimentos.com.br/nutricao/artigos.asp?id=3048> >, Acesso em: julho de 2007.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R.F.D.; CHIZZOTTI, F.H.M.; MARCONDES, M.I.; FONSECA, M.A. Consumo, digestibilidade e excreção de uréia e derivados de purinas em vacas de diferentes níveis de produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.138-146, 2007.
- COCHRAN, R.C.; ADAMS, D.C.; WALLACE, J.D. et al. Predicting digestibility diets with internal markers: Evaluation of four potential markers. **Journal of Animal Science**, v.63, p.1476-1483, 1986.

- COLMENERO, J.J.O.; BRODERICK, G.A. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.1704-1712, 2006.
- CORDEIRO, C.F.A.; PEREIRA, M.L.A.; MENDONÇA, S.S.; ALMEIDA, P.J.P.; AGUIAR, L.V.; FIGUEIREDO, M.P. Consumo e digestibilidade total dos nutrientes e produção e composição do leite de vacas alimentadas com teores crescentes de proteína bruta na dieta contendo cana-de-açúcar e concentrados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2118-2126, 2007 (supl.).
- CÓRDOVA, H.A.; THALLER NETO, A. GOMES, I.P.O.; SANTOS, I.R. Utilização do grão de cevada em substituição ao milho em dietas para vacas em lactação. **Archives of Veterinary Science**, v.10, n.3, p.9-16, 2005.
- DETMANN, E., QUEIROZ, A. C., CECOM, P. R., ZERVOUDAKIS, J. T., PAULINO, M. F., VALADARES FILHO, S. C., CABRAL, L. S., LANA, R. P. Consumo de Fibra em Detergente Neutro por Bovinos em Confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1763-1777, 2003 (Supl. 1).
- IPHARRAGUERRE, I.R.; CLARK, J.H. Varying protein and starch in the diet of dairy cows. II. Effects on performance and nitrogen utilization for milk production. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.2556-2570, 2005.
- 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, n.10, p.2681-2691, 1998.
- JONKER, J.S.; KOHN, R.A.; HIGH, J. Use of milk urea nitrogen to improve dairy cow diets. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.939-946, 2002.
- LEITE, L.A.; SILVA, B.O.; REIS, R.B.; FARIA, B.N.; GONÇALVES, L.C.; COELHO, S.G.; SATURNINO, H.M. Silagens de girassol e de milho em dietas de vacas leiteiras: consumo e digestibilidade aparente. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.6, 2006.
- MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v.64, n.5, p.1548-1558, 1987.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2001. 381p.
- OLIVEIRA, A. S.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S. C.; CECOM, P. R.; OLIVEIRA, A.S.; COSTA, M.A.L. Consumo e digestibilidade aparente, produção e composição do leite em vacas alimentadas com quatro níveis de compostos nitrogenados não-protéicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1358-1366, 2001.
- OLIVEIRA, I.S. **Avaliação de volumosos na dieta de vacas leiteiras na época seca: consumo, digestibilidade, produção de leite e simulação do CNCPS**. 2007. 76f. Dissertação (Mestre em Ciência Animal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

- PINA, D.S. **Fontes de proteína para vacas em lactação**. 2005. 72f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- PINA, D. S.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R.F.D.; CAMPOS, J. M. S.; DETMANN, E.; MARCONDES, M.I.; OLIVEIRA, A.S.; TEIXEIRA, R.M.A. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1543-1551, 2006.
- SANTOS, F.A.P.; SANTOS, J.E.P.; THEURER, C.B.; HUBER, J.T. Effects of rumen - undegradable protein on dairy cow performance: A 12-year literature review. **Journal of Dairy Science**, v.81, n.81, p.3182–3213, 1998.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- SILVA, R.M.N.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S. C.; CECON, P.R.; CAMPOS, J.M.S.; OLIVEIRA, G.A.; OLIVEIRA, A.S. Uréia para vacas em lactação. 1. Consumo, digestibilidade, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1639-1649, 2001.
- SNIFFEN, C. J.; O’CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. 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 - UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG**. Versão 9.0 Viçosa, MG, 2001.
- VALADARES FILHO, S.C.; BRODERICK, G.A.; VALADARES, R.F.D.; CLAYTON, M.K. Effect of replacing alfafa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.1, p.106-114, 2000.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

## Capítulo 2

### **Substituição do farelo de soja por farelo de algodão de alta energia em dietas para vacas leiteiras: produção, composição do leite e custo de produção**

**Resumo** – No presente estudo objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de níveis crescentes do farelo de algodão de alta energia (zero; 8,7; 17,4; 26,1 e 34,8% da MS) em substituição ao farelo de soja no concentrado para vacas no terço final de lactação, sobre a produção, composição do leite e avaliação da viabilidade econômica. Foram utilizadas cinco vacas mestiças Holandês-Gir, em um delineamento em quadrado latino (5x5), com cinco períodos de 18 dias, sendo oito dias para adaptação e 10 dias para determinação do consumo e coleta de amostras. No 16º e 17º dias de cada período experimental foi mensurada a produção de leite e coletadas amostras proporcionais de leite para análises laboratoriais. As dietas foram calculadas para serem isonitrogenadas (14% PB), com 60% de silagem de milho e 40% de concentrado, misturadas diretamente no cocho. A produção de leite, a produção de leite corrigida para 3,5% de gordura, o teor e a produção de gordura e proteína do leite não foram influenciadas pelos níveis de farelo de algodão na dieta, nem houve diferença significativa para eficiência alimentar ( $P>0,05$ ). O teor de proteína do leite esteve acima da média relatada na literatura. A inclusão de níveis crescentes do farelo de algodão de alta energia (zero; 8,7; 17,4; 26,1 e 34,8%) no concentrado para vacas com produção média diária de 14 kg de leite não influenciou a produtividade (14,73; 13,28; 14,49; 14,44 e 13,20 kg de leite, respectivamente) e proporcionou maior rentabilidade econômica.

**Palavras-chave:** alimentos alternativos, concentrado protéico, eficiência alimentar, viabilidade econômica.

**Replacing soybean meal by high energy cottonseed meal in diets for dairy cattle:  
milk yield, composition and economic viability**

The objectives of the present work were evaluate the effect of including increasing levels of high-energy cottonseed meal (zero, 8.7, 17.4, 26.1 and 34.8%) to replace soybean meal in concentrate for cows in third-end lactation, milk yield, composition and economic viability. Five Holstein-Zebu lactation dairy cows were used, in Latin square 5x5 design, with five periods of 18 days, with eight days for adaptation and 10 days for intake evaluation and sample collection. The diets were calculated to be isonitrogenous, with 60% of corn silage and 40% of concentrate, in total mixed rations. The milk yield, 3.5% fat corrected milk (FCM), milk fat content and yield, and milk protein content were not influenced by the different protein sources. There was no significant difference in feed efficiency. The inclusion of increasing levels of high-energy cottonseed meal (zero, 8.7, 17.4, 26.1 and 34.8%) in the concentrate of diets with corn silage (60% of DM) for cows with average production of 15 kg of milk per day does not affect productivity and provides greater economic viability.

**Keywords:** alternative feeds, feed efficiency, MUN, profitability, protein concentrate.

## Introdução

Produtores de leite e pesquisadores têm como um de seus principais objetivos aumentar a eficiência de conversão dos nutrientes dietéticos em leite, especialmente energia e proteína, além de melhorar as propriedades nutricionais e as características que afetam o processamento industrial do leite. A habilidade para atingir esses objetivos, utilizando metodologias que sejam aceitáveis para os consumidores, é capaz de proporcionar maiores margens de lucro do produto leite (Bequette et al., 1998).

A composição do leite é de grande importância para os diversos setores envolvidos na cadeia láctea. Para os consumidores, ela tem importância nutricional, e para os produtores e indústrias processadoras, ela tem importância econômica. A glândula mamária utiliza nutrientes derivados da digestão e do metabolismo da dieta na síntese do leite, que contém componentes derivados diretamente dos alimentos (glicose, aminoácidos, ácidos graxos voláteis, minerais, vitaminas e ácidos graxos de cadeia longa) e também componentes sintetizados por tecidos extramamários (ácidos graxos originados no tecido adiposo e algumas proteínas específicas do leite). Assim, é de suma importância salientar que cada fonte de componentes do leite é influenciada em algum grau pela nutrição da vaca, de forma direta ou indireta (González, 2001).

O componente do leite mais sensível a alterações na dieta é a gordura, que pode variar no intervalo de três unidades percentuais. A magnitude de resposta do conteúdo de proteína no leite é menor, variando em um intervalo de 0,5 unidades percentuais. Enquanto o conteúdo de lactose é o de menor variação, não havendo mudanças significativas em função da dieta (Jenkins e McGuire, 2006).

Nesse contexto, a utilização dos componentes do leite como elementos de avaliação nutricional, permite o melhor balanceamento das dietas e resulta em maior desempenho, controle da saúde animal e redução dos custos de produção, além de possibilitar a adequação

da composição do leite ao sistema de remuneração aplicado em determinada região (Santos e Fonseca, 2007).

Considerando que os custos com a alimentação são os que mais oneram a produção animal, torna-se imprescindível a busca por opções que permitam benefícios econômicos sem comprometer o desempenho animal. Dessa forma, o conteúdo protéico da dieta ganha maior destaque, devido ao sua grande exigência e elevado custo de fontes tradicionais como o farelo de soja.

O farelo de algodão é normalmente usado como substituto parcial ou integral ao farelo de soja, principalmente em regiões onde há presença da cultura do algodão, haja vista que o farelo de algodão passa a se tornar um produto de alta disponibilidade no mercado e com preço competitivo. A proteína do farelo de algodão apresenta perfil de aminoácidos com menores concentrações de lisina e metionina que o farelo de soja e, portanto, a substituição total do farelo de soja por farelo de algodão para vacas em início de lactação deve ser vista com ressalvas (Blackwelder et al., 1998).

Imaizumi (2005), avaliando a substituição parcial (50%) e total do farelo de soja por farelo de algodão observou que houve redução linear na produção de leite e teor de proteína no leite com a inclusão de farelo de algodão na dieta e aumento linear sobre o teor e produção de gordura no leite, levando-o a concluir que o farelo de algodão foi inferior ao farelo de soja para vacas leiteiras de alta produção.

Além de serem escassos os dados na literatura nacional comparando o farelo de soja ao farelo de algodão, os diferentes níveis de processamento industrial do algodão originam grande variedade de produtos. O farelo de algodão de alta energia é um exemplo, sendo obtido por extrusão do caroço de algodão semi-deslintado durante o processo de extração do óleo (Bunge Alimentos, 2007).

Diante disso, conduziu-se este trabalho para avaliar o efeito de níveis crescentes de farelo de algodão de alta energia em substituição ao farelo de soja na dieta de vacas leiteiras o terço final de lactação e não gestantes sobre a produção, composição do leite e viabilidade econômica da atividade.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido nas instalações do Setor de Bovinocultura Leiteira da Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), localizado no Município de Santo Antônio de Leverger – MT, no período de 10 de abril a 22 de julho de 2007. O clima da região é do tipo Cwa de Köepen, tropical, sazonal, com duas estações bem definidas, verão chuvoso (outubro a março) e inverno seco (abril a setembro). Durante o período experimental a temperatura média foi de 23°C, com extremos verificados de 36,3°C e 10,3°C, e umidade relativa média de 74,9%, segundo dados coletados pela Estação Meteorológica da Fazenda Experimental da UFMT.

As instalações foram constituídas de cochos individuais em local coberto, com piso de concreto e área de descanso coletiva com livre acesso aos bebedouros e sombra.

Foram utilizadas cinco vacas mestiças Holandês-Gir (grau de sangue: 5/8 H:G) com peso vivo médio inicial de 524,7 kg e com período médio de lactação de 304 dias ( $\pm 42$ ) e produção média de leite de 15 kg/dia, que correspondem aos valores obtidos durante a realização do experimento. O delineamento experimental utilizado foi o Quadrado Latino 5 x 5, em que a distribuição dos tratamentos para cada animal foi feita aleatoriamente, de forma a garantir que não houvesse repetição da combinação.

O experimento foi delineado para avaliar cinco níveis de inclusão de farelo de algodão de alta energia (zero; 8,7; 17,4; 26,1 e 34,8% da matéria seca do concentrado) em substituição ao farelo de soja nas dietas de vacas em lactação, com relação volumoso concentrado de

60:40, formuladas para serem isoprotéicas (14% de PB). Os ingredientes utilizados foram: silagem de milho, milho moído fino, farelo de soja, farelo de algodão de alta energia, uréia:sulfato de amônio e suplemento mineral (Tabela 1).

O arraçoamento foi realizado as 8 e 16 horas, logo após as ordenhas, misturado diretamente nos cochos individuais. As sobras de alimento foram pesadas e descartadas (exceto no período de coleta de amostras) após cada arraçoamento para fins de ajuste da quantidade a ser oferecida, no sentido de permitir no mínimo de 10% de sobras, com base na matéria natural.

Tabela 1 – Composição percentual dos ingredientes utilizados nos tratamentos experimentais

Ingrediente	Tratamentos (%MS)				
	0	8,7	17,4	26,1	34,8
Silagem de Milho (%)	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Farelo de Soja (%)	13,70	11,65	9,59	7,54	5,48
Farelo de Algodão <sup>1</sup> (%)	0,00	3,48	6,96	10,44	13,92
Milho Moído (%)	24,90	23,44	21,97	20,50	19,02
Uréia:SA <sup>2</sup> (%)	0,60	0,63	0,68	0,73	0,78
Mistura Mineral <sup>3</sup> (%)	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80

<sup>1</sup> Farelo de algodão de alta energia (Bunge Alimentos, 2007)

<sup>2</sup> Uréia:Sulfato de Amônio (9:1) <sup>3</sup> Mistura mineral comercial

Os animais foram submetidos a um período pré-experimental com duração de 30 dias, para adaptação ao manejo diferenciado, com a utilização de uma dieta intermediária aos tratamentos. O experimento teve a duração de 90 dias divididos em cinco períodos de 18 dias, sendo os oito primeiros dias para adaptação dos animais às dietas, conforme proposto por Valadares Filho et al. (2000) e Oliveira et al. (2001) e os dez dias restantes para coleta de dados. Os animais foram pesados no início e no final de cada período experimental em dois dias consecutivos, antes da ordenha da manhã, para ajuste na oferta de alimento à proporção de 2,8% de matéria seca (MS) em relação ao peso vivo (PV).

As amostras de concentrado foram coletadas no início de cada período de coleta de dados, assim com as amostras da silagem de milho e das sobras, que foram coletadas nos últimos quatro dias de cada período experimental. Imediatamente após a coleta as amostras foram devidamente acondicionadas em sacos plásticos identificados e armazenadas em freezer a  $-18^{\circ}\text{C}$ , para posteriores análises laboratoriais.

Para fins de análise químico-bromatológica, as amostras de concentrado, silagem de milho e das sobras foram compostas por animal e por período, sendo posteriormente submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada à  $55^{\circ}\text{C}$  durante 72 horas, moídas em moinho provido de peneira e analisadas para determinação de: matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), segundo Silva e Queiroz (2002) e a fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), de acordo com Van Soest et al. (1991), no Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UFMT.

Os teores de carboidratos totais dos alimentos (CT) foram calculados segundo Sniffen et al. (1992):

$$\text{CT} = 100 - (\% \text{ PB} + \% \text{ EE} + \% \text{ Cinzas}).$$

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados subtraindo da porcentagem total de carboidratos os teores de fibra em detergente neutro (FDN):

$$\text{CNF} = \text{CT} - \text{FDN}.$$

Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) nas dietas foram estimados segundo o NRC (2001):

$$\text{NDT} (\%) = \text{PBD} + \text{FDND} + \text{CNFD} + 2,25 \text{ EED} - 7, \text{ em que:}$$

PBD: proteína bruta digestível; FDND: fibra em detergente neutro digestível; CNFD: carboidratos não fibrosos digestíveis; EED: extrato etéreo digestível.

Os dados das análises químico-bromatológicas da silagem de milho e dos concentrados são apresentados na Tabela 2. A composição bromatológica das dietas experimentais consta na Tabela 3.

Tabela 2 – Teores médios de MS, MO, MM, PB, EE, FDN, FDA, CNF e CT nos concentrados e na silagem de milho

Item	Farelo de algodão de alta energia no concentrado (%)					Silagem de Milho
	0	8,7	17,4	26,1	34,8	
MS <sup>1</sup>	82,69	82,72	82,11	82,94	83,89	34,34
MO <sup>2</sup>	95,12	94,16	94,42	94,23	94,27	95,36
MM <sup>2</sup>	4,88	5,84	5,58	5,77	5,73	4,64
PB <sup>2</sup>	26,55	26,36	26,51	26,61	25,49	6,71
EE <sup>2</sup>	2,30	3,20	3,24	4,01	4,87	2,29
FDN <sup>2</sup>	14,48	16,12	18,66	20,23	21,33	54,48
FDA	3,97	6,03	8,39	8,40	9,14	27,97
CNF <sup>2</sup>	51,79	48,48	46,02	43,38	42,58	32,31
CT <sup>2</sup>	66,27	64,60	64,67	63,61	63,91	86,79

<sup>1</sup> % na MN, <sup>2</sup> % na MS

Tabela 3: Teores médios de MS, MO, MM, PB, EE, FDN, FDA, CNF, CT e FDNi nas dietas experimentais

Item	Farelo de algodão de alta energia no concentrado (%)				
	0	8,7	17,4	26,1	34,8
MS <sup>1</sup>	53,68	53,69	53,45	53,78	54,16
MO <sup>2</sup>	95,26	94,88	94,98	94,91	94,92
MM <sup>2</sup>	4,74	5,12	5,02	5,09	5,08
PB <sup>2</sup>	14,65	14,57	14,63	14,67	14,22
EE <sup>2</sup>	2,30	2,66	2,67	2,98	3,33
FDN <sup>2</sup>	38,48	39,14	40,15	40,78	41,22
FDA	18,37	19,20	20,14	20,14	20,44
CNF <sup>2</sup>	39,84	38,51	37,53	36,47	36,15
CT <sup>2</sup>	78,32	77,65	77,68	77,26	77,38

<sup>1</sup> % na MN, <sup>2</sup> % na MS

As vacas foram ordenhadas mecanicamente duas vezes ao dia, fazendo-se o registro da produção de leite através de dispositivo acoplado à ordenhadeira. Amostras de leite foram coletadas no 16º e 17º dia de cada período, nas ordenhas das manhãs e das tardes, que posteriormente foram compostas proporcionalmente por dia, acondicionadas em frascos plásticos com conservante (Bronopol®) e analisadas para gordura, proteína, lactose e sólidos totais, por leitura de absorção infravermelha realizada pelo equipamento Bentley 2000, no Laboratório da Clínica do Leite do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba-SP.

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

$$\text{LCG 3,5} = (0,432 + 0,1625 \times \% \text{ gordura do leite}) \times \text{produção de leite (kg/dia)}$$

Os dados de produção e composição do leite foram analisados, considerando um delineamento em quadrado latino (5x5), sendo submetidos às análises de variância e teste de média (Student Newman Kewls), utilizando-se o programa SAEG (UFV, 2001), com nível de 5% de significância.

As variáveis foram analisadas segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A_j + P_k + e_{ijk}, \text{ em que:}$$

$Y_{ijkl}$  = valor da observação na vaca j, no período k, submetida ao tratamento i;

$\mu$  = média geral;

$T_i$  = efeito do tratamento i, sendo i = 1,2,3,4,5;

$A_j$  = efeito do animal j, sendo j = 1,2,3,4,5;

$P_k$  = efeito do período k, sendo k = 1,2,3,4,5;

$e_{ijk}$  = erro aleatório, pressuposto erro NID (0,  $\sigma^2$ ).

A eficiência alimentar foi calculada para cada vaca, dividindo-se a produção média de LCG 3,5, pela ingestão média de MS em cada período experimental (Pina et al., 2006).

Para análise econômica da substituição do farelo de soja por farelo de algodão de alta energia considerou-se o consumo dos animais, a produção de leite e o preço dos alimentos e do leite. A receita com a produção de leite por animal foi representada pelo produto entre a produção de leite e o preço do leite, sendo considerado o preço bruto médio de leite pago no Brasil em 2007, de acordo com dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada da ESALQ/USP (Cepea, 2008). O custo com alimentação foi representado pelo produto dos preços dos alimentos utilizados, considerados como média da variação no ano de 2007 no Brasil, de acordo com dados do Cepea (2008), proporcionalmente à sua participação na matéria natural consumida.

A obtenção do custo por litro de leite produzido foi feita dividindo-se os gastos com alimentação por vaca, pela respectiva produção de leite. Dessa forma, o saldo com alimentação representa a diferença entre o valor da produção de leite e os gastos com alimentação.

### **Resultados e Discussão**

Os valores médios observados para o consumo de matéria seca (CMS), produção de leite (PL), produção de leite corrigido para 3,5% de gordura (LCG 3,5), eficiência alimentar, e variação do peso vivo (VPV) em função dos tratamentos avaliados são apresentados na Tabela 4.

Não foi observada diferença na PL e LCG 3,5 em virtude dos níveis de farelo de algodão ( $P > 0,05$ ), o que pode ser explicado pelo consumo de matéria seca, que não diferiu entre os tratamentos. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Pina et al. (2006), que avaliaram dietas contendo 15,5% de PB na MS, com 55,47% de farelo de algodão no concentrado, para vacas que produziram em média 23,4 kg de leite/dia, Blackwelder et al. (1998), que utilizaram farelo de algodão (16,2 e 9,4%) em dietas com 17% de PB e obtiveram produção média diária de 47,5 kg de leite/dia e Maesoomi et al. (2006), que incluíram 9,0 e

26,3% de farelo de algodão em dietas contendo 17,2% de PB (base na MS), resultando em produção média de 28,0 kg de leite/dia.

Tabela 4 – Valores médios para CMS, PL, LCG 3,5, eficiência alimentar e variação do peso vivo (VPV), em função dos tratamentos avaliados

Item	Farelo de algodão de alta energia no					Média	CV (%)
	concentrado (%)						
	0	8,7	17,4	26,1	34,8		
CMS (kg/dia)	14,83	13,78	14,14	14,55	13,69	14,20	4,75
PL (kg/dia)	14,73	13,28	14,49	14,44	13,20	14,03	37,34
LCG 3,5 (kg/dia)	15,30	13,90	15,03	15,04	14,14	14,68	38,91
Eficiência alimentar	1,032	1,015	1,074	1,034	1,040	1,039	10,16
VPV (g/dia)	1,076	0,234	0,511	0,427	0,226	0,495	76,08

CV = Coeficiente de Variação;

O que diferenciou marcadamente os resultados obtidos neste trabalho em relação aos citados anteriormente foi o menor CMS encontrado. Entretanto, Oliveira (2007), trabalhando com animais do mesmo rebanho e dieta com valor nutritivo equivalente aos do presente estudo, obteve resultados semelhantes (CMS = 12,48 kg MS/dia e PL = 12,98 kg de leite/dia), o que permite supor que a limitação ao consumo foi de ordem genética, uma vez que conforme o NRC (2001) o consumo é direcionado pela produção de leite dos animais.

A eficiência alimentar (LCG 3,5/CMS) também não foi diferente ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos, uma vez que não houve efeito sobre o consumo e produção de leite. Resultado semelhante foi obtido por Maesoomi et al. (2006), que obteve uma eficiência alimentar de 1,05 e por Imaizumi (2005), que testou o efeito da substituição parcial (50%) ou total do farelo de soja por farelo de algodão em dietas com teor de PB acima de 16%, com base na MS.

Os níveis de inclusão de farelo de algodão não influenciaram a variação de peso vivo (g/dia), embora os valores tenham sido superiores ao esperado.

A composição percentual do leite para gordura, proteína, lactose, sólidos totais, extrato seco desengordurado (ESD), bem como a produção média diária de cada componente e o teor de nitrogênio uréico no leite (NUL) é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores médios para composição do leite em gordura (G), proteína (PTN), lactose, sólidos totais (ST), extrato seco desengordurado (ESD), nitrogênio uréico no leite (NUL) e produção média diária de cada componente em função dos tratamentos avaliados

Item	Farelo de algodão de alta energia no concentrado (%)					Média	CV (%)
	0	8,7	17,4	26,1	34,8		
G (%)	3,67	3,73	3,72	3,74	3,87	3,74	9,82
G (g/dia)	543,74	513,90	526,26	543,31	529,30	531,30	
PTN (%)	3,72	3,70	3,62	3,66	3,69	3,68	4,40
PTN (g/dia)	552,09	509,22	511,41	532,30	504,48	521,90	
Lactose (%)	4,31	4,27	4,31	4,29	4,26	4,29	5,38
Lactose (g/dia)	638,67	587,79	609,99	623,65	582,58	608,53	
ST (%)	12,68	12,67	12,63	12,64	12,76	12,68	8,26
ST (g/dia)	1.879,44	1.744,90	1.786,27	1.839,13	1.747,01	1.799,35	
ESD (%)	9,01	8,94	8,91	8,91	8,90	8,93	5,51
ESD (g/dia)	1.335,70	1.231,00	1.260,01	1.295,82	1.217,72	1.268,05	

CV = Coeficiente de Variação;

Os percentuais de gordura, lactose, sólidos totais e ESD do leite (gordura, lactose, sólidos totais e ESD) não foram afetados ( $P>0,05$ ) pelos níveis de farelo de algodão no concentrado. Resultados semelhantes foram relatados por Blackwelder et al. (1998), Pina et al. (2006) e Maesoomi et al. (2006). Por outro lado, Imaizumi (2005) relatou que houve aumento linear no teor e na produção diária de gordura do leite, com a substituição do farelo de soja pelo farelo de algodão.

Também não foi observado efeito da inclusão de farelo de algodão no concentrado ( $P>0,05$ ) sobre o teor e a produção média diária de proteína do leite, o que está de acordo com o relatado por Blackwelder et al. (1998). Entretanto, Imaizumi (2005), relatou que a inclusão

de farelo de algodão apresentou efeito linear negativo no teor e produção diária de proteína no leite. Maessomi et al. (2006) e Pina et al. (2006) também observaram redução da porcentagem de proteína do leite para as dietas em que o farelo de algodão substituiu integralmente o farelo de canola e o farelo de soja (de 3,08% para 2,98% e de 3,19 para 2,98%, respectivamente). Os autores atribuíram o resultado ao menor valor biológico da proteína do farelo de algodão, que não seria capaz de fornecer os aminoácidos limitantes à produção de proteína do leite.

No presente estudo o teor de proteína no leite encontrado está acima da média relatada na literatura, que segundo Peres (2001) seria de  $3,2 \pm 0,2\%$  para vacas da raça Holandesa. De acordo com DePeters e Cant (1992), em revisão sobre os fatores que influenciam a porcentagem de proteína no leite de bovinos, efeitos nutricionais positivos não são consistentes, com apenas alguns trabalhos indicando aumento no conteúdo de proteína no leite em resposta ao aumento da proteína dietética.

Macleod et al. (1984), trabalhando com vacas da raça Holandesa primíparas, com produção média diária de 20 kg de leite e alimentadas com três níveis de energia de acordo com o nível de inclusão de silagem de milho (Baixa energia = 50% de silagem de milho na MS da dieta; Média energia = 36,6% e Alta energia = 23,2%) e três níveis de proteína (Baixo = 7% (12,8% PB); Médio = 7,4% (15,8% PB) e Alto = 14,3% (19% PB) de farelo de soja na MS), observaram interação significativa entre a energia e a proteína dietética, em que o aumento da PB dietética resultou em maior concentração de proteína no leite, que variou de 3,07 a 3,50%. Nesse estudo o aumento no percentual de proteína no leite foi maior nas dietas com baixa energia (3,07% a 3,48%) do que nas dietas com alta energia (3,33% a 3,50%). Segundo os autores, é possível que o elevado nível de proteína tenha um maior impacto no consumo de energia digestível em dietas com nível mais baixo de energia.

Por outro lado, segundo DePeters e Cant (1992), uma quantidade considerável de informações indica que o aumento do consumo de energia e a ocorrência de balanço

energético positivo (diferença entre consumo de energia e energia exigida) são correlacionados positivamente com o conteúdo de proteína no leite.

Na Tabela 6 são apresentados a receita obtida com a produção de leite, os custos dos constituintes da dieta, as despesas com alimentação por animal e a margem bruta da atividade, levando em consideração o período de 90 dias, correspondente a duração do experimento.

Os preços dos ingredientes utilizados para o cálculo dos custos das dietas foram: silagem de milho: R\$ 100,00/ton; farelo de soja: R\$ 550,00/ton; farelo de algodão de alta energia R\$ 240,00/ton; milho moído: R\$ 300,00/ton; uréia+sulfato de amônio: R\$ 1,86/kg e mistura mineral: R\$ 0,85/kg.

A inclusão de níveis crescentes de farelo de algodão de alta energia reduziu a participação do concentrado nos gastos com alimentação (de 35,49 para 29,18% na dieta com 34,8% de farelo de algodão de alta energia no concentrado), o que contribuiu para o aumento na margem bruta da atividade produtiva. Isso pode ser explicado pelo fato da eficiência alimentar ter sido semelhante entre os tratamentos, que possibilitou o mesmo nível de produção e consumo com a utilização de um ingrediente de menor custo.

Os resultados observados demonstram a importância da alimentação na formação dos custos de produção do leite, sendo correspondente até a 66,34% da receita obtida com a comercialização do produto.

Em virtude dos ingredientes utilizados nas dietas de vacas leiteiras sofrerem consideráveis oscilações no preço com o decorrer do ano e, além disso, existirem particularidades regionais quanto à produção e disponibilidade de alimentos a comparação dos valores observados com os relatados na literatura torna-se difícil e imprecisa.

Tabela 6 – Receitas, consumo, custos com alimentação e saldo obtidos considerando um período de 90 dias, de acordo com os níveis de inclusão de farelo de algodão no concentrado

Item	Farelo de algodão de alta energia no concentrado (%)				
	0	8,7	17,4	26,1	35,8
<b>Receita</b>					
Produção de leite (kg/dia)	14,73	13,78	14,49	14,44	13,69
Produção total (L/vaca)	1325,70	1240,20	1304,10	1299,60	1232,10
Valor da produção (R\$/vaca)	755,65	706,91	743,34	740,77	702,30
<b>Consumo</b>					
Concentrado (kg MS/dia)	5,93	5,51	5,66	5,82	5,47
Silagem de milho (kg MS/dia)	8,90	8,27	8,49	8,73	8,21
<b>Custos</b>					
Concentrado (R\$/kg MS)	0,50	0,48	0,47	0,44	0,42
Silagem de milho (R\$/kg MS)	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
<b>Despesas</b>					
Concentrado (R\$/dia)	2,98	2,65	2,63	2,56	2,28
Valor período (R\$/vaca)	268,21	238,84	236,83	230,67	204,94
Silagem de milho (R\$/dia)	2,59	2,41	2,47	2,54	2,39
Valor período (R\$/vaca)	233,12	216,63	222,40	228,72	215,21
<b>Despesa Total</b>	501,33	455,47	459,23	459,39	420,16
<b>Margem Bruta</b>					
Por animal (R\$/vaca/dia)	2,82	2,79	3,15	3,13	3,13
No período (R\$/vaca)	254,32	251,45	284,11	281,38	282,14
<b>Gastos com alimentação em relação ao valor da produção (%)</b>					
Concentrado	35,49	33,79	31,86	31,14	29,18
Silagem de milho	30,85	30,64	29,92	30,88	30,64
Alimentação	66,34	64,43	61,78	62,02	59,83

### Conclusão

A inclusão de farelo de algodão de alta energia em até 34,8 % no concentrado em substituição ao farelo de soja não alterou a produção, composição do leite e a variação de peso vivo. As rações formuladas para conterem aproximadamente 14,5% de PB na MS foram

capazes de atender às exigências nutricionais de vacas leiteiras com 525 kg de PV e potencial de produção de 15 kg de leite/dia. O farelo de algodão de alta energia apresentou potencial para aumentar a rentabilidade da produção de leite substituindo o farelo de soja em dietas de vacas de médio potencial produtivo.

### **Agradecimentos**

O experimento contou com o apoio financeiro da Bunge Alimentos, que cedeu os ingredientes utilizados na formulação das dietas.

### **Literatura Citada**

- BEQUETTE, B.J.; BACKWELL, F.R.C.; CRAMPTON, L.A. Current concepts of amino acid and protein metabolism in the mammary gland of the lactating ruminant. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.2540-2559, 1998.
- BLACKWELDER, J.T.; HOPKINS, B.A.; DIAZ, D.E.; WHITLOW, L.W.; BROWNIE, C. Milk production and plasma gossypol of cows fed cottonseed and oilseed meals with or without rumen-undegradable protein. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.2934-2941, 1998.
- BUNGE ALIMENTOS. **Farelo de algodão de alta energia**. Disponível em < <http://www.bungealimentos.com.br/nutricao/artigos.asp?id=3048> >, Acesso em: julho de 2007.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). **Indicadores de preços**. Disponível em < <http://www.cepea.esalq.usp.br/> >, Acesso em: fevereiro de 2008.
- DePETERS, E.J.; CANT, J.P. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: a review. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2043-2070, 1992.
- GONZÁLEZ, F.H.D. Composição bioquímica do leite e hormônios da lactação. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; DÜRR, J.W.; FONTANELI, R.S. **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**, 1ª ed., Porto Alegre: Editado por Félix H.D.González et al., 2001, p. 5-22.
- IMAIZUMI, H. **Suplementação protéica, uso de subprodutos agroindustriais e processamento de milho em dietas para vacas leiteiras em confinamento**. 2005. 196f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2005.
- JENKINS, T.C.; McGUIRE, M.A. Major advances in nutrition: impact on milk composition. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.1302-1310, 2006.

- MACLEOD, G.K.; GRIEVE, D.G.; McMILLAN, I.; SMITH, G.C. Effect of varying protein and energy densities in complete rations fed to cows in first lactation. **Journal of Dairy Science**, v.67, p.1421-1429, 1984.
- MAESOOMI, S.M.; GHORBANI, G.R.; ALIKHANI, M.; NIKKHAH, A. Short communication: canola meal as a substitute for cottonseed meal in diet of midlactation Holsteins. **Journal of Dairy Science**, v.89, p.1673-1677, 2006.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2001. 381p.
- OLIVEIRA, A. S.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S. C.; CECON, P. R.; OLIVEIRA, A.S.; COSTA, M.A.L. Consumo e digestibilidade aparente, produção e composição do leite em vacas alimentadas com quatro níveis de compostos nitrogenados não-protéicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1358-1366, 2001.
- OLIVEIRA, I.S. **Avaliação de volumosos na dieta de vacas leiteiras na época seca: consumo, digestibilidade, produção de leite e simulação do CNCPS**. 2007. 76f. Dissertação (Mestre em Ciência Animal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.
- PERES, J.R. O leite como ferramenta do monitoramento nutricional. In: GONZÁLEZ, F.H.D.; DÜRR, J.W.; FONTANELI, R.S. **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**, 1a ed., Porto Alegre: Editado por Félix H.D.González et al., 2001, p. 30-45.
- PINA, D. S.; VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R.F.D.; CAMPOS, J. M. S.; DETMANN, E.; MARCONDES, M.I.; OLIVEIRA, A.S.; TEIXEIRA, R.M.A. Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1543-1551, 2006.
- SANTOS, M.V.; FONSECA, L.F.L. **Estratégias para controle de mastite e melhoria da qualidade do leite**. 1.ed. Barueri: Manole, 2007, 314p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 235p.
- 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.
- 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 - UFV. **Sistema de análises estatísticas e genéticas – SAEG**. Versão 9.0 Viçosa, MG, 2001.

VALADARES FILHO, S.C.; BRODERICK, G.A.; VALADARES, R.F.D.; CLAYTON, M.K. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. **Journal of Dairy Science**, v.83, n.1, p.106-114, 2000.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

## **CONCLUSÕES GERAIS**

A inclusão de farelo de algodão de alta energia em substituição ao farelo de soja, não influenciou o consumo de matéria seca, a digestibilidade dos nutrientes, a eficiência de utilização de N, os teores de NUS e NUL, a produção e a composição do leite.

O farelo de algodão de alta energia é uma fonte protéica mais barata, conclui-se que a sua inclusão apresenta potencial para aumento na rentabilidade do sistema de produção de leite.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)