

**GESIANE MOURA NEVES REBOUÇAS**

**NÍVEIS DE CAROÇO DE ALGODÃO EM DIETAS CONTENDO SILAGEM DE  
CANA-DE-AÇÚCAR**

Tese apresentada ao Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Nutrição Animal

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Eloísa de Oliveira S. Saliba

Belo Horizonte – MG  
Escola de Veterinária – UFMG

2012

À minha família:

Marco Aurélio meu marido, amante, companheiro e amigo.

Meus pais, Fátima e Genildo, amores incondicionais de minha vida.

Minha irmã, alma que me complementa.

Dedico

## **Mensagem da autora...**

Toda vez que alguém canta o nordeste ou sertão as palavras mais comuns são seca, miséria, falta d'água... Até elegeram o hino do sertanejo a Asa Branca de Luiz Gonzaga. No entanto quando me lembro da minha terra penso na magia que acontece quando a chuva chega. Eu adoro a chuva, o barulho da chuva, o cheiro da terra molhada e a riqueza que ela traz para o sertanejo. Acho que Gonzagão também sentia algo parecido, aliás, que sertanejo não sente?

### **A Volta Da Asa Branca**

Já faz três noites  
Que pro norte relampeia  
A asa branca  
Ouvindo o ronco do trovão  
Já bateu asas  
E voltou pro meu sertão  
Ai, ai eu vou me embora  
Vou cuidar da prantação  
A seca fez eu desertar da minha terra  
Mas felizmente Deus agora se alembrou  
De mandar chuva  
Pr'esse sertão sofredor  
Sertão das muié séria  
Dos homes trabaiaador  
Rios correndo  
As cachoeira tão zoando  
Terra moiada  
Mato verde, que riqueza  
E a asa branca  
Tarde canta, que beleza  
Ai, ai, o povo alegre  
Mais alegre a natureza  
Sentindo a chuva  
Eu me arrescordo de Rosinha  
A linda flor  
Do meu sertão pernambucano  
E se a safra  
Não atrapaiá meus pranos  
Que que há, o seu vigário  
Vou casar no fim do ano.

## **Agradecimentos**

À DEUS, pela vida, pela luz que guia meu caminho, por jamais me deixar seguir só, sempre me cercado de seres iluminados e pessoas muito especiais.

À Marco Aurélio, meu grande companheiro nesta jornada. Sua compreensão e apoio foram fundamentais para que eu não me perdesse na realização desse projeto. Conquistamos juntos esse título que nos custou horas de separação, doses imensas de compreensão e consolo. Obrigada por você estar ao meu lado!

Aos meus pais, que estenderam até o doutorado um apoio moral, financeiro e incondicional imprescindíveis. Amo vocês e espero um dia retribuir-lhes de alguma forma tanto amor e dedicação.

À minha irmã. Nem sei descrever o bem que você me faz e agradecer o amor e apoio que me dá. Orgulho-me da profissional que você é, da sua fome de conhecimento e da sua responsabilidade e ética para com sua profissão.

À professora Eloísa Oliveira Simões Saliba. Obrigada por manter a porta da sua sala sempre aberta e sua cabeça sempre disposta a aceitar nossas opiniões. Nossa troca de conhecimentos e experiências teve sucesso por causa da sua generosidade. Obrigada por tudo!

Ao Doutor Jailton Carneiro, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, pela confiança em mim depositada. Obrigada pela compreensão, apoio e paciência. Minha gratidão é eterna.

Ao Doutor Fernando César Ferraz Lopes. Até conhecê-lo eu não sabia que poderia existir tamanha generosidade no meio científico. Sua vontade de ajudar e preocupação com o próximo me tocaram profundamente e mudaram para melhor algumas das minhas expectativas em relação à ciência.

À Universidade Federal de Minas Gerais e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia pela oportunidade.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da UFMG, em especial aos professores Norberto Mário Rodriguez, Iran Borges e Ana Luiza.

À Embrapa Gado de Leite por prover a realização de todo o meu trabalho experimental.

Aos funcionários do campo experimental de Coronel Pacheco da Embrapa Gado de Leite. A recepção calorosa, acolhimento e vontade de ajudar foram marcas registradas. Meirinha, Mengo e Moreira eu os considero grandes amigos.

À companheira de trabalho Dayana Alves, pela ajuda na condução do experimento.

À Mércia Regina de Figueiredo. Companheira para todas as horas. A condução do experimento na UFMG foi bem mais fácil por encontrar na sua pessoa um braço forte e disposto ao trabalho. Você me ensinou muito e espero cultivar essa nossa amizade por muito tempo. Obrigada amiga!

Ao Filipe Aguiar e Silva. Você foi uma peça fundamental na realização do nosso experimento na UFMG, sua disposição, companheirismo e alegria fizeram esta etapa mais leve.

Aos funcionários do Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal do Departamento de Zootecnia (LACA/LAMA), na Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. Especial agradecimento a Fernanda Samarini, Helena e Juliana "Lamin" pelo auxílio com a respirometria. Jú, muito obrigada por tudo!

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal da UFMG, pela amizade e auxílio nas análises. Obrigada Kelly, Toninho, Marcos e Margot!

Às amigas Kélvia e Lindomárcia pelas horas de consolo mútuo.

Aos alunos de iniciação científica pelo auxílio com as análises laboratoriais.

Ao Danilo, pela paciência e auxílio na realização das análises estatísticas.

À família que me acolheu em Belo Horizonte. Sônia, Heraldo, Ígor e Flávia, vocês moram em meu coração.

Aos animais que possibilitaram essa conquista. A convivência com vocês foi uma etapa maravilhosa deste trabalho e que me deixou saudades.

A CAPES pela concessão da bolsa!

Aos membros da banca pela valorização do meu trabalho, atenção e disponibilidade.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e que por minha falha não foram citados, meu muito obrigada!

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMO GERAL.....</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I – Referencial teórico.....</b>	<b>12</b>
Introdução geral.....	12
Silagem de cana-de-açúcar.....	14
Caroço de algodão.....	18
<b>CAPÍTULO II - Níveis crescentes de caroço de algodão em dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com ureia na alimentação de ovinos.....</b>	<b>26</b>
Resumo .....	26
Introdução.....	27
Material e Métodos.....	29
Resultados e Discussão.....	35
Conclusões.....	41
<b>CAPÍTULO III – Efeito da inclusão de níveis crescentes de caroço de algodão em dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com ureia na alimentação de ovinos sobre o metabolismo energético e produção de metano entérico.....</b>	<b>45</b>
Resumo .....	45
Introdução.....	46
Material e Métodos.....	48
Resultados e Discussão.....	52
Conclusões.....	59
<b>CAPÍTULO IV – Efeito da inclusão de níveis crescentes de caroço de algodão em dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com ureia na alimentação de vacas de leite sobre o consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite.....</b>	<b>62</b>

Resumo.....	62
Introdução.....	63
Material e Métodos.....	65
Resultados e Discussão.....	70
Conclusões.....	75
<b>CAPÍTULO IV – Considerações Finais.....</b>	<b>79</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>CAPÍTULO 2</b>		<i>Pág.</i>
Tabela 1 -	Composição bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais	30
Tabela 2 -	Composição percentual e bromatológica das dietas experimentais.	31
Tabela 3 -	Tabela 3. Valores médios do consumo de nutrientes, em gramas por dia (g/dia) e em gramas por unidade de tamanho metabólico (g/UTM), por ovinos alimentados com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia contendo níveis crescentes de caroço de algodão.....	35
Tabela 4 -	Tabela 4. Digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia contendo níveis crescentes de caroço de algodão.....	36
Tabela 5 -	Nitrogênio (N) ingerido, N fecal, N urinário, N absorvido e balanço de nitrogênio (Nretido) em gramas por dia, N retido por unidade de tamanho metabólico (N ret/UTM) e relação N retido/N ingerido (Nret/Ning) por ovinos alimentados com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia contendo níveis crescentes de caroço de algodão.....	38
Tabela 6 -	Parâmetros do comportamento ingestivo de ovinos alimentados com níveis crescentes de caroço de algodão.....	39
<b>CAPÍTULO 3</b>		
Tabela 7 -	Composição percentual e bromatológica das dietas experimentais.....	49
Tabela 8 -	Composição bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais	50
Tabela 9 -	Valores médios de consumo de energia bruta (CEB), energia digestível (CED), energia metabolizável (CEM) e energia líquida (CEL), em kcal por unidade de tamanho metabólico por dia (kcal/UTM) das dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão.....	52
Tabela 10 -	Valores médios de perda diária de energia nas fezes, na urina, no metano (CH <sup>4</sup> ) e como incremento calórico (IC) de ovinos e porcentagem da energia bruta ingerida de dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão.....	53
Tabela 11 -	Valores médios de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB), metabolizabilidade (q <sub>m</sub> ), eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção (k <sub>m</sub> ) e razão entre energia líquida e energia bruta de dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão.....	55
Tabela 12 -	Consumo diário de oxigênio (O <sub>2</sub> ), produção a de dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) e de metano (CH <sub>4</sub> ), produção diária de calor (PC) e coeficiente respiratório (CR) de ovinos alimentados com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com níveis crescentes de caroço de algodão.....	56
Tabela 13 -	Valores médios de produção de metano (CH <sub>4</sub> ) por ovinos alimentados com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com níveis crescentes	

de inclusão de.....	57
---------------------	----

#### **CAPÍTULO 4**

Tabela 14	Composição bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais	67
Tabela 15	Composição bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais	69
Tabela 16	Valores médios do consumo de nutrientes, em gramas por dia (kg/dia) e em gramas por unidade de tamanho metabólico por dia (g/UTM), para vacas em lactação alimentadas com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia contendo níveis crescentes de caroço de algodão.....	71
Tabela 17	Digestibilidades aparentes dos nutrientes de dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia contendo níveis crescentes de caroço de algodão.....	72
Tabela 18	Produção e composição do leite de vacas alimentadas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia contendo níveis crescentes de caroço de algodão.....	73

## RESUMO GERAL

Este trabalho teve o objetivo de avaliar as características nutricionais da silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia acrescidas de níveis de caroço de algodão (CA) (0%, 5%, 10%, e 15%) em dietas para ruminantes, observando o efeito sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, metabolismo energético, produção de metano, desempenho produtivo e comportamento ingestivo. No experimento 1 foram determinados os consumos e digestibilidades aparentes dos nutrientes e o comportamento ingestivo de ovinos. As digestibilidades da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), nutrientes digestíveis totais (NDT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e proteína bruta (PB) não foram influenciadas ( $P>0,05$ ). A inclusão de CA afetou ( $P<0,05$ ) a digestibilidade dos carboidratos não fibrosos (DCNF). A ingestão de nitrogênio (N ingerido), sua absorção (N absorvido) e sua retenção (N retido) não foram influenciadas ( $P>0,05$ ). A relação Nret/Ning, foi influenciada ( $P<0,05$ ) pela inclusão de CA na dieta. Apenas o tempo despendido com ócio (TOC) não foi influenciado ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos. As eficiências de alimentação (EAL) e ruminação (ERU) não foram afetadas ( $P>0,05$ ). No experimento 2 o objetivo foi avaliar a inclusão de CA em dietas à base de silagem de cana-de-açúcar em ovinos sobre o metabolismo energético e a produção de metano. O consumo de energia bruta (CEB), energia digestível (CED), energia metabolizável (CEM) e energia líquida (CEL) foram influenciados ( $P<0,05$ ). As perdas de urina, fezes, metano e incremento calórico não sofreram influência dos níveis crescentes de CA ( $P>0,05$ ), no entanto, a perda de energia bruta nas fezes e sua relação com a energia bruta consumida foi afetada ( $P<0,05$ ). A digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) foi influenciada ( $P<0,05$ ), bem como, os valores de energia metabolizável para manutenção (Km) e a relação entre energia líquida e energia bruta consumidas (EL/%EB). As trocas gasosas diárias (consumo de O<sub>2</sub>, produção CO<sub>2</sub> e de CH<sub>4</sub>), em litros por unidade de tamanho metabólico (L/UTM), a produção de calor (PC) e o coeficiente respiratório (CR) não sofreram influência das dietas ( $P>0,05$ ). No experimento 3 foram avaliados os níveis de inclusão de CA e seus efeitos sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite. Os consumos de fibra em detergente ácido (CFDA), carboidratos não fibrosos (CCNF) e extrato etéreo (CEE) foram influenciados pela inclusão do CA. O estudo de regressão evidenciou efeito quadrático para o CFDA, e para os CCNF e CEE, efeitos lineares descendente e ascendente, respectivamente. As digestibilidades da matéria seca (DMS) e matéria orgânica (DMO) não foram influenciadas ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos experimentais. A digestibilidade da proteína bruta (DPB) sofreu influência ( $P<0,05$ ) da inclusão de CA nas dietas. Não houve efeito ( $P>0,05$ ) da inclusão do caroço de algodão sobre as digestibilidades das frações fibrosas. A inclusão de CA em níveis crescentes não alterou ( $P>0,05$ ) a maioria dos componentes do leite, inclusive a produção de leite (kg/dia), exceção feita aos extratos secos total (EST) e desengordurado (ESD) ( $P<0,05$ ), ambos apresentando efeito quadrático sob a análise de regressão. A produção de leite média foi de 14,31 kg/dia.

**Palavras chave:** alimento alternativo, calorimetria indireta, comportamento ingestivo, produção de metano.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the nutritional characteristics of silage cane sugar with inclusion of urea and 1% levels of cottonseed (CS) (0%, 5%, 10% and 15%) in diets for ruminants, observing the effect on the intake and digestibility of nutrients, energy metabolism, methane production, performance and ingestive behavior. In experiment 1 were determined intake and digestibility of nutrients and ingestive behavior of sheep. The digestibility of dry matter (DM), organic matter (OM), ether extract (EE), total digestible nutrients (TDN), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) and crude protein (CP) does not were affected ( $P > 0.05$ ). The inclusion of CA affected ( $P < 0.05$ ) digestibility of non-fiber carbohydrates (DNFC). The intake of nitrogen (N ingested), its uptake (N uptake) and retention (N retention) were not affected ( $P > 0.05$ ). The relationship  $N_{ret} / N_{ing}$ , was influenced ( $P < 0.05$ ) by the dietary inclusion of CA. Among the activities of feeding, only the time devoted to leisure (TL) was not affected ( $P > 0.05$ ) by treatments. The efficiencies feed (EF) and rumination (ER) were not affected ( $P > 0.05$ ). In experiment 2, the objective was to evaluate the inclusion of CA in diets based on silage cane sugar in sheep feeding on energy metabolism and the production of methane. The gross energy consumed (GEC), digestible energy (DEC), metabolizable energy (MEC) and net energy (NEC) were influenced ( $P < 0.05$ ). The loss of urine, feces, methane and increase caloric not influenced by increasing levels of CA ( $P > .05$ ), however, the loss of gross energy in faeces and its relation to gross energy consumed was affected ( $P < 0.05$ ). The apparent digestibility of gross energy (DEG) was influenced ( $P < 0.05$ ), as well as the metabolizable energy for maintenance (Km) and the ratio of net energy and gross energy consumed (NE / GE%). The daily gas exchange (O<sub>2</sub> consumption, CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> production), in liters per unit of metabolic size (L / UMS), heat production (HP) and respiratory quotient (RC) were not influenced by diet ( $P > 0.05$ ). In experiment 3 were evaluated inclusion levels of CA and its effects on consumption and nutrient digestibility, milk production and composition. The intake of acid detergent fiber (IADF), non-fiber carbohydrates (INFC) and ether extract (IEE) were influenced by the inclusion of CA. The study showed quadratic regression for the IADF, and the IEE and INFC, linear effects downstream and upstream, respectively. The digestibility of dry matter (DDM) and organic matter (DOM) were not affected ( $P > 0.05$ ) by experimental treatments. The digestibility of crude protein (DCP) was influenced ( $P < 0.05$ ) for inclusion in the diets of CS. There was no effect ( $P > 0.05$ ) the inclusion of cottonseed on digestibility of fibrous fractions. The inclusion of increasing levels of CS did not affect ( $P > 0.05$ ) most of the components of milk, including milk yield (kg / day), except for the dried extracts total (DET) and defatted (DED) ( $< P 0.05$ ), both showing a quadratic effect in the regression analysis. The average milk production was 14.31 kg / day.

**Key words:** alternative food, indirect calorimetry, ingestive behavior, methane production.

## Capítulo I - Referencial teórico

### INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é atualmente o maior produtor mundial da cana-de-açúcar, que é cultivada no país desde o período colonial. Da cana industrializada obtém-se o açúcar nas suas mais variadas formas e tipos, o álcool (anidro e hidratado), o vinhoto e o bagaço. Devido à grandeza dos números do setor sucroalcooleiro brasileiro, não se pode considerar a cana-de-açúcar mais uma *commodity*, mas sim o produto que gera o principal tipo de biomassa energética do país. Além disso, é um importante recurso forrageiro, sendo utilizado de maneira consolidada como volumoso suplementar para ruminantes.

Entretanto, essa tradicional forma de fornecimento exige diariamente mão de obra para as atividades de corte, despalhamento, picagem e transporte, podendo gerar limitações operacionais e econômicas dos rebanhos. No caso do fornecimento desta gramínea durante todo o ano, a redução do teor de sacarose durante o verão pode levar a perdas no seu valor nutritivo (Matsuoka e Hoffmann, 1993), dificultando sua utilização. Assim, o uso da cana-de-açúcar na forma de silagem pode ser uma opção para contornar os problemas levantados.

Contudo, o alto percentual de carboidratos solúveis presentes na cana-de-açúcar e a intensa colonização de leveduras epífitas, favorece a fermentação alcoólica, gerando elevadas perdas de matéria seca e alteração na composição bromatológica da planta ((Pedroso et al., 2005; Siqueira et al., 2007; Mendes et al., 2008). Com o intuito de melhorar a qualidade da silagem, controlar a produção de etanol e aumentar a estabilidade aeróbica, recomenda-se a utilização de aditivos químicos e/ou microbianos que inibam a produção de microrganismos indesejáveis, como leveduras e *Clostridium*, que promovam o desenvolvimento de microrganismos benéficos (Pedroso, 2003). A ureia é a fonte de nitrogênio não-proteico mais comumente usado na maioria dos países e seu uso disseminado se deve ao baixo custo, associado ao incremento de proteína bruta na forragem (Muck e Kung Jr., 1997). Sabendo da importância da relação nitrogênio:energia para o crescimento e desenvolvimento dos microrganismos ruminais, Russel et al. (1992) salientaram que a digestão ruminal de um alimento rico em sacarose está estritamente relacionada à disponibilidade de nitrogênio no rúmen.

Além disso, a constante melhoria do potencial genético do rebanho brasileiro, seja para a exploração de carne ou de leite, tem exigido dos nutricionistas a formulação de dietas que promovam maior aporte de nutrientes sem comprometer as funções ruminais e a economia da fazenda. O caroço de algodão destaca-se como alternativa na elaboração de dietas para ruminantes, principalmente por ter reflexos positivos nos índices de produtividade e qualidade dos produtos de origem animal. Esse subproduto reúne características desejáveis para sua incorporação na alimentação de ruminantes. Apresenta alto teor de proteína e de energia (20% de proteína bruta; 23% de extrato etéreo; 82,85% de nutrientes digestíveis totais (Valadares Filho et al., 2002), possui fibra efetiva de grande digestibilidade (Harvatine et al., 2002) e não requer qualquer processamento.

Cabe então ao pesquisador encontrar formas de avaliar todas essas alternativas de produtos e subprodutos disponíveis no mercado para que o retorno dessas informações possa gerar uma gama de conhecimentos necessária ao desenvolvimento e incremento dos índices produtivos de nosso rebanho e, conseqüentemente, da pecuária do país.

A avaliação da composição nutricional dos alimentos é imprescindível quando queremos identificar fatores inerentes aos alimentos que possam desqualificar ou credenciar sua utilização. Porém, quando se trabalha com ruminantes a composição bromatológica das dietas não é suficiente para tal. Logo, o estudo da digestibilidade desses nutrientes se faz necessário, pois agrega fatores ligados ao alimento e à sua dinâmica de digestão, oferecendo informações mais completas. Para que o estudo da digestibilidade possa ser pormenorizado, a dinâmica de absorção da energia e as perdas sofridas pelo alimento nas diversas formas (fezes, urina, gases e incremento calórico), ou seja, o estudo da metabolizabilidade dos alimentos. Do mesmo modo, os ganhos proporcionados por esses alimentos, bem como os fatores que interferem no consumo dos mesmos devem ser abordados. Assim, o estudo da produção de leite ou carne complementa a análise do nutricionista.

No entanto, a produção de alimentos de origem animal, especialmente no Brasil, além de buscar eficiência produtiva visando à sustentabilidade econômica do setor, deve estar preparada para atender às exigências do mercado mundial. Fatores ligados à segurança alimentar, bem como aspectos relacionados ao meio ambiente e sua conservação são critérios de escolha de produtos, especialmente na Europa. Um dos pontos mais abordados em relação à produção de ruminantes e o meio ambiente,

diz respeito às emissões de metano a partir dos processos entéricos. As estimativas preliminares de emissões de gases de efeito estufa (GEE) feitas para o Brasil mostram que a pecuária ruminante constitui a principal fonte de metano (CH<sub>4</sub>) entre as atividades agropecuárias (Lima et al., 2006).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a silagem de cana-de-açúcar com diferentes níveis de inclusão de caroço de algodão em dietas para ruminantes.

### **Silagem de cana-de-açúcar**

Atualmente, o Brasil ocupa o primeiro lugar no ranque de produtores mundiais de cana-de-açúcar, com área plantada estimada em cerca de 5343 milhões de hectares e produção estimada de 691,7 milhões de toneladas (IBGE, 2009).

Estima-se que 10% da área plantada com cana-de-açúcar se destinem à alimentação animal (Landell et al., 2002). Algumas características dessa cultura explicam a preferência pela sua utilização na alimentação de ruminantes como: elevada produção de matéria seca (MS) e de nutrientes digestíveis totais (NDT), baixo custo por unidade de MS e coincidência da colheita com o período de escassez de alimento. O máximo valor nutritivo da forrageira (expresso pela maior concentração de sacarose) é obtido no período seco do ano.

Como o alto valor nutritivo dessa forrageira se mantém por período relativamente longo, é comum sua utilização em sistema de corte diário, para suplementação *in natura*, no período da seca. Entretanto, a forma tradicional de fornecimento, picada e fornecida *in natura* no cocho, exige mão de obra diária para as atividades de corte, despalhamento, picagem e transporte, estabelecendo possíveis limitações na suplementação dos rebanhos. A escassez de mão de obra no meio rural; seja pelo êxodo gerado pela modernização e adoção de tecnologias no campo ou pela busca de salários maiores e vasta oferta de empregos de setores como a construção civil nas áreas urbanas (Lima et al., 2009); tem obrigado o produtor a buscar alternativas à essa realidade. Outro reflexo dessa escassez se deu no custo dessa mão de obra, que sofreu aumento considerável, refletindo nos sistemas de produção.

Outro ponto importante diz respeito à evolução técnica dessa cultura, impulsionada, principalmente, pela indústria sucroalcooleira. Diversos autores têm estudado a viabilidade econômica da utilização da cana-de-açúcar na alimentação animal e suas análises têm sido favoráveis, quando comparadas com a utilização de

silagens de milho, sorgo ou capim (Nussio et al., 2003; Resende et al., 2005). Além do valor energético desse alimento, outro fator interfere no bom desempenho da cana de açúcar neste contexto: a produtividade que em função da variedade, pode variar de 31 até 45 t MS/ha (Andrade et al., 2003).

Além disso, ao fornecer esta gramínea durante todo o ano, pode ocorrer significativa redução do teor de sacarose durante o verão, acarretando perdas no valor nutritivo (Matsuoka e Hoffmann, 1993), o que pode limitar sua utilização. Assim, a ensilagem pode apresentar vantagens específicas. Outro aspecto a ser considerado é que apesar do seu alto potencial como recurso forrageiro, a cana-de-açúcar apresenta deficiências nutricionais. O baixo teor de nitrogênio na planta pode ser sério limitante à digestibilidade da cana *in natura*, entrave que pode ser solucionado com a utilização de aditivos no momento da ensilagem.

A prática de ensilagem da cana-de-açúcar é alternativa para concentrar as atividades nos canaviais, permitindo o corte de toda a gleba simultaneamente, o que proporciona uniformização do crescimento na rebrota, facilitando as atividades de tratamentos culturais, reduzindo a necessidade diária de mão de obra, e permitindo que grandes áreas sejam colhidas em um curto espaço de tempo. Dessa forma, se privilegia a época em que a forrageira apresenta seu melhor valor nutritivo, o que viabiliza o aproveitamento da cana-de-açúcar como volumoso para grandes rebanhos. Outro aspecto a ser considerado com a ensilagem é que se evita a manutenção da biomassa no campo, reduzindo os riscos de acamamento e outras adversidades (Schmidt et al.; Nussio, 2004).

Contudo, a obtenção de silagem de qualidade requer procedimentos criteriosos durante sua confecção, além de exigir da forrageira a ser ensilada algumas características básicas. A maioria das forrageiras apresenta problemas para alcançar processo fermentativo adequado devido ao baixo conteúdo de carboidratos solúveis. Com a cana-de-açúcar a situação é inversa, visto que há abundância desses carboidratos, o que estimula não só a ocorrência de fermentação ácido-lática no material ensilado, como também a alcoólica (Preston et al., 1976). A elevada produção de etanol se deve à fermentação realizada pelas leveduras epífitas. Esta fermentação, além de promover uma significativa perda de energia, ao converter a sacarose em álcool, a volatilização deste composto acarreta elevadas perdas de MS, do valor nutritivo da forragem, com consequente diminuição do consumo pelos animais, principalmente, na fase de adaptação, após o fornecimento das silagens no cocho (Schmidt et al., 2004). O etanol produzido também pode ter efeito negativo sobre o

sabor do leite (Randby et al., 1999).

Pedroso et al. (2005), avaliaram a microflora da silagem de cana e observaram a presença ( $2,0 \log_{10}$  ufc/g de forragem) de leveduras aos 180 dias de ensilagem mesmo com o pH de 3,4; e registraram a maior atividade desses microrganismos nos primeiros dias do processo ( $5,0 \log_{10}$  ufc/g de forragem) em pH 4,1. Mesmo em pH ácido, a sobrevivência das leveduras é possível, desde que haja açúcares em quantidade suficiente para fermentação e obtenção de energia para o microrganismo a partir deste processo. A atividade das leveduras ocorre simultaneamente à queda da concentração de carboidratos solúveis da silagem, observação feita pelos mesmos autores.

As leveduras são microrganismos anaeróbicos facultativos e suas atividades, tanto aeróbicas quanto anaeróbicas são consideradas indesejáveis nas silagens. Em condições anaeróbicas, elas convertem açúcares simples como sacarose, glicose e frutose em etanol,  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$  (McDonald et al., 1991). Sob condições aeróbicas, as leveduras degradam ácido láctico, causando aumento no pH e permitindo o crescimento de outros microrganismos deterioradores, como fungos (Filya, 2003). Dessa maneira, quando a concentração de ácido acético na silagem de cana-de-açúcar for baixa, pode-se concluir que as bactérias heterofermentativas não foram responsáveis pela produção de álcool no material e sim, as leveduras (Alli et al., 1982). Contudo, a presença de ácidos orgânicos, como os ácidos acético e propiônico, apresenta toxicidade a esses microrganismos (Filya, 2003). Isso ocorre devido à redução da eficiência energética da célula microbiana. Os ácidos orgânicos de cadeia curta entram nas células por difusão passiva e então se dissociam, gerando íons  $\text{H}^+$ . Para ocorrer a saída destes íons é necessário que haja gasto de energia. McDonald et al. (1991) explicaram que na ausência de açúcares para a geração de energia a partir da fermentação, íons  $\text{H}^+$  se acumulam no interior da levedura, causando morte celular.

Com o intuito de melhorar a qualidade da silagem, controlar a produção de etanol e aumentar a estabilidade aeróbica recomenda-se a utilização de aditivos químicos e/ou microbianos que inibam a produção de microrganismos indesejáveis, como leveduras e *Clostridium*, e que promovam o desenvolvimento de microrganismos benéficos (Pedroso, 2003). Nussio & Schmidt (2004) também foram taxativos ao afirmarem que na ensilagem da cana-de-açúcar, a obtenção de resultados técnicos e econômicos positivos depende, invariavelmente, da escolha do aditivo a ser usado.

A ureia é um dos aditivos mais usados na maioria dos países e seu uso

disseminado se deve ao baixo custo, associado ao incremento de proteína bruta na dieta (Muck e Kung Jr., 1997). Sabendo da importância da relação nitrogênio:energia para o crescimento e desenvolvimento dos microrganismos ruminais, Russel et al. (1992) salientaram que a digestão ruminal de um alimento rico em sacarose está estritamente relacionada à disponibilidade de nitrogênio no rúmen. A recuperação do N nas silagens aditivadas com ureia é geralmente alta (acima de 70%), o que deve ser computado como benefício adicional na escolha desse aditivo (Nussio & Schmidt, 2005).

A inclusão de ureia na ensilagem de cana-de-açúcar diminui a população de fungos e leveduras (Alli et al., 1983). A adição de ureia na ensilagem da cana baseia-se na sua transformação em amônia, elevando o pH e atuando sobre o metabolismo de microrganismos indesejáveis, principalmente leveduras (Kung Jr. et al., 2004). O alto teor de amônia associado ao pH elevado é tóxico às leveduras, aos fungos e a muitas bactérias das forragens, incluindo as bactérias ácido-láticas (Muck e Kung Jr., 1997).

A utilização de ureia como aditivo químico na ensilagem de cana-de-açúcar tem sido avaliada por vários pesquisadores (Andrade et al., 2001; Lima et al., 2002; Molina et al., 2002; Roth et al., 2005; Sousa et al., 2005; Ferreira et al., 2007; Gentil et al., 2007; Castro Neto et al., 2008; Lopes e Evangelista, 2010; Pedroso et al., 2011). De modo geral, são recomendadas doses entre 0,5 e 1,0% da matéria verde (MV), por serem mais efetivas em reduzir, pela ação anti-fúngica, as perdas fermentativas, embora sem efeito sobre o controle de produção de álcool e efluentes. Doses superiores de ureia exercem efeito tampão, o que é crítico ao processo de fermentação, além de aumentarem o custo da produção da silagem.

Alguns trabalhos (Lima et al., 2002; Molina et al., 2002), constataram que silagens de cana-de-açúcar tratadas com 0,5 e 1,5% de ureia proporcionaram bom padrão fermentativo e melhor composição bromatológica, como teor de matéria seca mais elevado e teores mais baixos de FDA e FDN, em comparação à silagem de cana-de-açúcar sem aditivos. Utilizando 1% de ureia e comparando a silagem de cana aditivada com o grupo controle (sem ureia), Roth et al. (2005) observaram maior teor de matéria seca no momento da abertura do silo. Neste estudo, o pH da silagem aditivada com ureia foi mais alto. Souza et al. (2005) também observaram maior recuperação de matéria seca na silagem de cana com 1% de ureia em relação àquela sem aditivo.

Alguns efeitos benéficos da adição de ureia à silagem podem estar

relacionados também com a digestibilidade e o aproveitamento dos nutrientes da planta. Segundo Muck e Kung Jr. (1997), a adição de ureia à silagem também pode influenciar a atividade enzimática no silo, pois amônia cliva algumas ligações entre hemicelulose e outros componentes da parede celular da planta e ainda pode interromper a atividade enzimática, direta ou indiretamente, pelo aumento do pH, reduzindo a degradação proteica no silo.

### **Caroço de algodão**

De forma geral, a suplementação de gordura nas rações de ruminantes tem as seguintes vantagens: disponibilidade comercial de fontes de boa qualidade; aumento da ingestão de energia quando a ingestão de matéria seca é reduzida (aumento da eficiência do uso de energia); aumento da eficiência do uso de energia em decorrência de menor incremento calórico; aumento parcial da eficiência da produção de leite pela incorporação da gordura da dieta na gordura do leite; substituição de carboidratos rapidamente fermentáveis, visando à otimização de consumo de forragem e fermentação ruminal (participação de nutrientes para a secreção do leite); aumento da flexibilidade para o preparo da ração; modificação da composição da gordura do leite ou de tecidos para aceitação pelo consumidor e aumento da absorção de nutrientes solúveis (NRC, 2001; Palmquist e Mattos, 2006).

Os ruminantes possuem, por causa da simbiose com microrganismos ruminais, a capacidade de transformar subprodutos em carne e leite, a custos razoavelmente baixos. Neste contexto, os subprodutos da agroindústria vêm merecendo atenção especial por parte de pesquisadores e produtores. Uma vantagem na utilização de subprodutos, além do custo mais baixo, é sua disponibilidade em todos os períodos do ano, servindo como suplemento nas mais variadas condições de alimentação. Entre eles, destacam-se os derivados da cultura do algodão: a casca e o caroço de algodão (CA).

O caroço de algodão apresenta as seguintes porções: casca, línter (aproximadamente, 10% do peso do caroço de algodão integral) e plumas. Existem dois tipos comerciais do caroço de algodão: alto línter ou caroço de algodão branco, e baixo línter ou caroço de algodão preto (Rogério et al., 2003; Zhang et al., 2007). Na indústria têxtil, a maior parte da pluma é retirada, restando três partes a serem consideradas: a fibra, composta pelo línter (pura celulose com alta degradabilidade) e sobras da pluma; a casca e a amêndoa (Rogério et al., 2003). Segundo a FAO (1992), as fibras do caroço de algodão branco cobrem toda a superfície do caroço e são muito difíceis de remover, já o caroço com baixo línter caracteriza-se por apresentar menos

fibra (50 a 100 g/kg a menos) e maiores teores de extrato etéreo e proteína bruta, proporcionalmente.

O caroço de algodão destaca-se como alternativa na elaboração de dietas para ruminantes, principalmente por ter reflexos positivos nos índices de produtividade e qualidade dos produtos de origem animal. Esse subproduto reúne características desejáveis para incorporação na dieta de ruminantes. Apresenta alto teor de proteína e de energia (20% de proteína bruta; 23% de extrato etéreo; 82,85% de nutrientes digestíveis totais (Valadares Filho et al., 2006), possui fibra efetiva de grande digestibilidade (Harvatine et al., 2002) e não requer qualquer processamento.

Muitos trabalhos recomendam a adição de caroço de algodão às rações numa proporção de 25 a 30% da dieta total, sem provocar redução na ingestão de matéria seca, e ainda aumentando a energia líquida ingerida, a porcentagem de gordura e a produção de leite, e a digestibilidade do extrato etéreo da dieta. Além disso, os resultados desses trabalhos evidenciaram que não há alteração na digestibilidade da fibra, por ser o caroço de algodão um alimento que possui ao mesmo tempo altos teores de energia e fibra de alta digestibilidade (Palmquist e Jenkins, 1980; Smith et al., 1981; Coppock et al., 1987; Jerred et al., 1991; Wilks et al., 1991; Arieli, 1998; Souza et al., 2009). Por outro lado, Bassi et al. (2012), trabalhando com novilhos zebuínos fizeram ressalvas ao uso do CA, pois encontraram em seu estudo redução no consumo de matéria seca.

O fornecimento de lipídeos provenientes de sementes oleaginosas, como o CA, proporciona uma liberação lenta do óleo ao longo do dia, devido à ruminação (Ruy et al., 1996), o que facilita a bio-hidrogenação dos ácidos graxos insaturados, minimizando o seu efeito inibidor sobre a digestibilidade da fração fibrosa da dieta. De acordo com Keele et al. (1989), o óleo do caroço de algodão é 70% composto de gordura insaturada, sendo completamente hidrolisado a ácidos graxos no rúmen. Assim, as dietas contendo CA proporcionam maior concentração de ácidos graxos saturados e menor de insaturados na digesta duodenal, devido à extensiva biohidrogenação ruminal (Ezequiel et al., 2001).

Os óleos vegetais são mais inibitórios que a gordura animal (sebo) sobre a digestão da fibra no rúmen, por serem insaturados (Jenkins, 1993; Van Soest, 1994). Por essa razão, se os ácidos graxos livres (AGL) estiverem presentes em altas concentrações no caroço de algodão, poderão comprometer seriamente a digestão da fibra pelo ruminante, se este ingrediente constituir grande parte da ração (Sullivan et

al. 2005).

Considerando a fibra efetiva de boa qualidade e a alta concentração energética, o caroço de algodão pode substituir com vantagens parte da fração volumosa da dieta, no caso, a cana-de-açúcar (Pires et al., 1997). Estudos comprovam que há pouco efeito sobre o consumo quando até 18,5% de caroço de algodão foram adicionados nas dietas (Hawkins et al., 1985), variando de 15% (Arieli, 1998), até 25% (Coppock et al., 1985) as recomendações de adição nas dietas. Melo et al. (2005) avaliaram o efeito de cinco níveis de caroço de algodão em substituição parcial ao farelo de soja e silagem de sorgo, para vacas em lactação. Os valores médios para digestibilidade da dieta para a MS, MO, PB, EE e FDNcp foram 69,25; 69,33; 75,06; 74,98; 49,51%, respectivamente.

No entanto, um ponto a ser considerado ao se optar pelo fornecimento do CA a ruminantes, seria a presença do gossipol. O gossipol ( $C_{30}H_{30}O_8$ ) é um composto polifenólico de cor amarela, antioxidante e antipolimerizante, produzido em glândulas localizadas nas raízes, folhas, hastes e sementes da planta do algodão. É capaz de proteger a planta contra danos provocados por insetos, mas também é tóxico para os animais, embora em menor nível para os ruminantes (Randel et al., 1992; Coppock et al., 1987; Arieli, 1998; SANTOS, 1997; Blackwelder et al., 1998; Benbouza et al., 2002; Risco et al., 2002; Rogério et al., 2003). Este pigmento se combina, por meio de seus grupos carbonila, com proteínas e aminoácidos, sendo fator de toxicidade e de efeito acumulativo nos organismos animais. No entanto, a intoxicação em ruminantes não é comum, salvo condições em que os animais recebam quantidades muito altas de CA (FAO, 1992). Pensando nisso, não é aconselhável o fornecimento deste alimento isoladamente, sem controle rígido do consumo individual. Entretanto, Keele et al. (1989), num ensaio com bovinos alimentados com caroço de algodão, verificaram não haver proteção contra a biohidrogenação ruminal dos lipídios no rúmen, provavelmente pela exposição dos mesmos ao ataque microbiano, devido à remastigação das sementes.

## Referências bibliográficas

ALLI, I.; FAIRBAIRN, R.; BAKER, B.E. The effect of ammonia on fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v.9, p.291-299, 1983.

ALLI, I.; BAKER, B.E. Studies on the fermentation of chopped sugarcane. **Animal Feed Science and Technology**, v.7, p.411-417, 1982.

ANDRADE, J. B.; FERRARI JUNIOR, E.; POSSENTI, R.; OTSUK, I. P.; ZIMBACK, L.; LANDELL, M. G. A. Seleção de 39 variedades de cana-de-açúcar para a alimentação animal. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v. 40, n. 4, p. 225-238, 2003.

ARIELI, A. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.72, p.97-110, 1998.

BLACKWELDER, J.T.; HOPKINS, B.A.; DIAZ, D.E. et al. Milk production and plasma gossypol of cows fed cottonseed and oilseed meals with or without rumen-undergradable protein. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.2934-2941, 1998.

BENBOUZA, H. et al. Crop ecology, management e quality: development of a visual method to quantify the gossypol content in cottonseeds. **Crop Science Society of America**, Madison, v.42, p.1937-1942, 2002.

CASTRO NETO, A.G.; MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C. et al. Parâmetros de fermentação de silagens de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tratamentos. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**, v.60, p.1150-1156, 2008.

CHALUPA, W.B. et al. Rumen fermentation in vitro as influenced by long chain fatty acids. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.67, p.1439-1446, 1984.

COPPOCK, C.E.; LANHAM, J.K.; HORNER, J.L. A review of nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.18, n.2, p.89-129, 1987.

COPPOCK, C.E. et al. Effects of amount of whole cottonseed on intake, digestibility, and physiological responses of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68, p. 2248-2258, 1985.

COPPOCK, C.E.; LANHAM, J.K.; HORNER, J.L. A review of nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.18, n.2, p.89-129, 1987.

DE MELO, A.A.S.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. 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.

ENSMINGER, M.E., OLDFIELD, J.E., HEINEMANN, W.W. 1990. Feed analyses, feed evaluation. In: **Feed & nutrition**. 2.ed. Clovis: The Ensminger Publishing Company. p.553-574.

EZEQUIEL, J.M.B.; MATARAZZO, S.V.; SALMAN, A.K.D.; MARTINS JÚNIOR, A.P.; SOARES, W.V.B.; SEIXAS, J.R.C. Digestibilidade aparente da energia e da fibra de

dietas para ovinos contendo uréia, amiréia ou farelo de algodão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.231-235, 2001.

FAO. Food and Agricultural Organization United Nations. **Tropical feeds**. Oxford: Oxford Computer Journals, 1992. Disponível em: <[http://www.fao.org/publications](http://http://www.fao.org/publications)> Acesso em 10 de outubro de 2010.

FILYA, I. The Effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. **Journal of Dairy Science**, v.85, n. 11, p.3575-3581, 2003.

GENTIL, R.S.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; MENDES, C.Q.; MOURÃO, G.B. Digestibilidade aparente de dietas contendo silagem de cana-de-açúcar tratada com aditivo químico ou microbiano para cordeiros. **Acta Scientiarum Animal Science**, v.29, n.1, p.63-67, 2007.

HARVATINE, D.I. et al. Whole Linted Cottonseed as a Forage Substitute: Fiber Effectiveness and Digestion Kinetics. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.85, p.1988-1999, 2002.

HAWKINS, G. E., CUMMINS, K.A., SILVERIO, M., JILEK, J.J. Physiological effects of whole cottonseed in the diet of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 68. n.10, p.2608-2612, 1985.

IBGE: 2009. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Web Page: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias>.

JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, p.3851-3863, 1993.

JERRED, M. J.; CARROLL, D. J.; COMBS, D. K. et al. Effects of fat supplementation and immature alfalfa to concentrate ratio on lactation performance of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 73, n. 10, p. 2842-2854, 1990.

JUNQUEIRA, M.C.; CAMARGO, M.S.; TOLEDO FILHO, S.G.; FIGUEIRÓ, R.N. Avaliação das perdas por efluentes e gases em silagens de cana-de-açúcar aditivadas com inoculantes químicos e bacterianos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Goiânia, GO, 2005, **Anais...** CD-Rom.

KEELE, J.W.; ROFFLER, R.E.; BEYERS, K.Z. Ruminal metabolism in non-lactating cows fed whole cottonseed or extruded soybeans. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.67, p.1612-1622, 1989.

KUNG Jr., L.; MYERS, C.L.; NEYLON, J.M.; TAYLOR, C.C.; LAZARTIC, J.; MILLS, J.A.; WHITER, A.G. The effects of buffered propionic acid-based additives alone or combined with microbial inoculation on the fermentation of high moisture corn and whole-crop barley. **Journal of Dairy Science**, v.87, p.1310-1316, 2004.

LANDELL, M.G.A.; CAMPANA, M.P.; RODRIGUES, A.A.; CRUZ, G.M.; BATISTA, L.A.R.; FIGUEIREDO, P.; SILVA, M.A.; BIDOIA, M.A.P.; ROSSETTO, R.; MARTINS, A.L.M.; GALLO, P.B.; KANTHACK, R.A.D.; CAVICHIOLI, J.C.; VASCONCELOS, A.C.M.; XAVIER, M.A. **A variedade IAC86- 2480 como nova opção de cana-de-açúcar para fins forrageiros: manejo de produção de uso na alimentação animal**. Boletim Técnico IAC; n. 193. Campinas: Instituto Agrônomo, 2002.

LIMA, M.A.; PESSOA, M.C.P.Y.; LIGO, M.A.V. Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. **Relatórios de referência: Emissões de metano da pecuária**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006. 77p.

LIMA, J.F.; EBERHARDT, P.H.C.; GENTILINI, D.C.;HECK, A.L. Mudanças estruturais da ocupação da mão de obra na economia regional do sudoeste paranaense no início do século XXI. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v.1, n.2, p.137-150, 2009.

McDONALD, P.; HENDERSON, A .R.; HERON, S. J. E. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcomb Publications, 1991. 340 p.

MATSUOKA, S.; HOFFMANN, H. P. Variedades de cana-de-açúcar para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 5., 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 17-35.

MENDES, C.Q.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; PIRES, A.V.; RODRIQUES, G.H.; URANO, F.S. Efeito do *Lactobacillus buchneri* na fermentação, estabilidade aeróbia e no valor nutritivo de silagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2191-2198, 2008.

MUCK, R.E. & KUNG JR., L. Effects of silage additives on ensiling. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. **Proceedings of the Silage: Field to Feedbunk North American Conference**, Hershey, Pennsylvania. NRAES-99. p.187-199, 1997.

MOLINA, L.R.; FERREIRA, D.A.; GONÇALVES, L.C.; CASTRO NETO, A.G.; RODRIGUES, N.M. Padrão de fermentação da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) submetida a diferentes tratamentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais ...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

NUSSIO, L.G.; ROMANELLI, T.L.; ZOPOLLATTO, M. Tomada de decisão na escolha de volumosos suplementares para bovinos de corte em confinamento. In: CBNA (Ed.). **V Simpósio Goiano sobre manejo e nutrição de bovinos de corte e leite**. Campinas: CBNA, 2003b. p.1-14.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de cana-de-açúcar. In: JOBIM, C.C.; CECATO, U.; CANTO, M.W. (Eds) II SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2., 2004, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO,2004. p.01-33

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Silagens de cana-de-açúcar para bovinos leiteiros: aspectos agrônômicos e nutricionais. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE LEITEIRA, 5., 2005, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 193-218.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. 7. ed. Washinton, D.C.: **National Academic Press**, 2001. 381 p.

PALMQUIST, D.L.; JENKINS, T.C. Fat in lactation ration: a review. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.63, n.1, p.1-14, 1980.

PALMQUIST, D.L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T.T. et al. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. Cap.10, p.287-310.

PEDROSO, A. F. **Aditivos químicos e microbianos no controle de perdas e na qualidade de silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.)**. Piracicaba, 2003. 120p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R.M.; PACKER, I.H.; HORII, J.; GOMES, L.H. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola** (Piracicaba, Braz.), v.62, n.5, p.427-432, Sept./Oct. 2005.

PRESTON, T.R. Nutritive value of sugar cane for ruminants. **Tropical Animal Production**, v.2, n.2, p. 125-142, 1977.

RANDBY, A.T.; SELMER-OLSEN, I.; BAEVRE, L. Effect of ethanol in feed on milk flavor and chemical composition. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.420-428, 1999.

RANDEL, R.D.; CHASE Jr., C.C.; WYSE, S.J. Effects of gossypol and cottonseed products on reproduction of mammals. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, p.1628-1638, 1992.

RESENDE, F.D.; SIGNORETTI, R.D.; COAN, R.M. et al. Terminação de bovinos de corte com ênfase na utilização de alimentos conservados. In: REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A. (Eds). **Volumosos na produção de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2005. p.83-104.

RISCO, C.A. et al. Effects of gossypol from cottonseed on hematological responses and plasma concentration of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.85, p.3395-3402, 2002.

ROGÉRIO, M.C.P. et al. Uso do caroço de algodão na alimentação de ruminantes. **Arquivo de Ciência Veterinária e Zoologia**, UNIPAR, Umuarama, v.6, n.1, p.85-90, jan./jun. 2003.

ROTH, M.T.P.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; BERNARDES, T.F.; PIRES, A.J.V.; ROTH, A.P.T.P.; AMARAL, R.C. Ensilagem da cana-de-açúcar ("*saccharum officinarum*" l.) tratada com doses de uréia. Revista Brasileira de Zootecnia, Goiânia, GO, 2005, **Anais...** CD-Rom.

RUSSEL, J.B. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, p.3551-3561, 1992.

RUY, D.C. et al. Degradação da proteína e fibra do caroço de algodão integral (*Gossypium hirsutum* L.) no rúmen. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.33, p.276-280, 1996. (Supl.)

SHMIDT, P.; NUSSIO, C.M.B.; RODRIGUES, A.A. (et al). Produtividade, composição morfológica, digestibilidade e perdas no processo de ensilagem de duas variedades de açúcar, com e sem adição de ureia. In: Reunião da SBZ., 41 Campo Grande, 2004. **Anais...** Campo Grande: SBZ, CD ROM, 2004. Forr 408.

SMITH, N.E.; COLLAR, L.S.; BATH, D.L.; DUNKEY, W.L.; FRANKE, A.A. Digestibility and effects of whole cottonseed fed to lactating cows. **Journal of Dairy Science**,

Savoy, v. 64, p. 2209-2215, 1981.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOKEN-ITURRINO, R.P.; BERNARDES, T.F.; PIRES, A.J.V.; ROTH, M.T.P.; ROTH, P.T.P. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.789-798, 2007

SULLIVAN, H.M.; BERNARD, J.K.; AMOS, H.E. Ruminant fermentation and amino acid flow in Holstein steers fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.88, p.690-697, 2005.

VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JUNIOR, V.R.; CAPPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa: UFV, DZO, DPI, 2002. 297p.

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

WILKS, D.L., COPPOCK, C.E., BROOKS, K.N., GATES, C.E., 1991. Effect of differences in starch content of diets with whole cottonseed or rice bran on milk casein. **Journal of Dairy Science**, 74, 1314–1320.

ZHANG, W.J.; XU, G.R.; PAN, X. L.; YAN, X.H.; WANG, Y.B. Advances in gossypol toxicity and processing effects of whole cottonseed in dairy cows feeding. **Livestock Science**.v11,p-1-9, 2007.

ZINN, R.A.; PLASCENCIA, A. Interaction of whole cottonseed and supplemental fat on digestive function in cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, p.11-17, 1993.

## **CAPÍTULO II – Níveis crescentes de caroço de algodão em dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com ureia na alimentação de ovinos**

### **RESUMO**

Com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão de níveis crescentes de caroço de algodão, em dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia, no comportamento ingestivo, consumo e digestibilidade aparente em ovinos, foi realizado um ensaio de digestibilidade, onde foram utilizados 16 carneiros sem raça definida, machos, castrados, com peso médio de 45,1 kg. As dietas experimentais foram as seguintes: T1 - 0% de caroço de algodão (CA), silagem de cana-de-açúcar e suplemento concentrado; T2 - 5% de CA, silagem de cana-de-açúcar (SCA) + suplemento concentrado; T3 - 10% de CA, (SCA) + suplemento concentrado; T4 - 15% de CA, silagem de cana-de-açúcar (SCA) + suplemento concentrado. O período experimental teve duração de 21 dias, com 15 dias para adaptação à dieta. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. Os consumos de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), fibra em detergente ácido (CFDA), carboidratos não fibrosos (CCNF), proteína bruta (CPB) e nutrientes digestíveis totais (CNDT) não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pela inclusão de caroço de algodão nas dietas experimentais. O consumo de extrato etéreo (CEE) apresentou comportamento linear ascendente ( $P < 0,05$ ), refletindo o conteúdo mais alto desse nutriente na dieta dos animais alimentados com maiores níveis de CA. As digestibilidades da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), nutrientes digestíveis totais (NDT), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e proteína bruta (PB) não foram influenciadas pela inclusão de caroço de algodão nas dietas ( $P > 0,05$ ), com valores médios de 62,40 e 61,82%, respectivamente. A inclusão de caroço de algodão em níveis crescentes nas dietas experimentais afetou ( $P < 0,05$ ) a digestibilidade dos carboidratos não fibrosos (DCNF). A ingestão de nitrogênio (N ingerido), sua absorção (N absorvido) e sua retenção (N retido) não foram influenciadas ( $P > 0,05$ ) pelos tratamentos experimentais. A relação Nret/Ning, foi influenciada ( $P < 0,05$ ) pela inclusão de níveis de CA na dieta. Dos tempos reservados para as atividades de alimentação, ruminação e ócio, apenas o tempo despendido com ócio (TOC) não foi influenciado ( $P > 0,05$ ) pelos tratamentos. As eficiências de alimentação (EAL) e ruminação (ERU), que são as relações estabelecidas entre CMS e tempos de ruminação e alimentação, não foram afetadas ( $P > 0,05$ ).

## Introdução

A utilização da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes no Brasil é tradicionalmente feita *in natura* (cortada e picada). No entanto, esse tipo de manejo demanda mão de obra diária para os cortes, a despalha, o transporte e a picagem da cana, o que gera limitações logísticas em se tratando de grandes rebanhos. A ensilagem da cana concentra a mão de obra em apenas um período, libera a área plantada antes do início da estação chuvosa, possibilita crescimento uniforme do canavial e aproveitamento da planta em seu melhor valor nutricional, e ainda facilita a aplicação de tratamentos culturais e controle de pragas e doenças.

Apesar de possuir algumas características desejáveis ao processo fermentativo, como o conteúdo relativamente alto de matéria seca, a baixa capacidade de tamponamento e teores adequados de carboidratos solúveis, a ensilagem dessa gramínea não é tarefa fácil, posto que, a cana-de-açúcar apresenta alto teor de carboidratos não-fibrosos na forma de sacarose. Esse tipo de carboidrato favorece o desenvolvimento de leveduras epífitas, que convertem a sacarose em etanol, gerando considerável perda de energia, além de perdas de matéria seca e valor nutricional da silagem. Desse modo, torna-se necessária a utilização de aditivos que alterem a principal rota fermentativa e reduzam as perdas de valor nutritivo, seja por inibição da população de leveduras e/ou bloqueio da via fermentativa de produção de alcoóis (Nussio e Schimdt, 2005).

Há relatos de que as silagens de cana-de-açúcar aditivadas com 0,5 a 1,5% de ureia apresentam bom padrão de fermentação e melhor composição bromatológica, com teor mais elevado de matéria seca e menores concentrações de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, em comparação às silagens contendo apenas cana (Lima et al., 2002; Molina et al., 2002). Contudo, essas melhorias não interferem decisivamente na realidade na utilização da silagem de cana. O baixo teor proteico, a fibra de baixa degradação ruminal, o desbalanço de minerais e o baixo aporte pós-ruminal de aminoácidos e glicose são pontos negativos da própria cana-de-açúcar, que também caracterizam a silagem desta planta.

Faz-se necessário, portanto, a inclusão, nas dietas com silagem de cana, de concentrados e/ou outros alimentos que modifiquem a relação volumoso:concentrado, permitindo maior aporte de nutrientes digestíveis, aumentando o consumo e, conseqüentemente, a produção. Historicamente, o milho e o farelo de soja são

utilizados com esse objetivo, mas a interferência na fermentação ruminal, quando utilizados em altas concentrações, constitui empecilho. Em contrapartida, a inclusão de sementes de oleaginosas, como o caroço de algodão, aumenta a densidade energética da dieta, mantendo nível de fibra adequado. O caroço de algodão é um subproduto da indústria têxtil, que por apresentar alta concentração de óleo, proteína e fibra, é muito utilizado na alimentação de ruminantes.

Foi objetivo desse estudo, avaliar o efeito da inclusão de níveis crescentes de caroço de algodão em dietas à base de silagem de cana-de-açúcar aditivada com 1% de ureia no comportamento ingestivo, consumo e digestibilidade dos nutrientes em ovinos.

## **Material e Métodos**

### ***Local, instalações experimentais e animais utilizados***

O experimento foi realizado no Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal do Departamento de Zootecnia (LACA/LAMA), na Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte, nos meses de janeiro e fevereiro de 2010. Foram utilizados 16 carneiros sem raça definida, machos, castrados, com peso médio de 45,1 kg. Inicialmente os animais foram casqueados e pesados. Após a pesagem foram identificados e vermifugados, sendo, então, alojados individualmente nas gaiolas. Para conseguir maior homogeneidade do peso dos animais e para evitar ganho compensatório no período experimental, os animais passaram por período de recuperação de 15 dias, onde foram alimentados com dieta à base de Feno de capim Tifton 85 e concentrado comercial, de modo que fosse atingida a uniformidade de condição corporal. Após esse período os mesmos foram pesados e distribuídos aleatoriamente nos tratamentos. Os animais permaneceram alojados individualmente em gaiolas metabólicas localizadas em sala com ventilação lateral e exaustores no teto, com pé direito adequado para manter a circulação do ar. Também foram realizadas, diariamente, higienização das gaiolas e da sala. Cada gaiola foi devidamente identificada e a distribuição dos animais pela sala foi casualizada. As gaiolas, confeccionadas em ferro, tinham piso ripado em madeira e telas laterais, dispoendo de comedouro e bebedouro de aço inoxidável e saleiro de PVC, e as dimensões de 1,50m x 0,80m.

### ***Alimentos e dietas experimentais***

A silagem de cana-de-açúcar foi produzida nas dependências do Campo Experimental de Coronel Pacheco da Embrapa Gado de Leite, em tambores metálicos com capacidade de 200 litros cada. Foi adicionada, no momento da ensilagem, ureia (1% com base na MN). O material foi picado, pesado, e após a adição de ureia, foi compactado sob pisoteio. Os tambores foram vedados com lona plástica e auxílio de trava metálica nas tampas, e conduzidos às dependências da Escola de Veterinária da UFMG, onde permaneceram à temperatura ambiente até a abertura, durante o experimento, que teve início 60 dias após a confecção da silagem.

O caroço de algodão utilizado em todo o período experimental apresentava caracterização comercial "alto línter" ou caroço de algodão branco, com maior conteúdo de fibra, segundo classificação proposta por Arieli (1998). Na preparação do

suplemento concentrado utilizado em todos os tratamentos foram usados: grãos de milho moído, farelo de algodão e mistura vitamínico-mineral. O calcário calcítico, fosfato bicálcico, sal comum e núcleo vitamínico-mineral também foram fornecidos *ad libitum*, em cochos apropriados, acoplados na lateral das gaiolas.

As dietas experimentais, que consistiam dos tratamentos, tiveram como volumoso-base a silagem de cana-de-açúcar confeccionada com 1% de ureia, e foram formuladas com o objetivo de atender às exigências de animais utilizados em experimento anterior realizado na Embrapa Gado de Leite, sendo essas exigências estabelecidas pelo NRC (2001). Os tratamentos utilizados foram os seguintes:

- T1 - Controle ou 0% de caroço de algodão (CA) na MS da dieta, silagem de cana-de-açúcar (SCA) + suplemento concentrado;
- T2 - 5% de CA na MS da dieta, silagem de cana-de-açúcar (SCA) + suplemento concentrado;
- T3 - 10% de CA na MS da dieta, silagem de cana-de-açúcar (SCA) + suplemento concentrado;
- T4 - 15% de CA na MS da dieta, silagem de cana-de-açúcar (SCA) + suplemento concentrado;

Tabela 1 – Composição bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais

Itens	Ingredientes			
	Silagem de cana-de-açúcar	Milho moído	Caroço de algodão	Farelo de algodão
Matéria seca	93,10	92,03	90,81	88,42
Proteína bruta	11,46	7,8	23,01	12,82
FDN <sup>1</sup>	50,23	16,84	44,98	46,75
FDA <sup>2</sup>	30,82	8,81	33,48	34,72
CNF <sup>3</sup>	33,89	69,85	11,16	35,4
Extrato etéreo	0,62	3,01	18,35	2,01

<sup>1</sup>Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; <sup>2</sup>Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; <sup>3</sup>Carboidratos não fibrosos.

A composição química dos ingredientes utilizados na formulação das dietas experimentais está apresentada na Tabela 1. A relação volumoso/concentrado das rações foi de 60:40 (base na MS). A composição percentual dos ingredientes nas dietas experimentais, bem como a composição bromatológica das mesmas encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição percentual e bromatológica das dietas experimentais

Ingredientes <sup>2</sup>	Dietas Experimentais <sup>1</sup>			
	0	5	10	15
Composição percentual				
Silagem de cana-de-açúcar	59,1	59,2	59,0	59,2
Milho moído	23,0	21,7	21,0	19,7
Farelo de algodão	16,4	12,6	8,5	4,6
Caroço de algodão	0	5	10	15
PVM – Polivitamínico-mineral	1,5	1,5	1,5	1,5
Composição bromatológica				
Matéria seca	93,09	90,64	90,54	94,09
Matéria orgânica	88,96	85,46	85,39	89,15
Proteína bruta	14,39	14,04	13,69	14,18
Fibra em detergente neutro	51,14	52,60	52,82	52,80
Fibra em detergente ácido	28,55	29,09	28,90	28,23
Hemicelulose	22,59	23,51	23,92	24,57
Carboidratos totais	78,63	78,29	78,41	76,94
Carboidratos não fibrosos	27,49	25,69	25,59	24,14
Extrato etéreo	1,85	2,51	2,75	3,94
Cinzas	5,13	5,16	5,15	4,94
Energia Bruta	4,40	4,44	4,49	4,53
NIDN <sup>3*</sup>	12,4	12,1	12,9	12,0
NIDA <sup>4*</sup>	5,8	7,2	7,3	7,7

<sup>1</sup>Níveis de adição de caroço de algodão nas dietas; <sup>2</sup>Ingredientes utilizados na formulação do concentrado comum a todas as dietas e demais componentes das dietas experimentais; <sup>3</sup>Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; <sup>4</sup>Nitrogênio insolúvel em detergente neutro\*Porcentagem no nitrogênio total.

### **Procedimento experimental e coleta de dados**

O experimento teve duração de 21 dias, com 15 dias para adaptação às dietas, manejo e instalações, cinco dias para coletas experimentais e um dia para as observações referentes ao comportamento ingestivo.

A alimentação dos animais foi feita diariamente, dividida em duas refeições, sendo 60% fornecida às 7h e 40% às 16h. As sobras foram colhidas diariamente, pela manhã, pesadas e a quantidade de dieta fornecida foi ajustada para proporcionar entre 10 e 15 % de sobras.

Foram realizadas amostragens das dietas fornecidas, das sobras individuais, das fezes e das urinas dos animais durante cinco dias consecutivos. Para a realização da coleta de fezes e urina foram utilizados recipientes plásticos colocados estrategicamente embaixo das gaiolas com fundo afunilado, cobertos com telas metálicas, de forma que funcionavam como separadores entre as fezes e a urina. Nos recipientes de coleta de urina foram colocados 10 mL de ácido clorídrico 1:1 para evitar perdas por volatilização. O volume total da urina foi então pesado, medido, identificado e 20% deste foi acondicionado em garrafas plásticas. Para coleta total de fezes, foi feito o recolhimento diário e pesagem das mesmas, sempre pela manhã, retiradas amostras de 10% do volume total mensurado, sendo estas identificadas e acondicionadas em sacos plásticos. Todas as amostras foram congeladas a -15°C. Para urina, sobras e fezes foram feitas amostras compostas por animal, ao final do período de coleta.

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte. As amostras de alimentos, sobras e fezes foram descongeladas em temperatura ambiente, pré-secadas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas e, posteriormente, moídas em moinho tipo Willey, com peneira de malha de 1mm e armazenadas em potes hermeticamente fechados.

### ***Observação do comportamento ingestivo***

Para o ensaio de comportamento ingestivo, os animais foram submetidos à observação por quatro pessoas treinadas, em sistema de revezamento, posicionadas de maneira a não incomodar os mesmos. O comportamento ingestivo foi realizado durante o período de 24 horas, com observações de 10 em 10 minutos das variáveis comportamentais: Ócio (O), Ruminação (R), Ingestão (I) e Mastigação (M). A média do número de mastigações merílicas por bolo ruminal e o tempo despendido de mastigação merílica por bolo ruminal, foram obtidos em três períodos de duas horas, distribuídos nos horários de 9 às 11, 15 às 17 e 19 às 21 horas, utilizando-se um cronômetro digital. A observação noturna dos animais foi realizada mediante iluminação artificial com lâmpadas incandescentes. O galpão foi mantido com iluminação artificial no período da noite, durante 1/3 do período experimental.

Para os parâmetros referentes ao comportamento ingestivo foram utilizadas as relações, propostas por Burguer et al. (2000):

$$\text{TMT} = \text{TAL} + \text{TRU};$$

$BOL = TRU/MMtb$ ;

$MMnd = BOL * MMnb$ ,

$ERUMS = CMS/TRU$

$EALMS = CMS/TAL$ ,

em que, TMT (h/dia) é o tempo de mastigação total; TAL (h/dia), o tempo gasto em alimentação; TRU (h/dia), o tempo de ruminação; BOL (nº/dia), o número de bolos ruminais; MMtb (seg/bolo), tempo de mastigações meréricas por bolo ruminal (POLLI et al., 1996) e MMnb (nº/bolo), o número de mastigações meréricas por bolo; EALMS (g MS consumida/h), a eficiência de alimentação; ERUMS (g MS ruminada/h), a eficiência de ruminação e CMS (g), o consumo diário de matéria seca.

### **Análises laboratoriais**

Os teores de matéria seca (MS) foram determinados em estufa a 105°C, conforme AOAC (1980), a concentração de proteína bruta (PB) foi determinada a partir do conteúdo de nitrogênio total pelo método de Kjeldahl (AOAC International, 1995), e os teores de extrato etéreo (EE) e cinzas determinados segundo Silva e Queiroz (2002).

As análises de fibra solúvel em detergente neutro (FDN) e fibra solúvel em detergente ácido (FDA) foram realizadas de acordo com o método sequencial de Van Soest *et al.* (1991), com adição de amilase termo-resistente no aparelho Fiber analyser ANKOM (modificações foram realizadas em relação aos sacos, utilizou-se sacos de tecido não-tecido (TNT – 100g/m<sup>2</sup>). As amostras de urina foram descongeladas e analisadas para determinação de nitrogênio total conforme metodologia utilizada para PB.

O teor de matéria orgânica (MO) foi calculado pela diferença entre o teor de MS e de cinzas. O teor de hemicelulose corresponde à diferença entre as concentrações de FDN e FDA. Para estimativa dos carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) foram usadas equações propostas por Sniffen *et al.* (1992):

(1)  $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%cinzas)$ ;

(2)  $CNF = 100 - (\%FDN + \%PB + \%EE + \%cinzas)$ ;

(3)  $NDT = PBD + (2,25 \times EED) + FDND + CNFD$

Em que,

- PBD = proteína bruta digestível;
- EED = extrato etéreo digestível;

- FDND = fibra solúvel em detergente neutro digestível;
- CNFD = carboidratos não fibrosos digestíveis.

O consumo de nutrientes das dietas foi determinado pela diferença entre a quantidade de dado nutriente no alimento oferecido aos animais e a quantidade do mesmo nas sobras no cocho.

Foram determinados os consumos de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente ácido (CFDA) e nutrientes digestíveis totais (CNDDT), em grama por dia (g/dia), % do peso vivo (%PV) e grama por unidade de tamanho metabólico (g/UTM).

Os coeficientes de digestibilidade aparente foram determinados a partir dos dados de consumo e produção fecal. As digestibilidades aparentes da MS, MO, PB, EE, FDN e FDA foram obtidas conforme Silva e Leão (1979), segundo a fórmula:

Digestibilidade aparente =  $((\text{consumido} - \text{excretado nas fezes}) \times 100) / \text{consumido}$

Foi determinado também o balanço de nitrogênio (BN), obtendo-se o nitrogênio absorvido em grama por dia (g/d) e o nitrogênio retido em grama por dia e em grama por unidade de tamanho metabólico (g/UTM), bem como a relação nitrogênio retido/nitrogênio ingerido. Para os cálculos de nitrogênio absorvido e nitrogênio retido, foram utilizados os valores de nitrogênio (N) consumido, nitrogênio fecal e nitrogênio urinário, por meio das equações:

(1)  $N \text{ absorvido} = N \text{ consumido} - N \text{ fecal}$

(2)  $N \text{ retido} = N \text{ consumido} - (N \text{ fecal} + N \text{ urinário})$

### ***Procedimentos estatísticos***

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições, fazendo-se a interpretação dos resultados por meio de análise de regressão, em função dos níveis de caroço de algodão na dieta. As análises foram realizadas com auxílio do programa Statistical Analysis System (SAS, 1999) a 5% de probabilidade.

## Resultados e discussão

Os consumos dos nutrientes, em gramas por dia (g/dia) e gramas por unidade de tamanho metabólico (g/UTM) estão apresentados na Tabela 3. Os consumos de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), fibra em detergente ácido (CFDA), carboidratos não fibrosos (CCNF), proteína bruta (CPB) e nutrientes digestíveis totais (CNDT) não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pela inclusão de caroço de algodão nas dietas experimentais.

Tabela 3. Valores médios do consumo de nutrientes, em gramas por dia (g/dia) e em gramas por unidade de tamanho metabólico (g/UTM), por ovinos alimentados com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia contendo níveis crescentes de caroço de algodão.

Variáveis	Inclusão de CA na MS da dieta (%)				Equações	$r^2$	CV (%)
	0	5	10	15			
Consumo de Matéria Seca							
kg/dia	1,01	1,23	1,14	1,24	$\hat{Y}=1,16$		24,12
g/UTM	65,24	71,83	71,76	68,25	$\hat{Y}=69,27$		27,61
Consumo de fibra insolúvel em detergente ácido							
g/dia	289,79	357,34	330,22	351,01	$\hat{Y}=332,09$		24,83
g/UTM	18,79	20,92	21,02	19,26	$\hat{Y}=20,00$		28,47
Consumo de fibra insolúvel em detergente neutro							
g/dia	518,14	646,36	603,71	658,61	$\hat{Y}=606,70$		24,82
g/UTM	33,61	37,83	38,42	36,15	$\hat{Y}=36,50$		28,13
Consumo de carboidratos não fibrosos							
g/dia	270,66	313,31	278,87	293,14	$\hat{Y}=305,95$		23,74
g/UTM	17,60	18,33	17,69	16,06	$\hat{Y}=17,42$		27,37
Consumo de extrato etéreo							
g/dia	18,95	30,97	31,74	50,81	$y=1,9269x + 18,6628^*$	0,89	25,56
g/UTM	1,23	1,81	2,02	2,80	$y=0,0982x + 1,22788^*$	0,96	24,56
Consumo de proteína bruta							
g/dia	144,82	172,96	155,79	178,28	$\hat{Y}=162,96$		24,03
g/UTM	9,40	10,13	9,91	9,79	$\hat{Y}=9,81$		27,59
Consumo de nutrientes digestíveis totais							
g/dia	682,40	742,99	687,10	840,54	$\hat{Y}=738,26$		22,85
g/UTM	43,00	42,21	42,56	45,25	$\hat{Y}=43,25$		26,94

\* = $P<0,05$

De acordo com o NRC (2007), o CMS mínimo necessário para manutenção de ovinos adultos é de 53,19 g/UTM por dia, valor este inferior à médias obtidas neste ensaio, que foi de 69,7 g/UTM por dia. Cunha et al (2008) trabalharam com níveis de inclusão de caroço de algodão de até 40% na matéria seca e observaram consumos acima de 100 g/UTM, no entanto, o trabalho foi realizado com animais em crescimento e com demanda energética superiores. Rogério et al. (2003), trabalhando com níveis de inclusão de caroço de algodão de 0, 12, 24, 35 e 45% na MS de dietas à base de feno de Tifton 85 e animais de peso médio de 40 kg também não encontraram efeitos inibitórios da inclusão do caroço de algodão sobre os consumos de matéria seca e matéria orgânica.

O consumo de extrato etéreo (CEE), segundo análise de regressão ( $P < 0,05$ ), apresentou comportamento linear ascendente, refletindo o conteúdo mais alto desse nutriente na dieta dos animais alimentados com maiores níveis de CA. Resultados semelhantes a este estudo foram relatados por Cunha et al. (2008) e Rogério et al (2004). Mahgoub et al. (2000) ao estudarem o efeito da utilização de fontes de gordura em dietas para ovinos, concluíram que o aumento na densidade energética foi comumente associado ao consumo mais alto em extrato etéreo.

Tabela 4. Digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia contendo níveis crescentes de caroço de algodão.

Parâmetros	Inclusão de CA na MS da dieta (%)				Equações	r <sup>2</sup>	CV
	0	5	10	15			
DAMS <sup>1</sup>	66,28	60,83	58,87	63,63	$\hat{Y}=62,40$	-	5,49
DAMO <sup>2</sup>	66,40	59,44	57,37	64,05	$\hat{Y}=61,82$	-	6,06
DAPB <sup>3</sup>	79,01	66,29	63,56	72,26	$\hat{Y} = 70,28$	-	7,82
DAEE <sup>4</sup>	94,65	81,72	85,91	88,28	$\hat{Y} = 87,64$	-	13,23
DAFDN <sup>5</sup>	67,14	60,38	58,04	62,60	$\hat{Y} = 62,04$	-	10,97
DAFDA <sup>6</sup>	67,58	59,78	57,43	62,88	$\hat{Y}=61,92$	-	9,62
DACNF <sup>7</sup>	58,03	54,03	51,84	56,12	$y=0,0828x^2-1,4001x+58,261^*$	0,99	6,93
NDT <sup>8</sup>	67,86	58,86	58,42	66,85	$\hat{Y} = 63,00$	-	10,04

\* = $P < 0,05$ ; <sup>1</sup>DAMS – digestibilidade aparente da matéria seca; <sup>2</sup>DAMO – digestibilidade aparente da matéria orgânica; <sup>3</sup> DAPB – digestibilidade aparente da proteína bruta; <sup>4</sup>DAEE – digestibilidade aparente do extrato etéreo; <sup>5</sup>DAFDN – digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro; <sup>6</sup>DAFDA – digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido; <sup>7</sup>DACNF – digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos; <sup>8</sup>NDT – nutrientes digestíveis totais.

As digestibilidades dos nutrientes das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 4. As digestibilidades da MS e MO não foram afetadas ( $P > 0,05$ ) pela

inclusão de caroço de algodão nas dietas, com valores médios de 62,40 e 61,82%, respectivamente. A bibliografia comprova que os resultados sobre o uso de fontes de lipídeos sobre a digestibilidade da matéria seca são controversos. Cunha et al (2008) não observaram influência da inclusão de CA em até 40% na MS da dieta sobre as digestibilidades da MS e da MO. Jorge et al. (2008) observaram que a utilização do caroço de algodão não afetou a digestibilidade da matéria seca. No entanto, Piona et al. (2012), ao incluírem níveis de até 30% de CA na MS da dieta de ovinos, observaram redução significativa na DMS. Todavia, Oliveira et al. (2007) utilizaram lipídeos na forma de grãos e óleo de soja e notaram que o óleo de soja influenciou negativamente na digestibilidade da fibra. Portanto, além do nível de extrato etéreo, a fonte pode influenciar a digestibilidade e o desempenho animal.

As digestibilidades de EE, NDT, FDN e FDA não sofreram influência ( $P>0,05$ ) da adição de caroço de algodão nas dietas experimentais. Os óleos vegetais são mais inibitórios que a gordura animal (sebo) sobre a digestão da fibra no rúmen, por serem mais insaturados (Jenkins, 1993; Van Soest, 1994). Por essa razão, se os ácidos graxos livres (AGL) estiverem disponíveis em altas concentrações no caroço de algodão, poderão comprometer seriamente a digestão da fibra pelo ruminante, se este ingrediente constituir grande parte da ração (Sullivan et al. 2004). No entanto, a liberação dos ácidos graxos do caroço de algodão inteiro parece se realizar lentamente, à medida que ocorre a ruminação e, conseqüente a quebra das sementes para a liberação do óleo. Dessa maneira, os microrganismos ruminais realizam o processo de bio-hidrogenação de forma mais eficiente, minimizando os prejuízos à digestibilidade da fibra.

A digestibilidade da proteína bruta (DPB) não foi afetada ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos experimentais. Cunha et al. (2008) observaram aumento da DPB ao incluírem até 40% de PB em dietas que não eram isoproteicas, contudo Piona et al. (2012), ao utilizarem níveis de inclusão de até 28% de CA na MS das dietas, encontraram redução linear da digestibilidade da PB.

A inclusão de caroço de algodão em níveis crescentes nas dietas experimentais afetou ( $P<0,05$ ) a digestibilidade dos carboidratos não fibrosos (DCNF). O estudo de regressão evidenciou tendência quadrática no comportamento desta variável. Cunha et al. (2008) observaram, no entanto, tendência linear decrescente. Os dois trabalhos, contudo, evidenciaram uma relação entre a DCNF e a composição da dieta.

O balanço de nitrogênio (BN) das dietas está apresentado na Tabela 5. Van Soest (1994) afirmou que para otimizar o ambiente ruminal é preciso que haja sinergismo entre a degradação da proteína, o nível de amônia e a fermentação de carboidratos. Sendo assim, o balanço de nitrogênio é útil, pois pode indicar possíveis desajustes, seja em quantidades de nutrientes ou velocidades de degradação dos mesmos. Outro aspecto importante, além daquele relacionado à correta nutrição dos animais e seu melhor desempenho, seria a preocupação com o meio ambiente e sua contaminação com dejetos ricos em nitrogênio.

Tabela 5. Nitrogênio (N) ingerido, N fecal, N urinário, N absorvido e balanço de nitrogênio (Nretido) em gramas por dia, N retido por unidade de tamanho metabólico (Nret/UTM) e relação N retido/N ingerido (Nret/Ning) em porcentagem, por ovinos alimentados com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia contendo níveis crescentes de caroço de algodão.

Parâmetros	Inclusão de CA na MS da dieta (%)				Equações	r <sup>2</sup>	CV
	0	5	10	15			
N ingerido	24,15	27,95	25,79	29,56	$\hat{Y} = 26,86$	-	24,03
N fecal	4,98	9,23	8,81	8,16	$y=0,049x^2+0,9174x+5,202^*$	0,91	28,95
N urinário	0,91	1,68	1,68	1,64	$y=-0,0081x^2+0,1653x+0,946^*$	0,94	33,78
N absorvido	19,17	18,72	16,98	21,40	$\hat{Y} = 19,07$	-	23,18
N retido	18,26	17,04	15,30	19,76	$\hat{Y} = 17,59$	-	23,31
Nret/UTM	1,18	1,00	0,98	1,09	$\hat{Y} = 1,06$	-	28,24
Nret/Ning	76,26	60,72	58,10	67,43	$\hat{Y}=0,2487x^2-4,3227x+76,212^*$	0,99	8,03

\* =P<0,05

A ingestão de nitrogênio (N ingerido), sua absorção (N absorvido) e sua retenção (N retido) não foram influenciadas (P>0,05) pelos tratamentos experimentais. No entanto, as excreções deste nutriente na urina (N urinário) e nas fezes (N fecal) sofreram influência (P<0,05) do aumento do CA nas dietas. O intervalo compreendido entre 5 e 10% de inclusão de CA aumentou a excreção de N tanto nas fezes quanto na urina. As médias de excreção diária de fezes e urina foram de 7,79 g/dia e 1,48 g/dia, respectivamente.

A relação Nret/Ning, foi influenciada (P<0,05) pela inclusão de níveis de CA na dieta. Essa variável expressa o inverso das anteriores, excreção de N nas fezes e urina. Se houve maior excreção de N na urina e nas fezes dos animais que se alimentavam no intervalo compreendido nas inclusões de 5 e 10%, aplicando o modelo quadrático apresentado nas quatro variáveis, é possível afirmar que houve maior retenção nos intervalos que abrangeram os níveis de inclusão de 0 e 15% de CA. Foi exatamente esse o comportamento observado.

Os parâmetros do comportamento ingestivo obtidos neste trabalho encontram-se na Tabela 6. O tempo de mastigação total não foi afetado ( $P>0,05$ ) pela inclusão do caroço de algodão nas dietas experimentais. Animais confinados podem gastar em torno de uma hora consumindo alimentos ricos em energia ou até mais de seis horas, para fontes com baixo teor de energia e alto teor de fibra (Ferreira, 2008). É importante salientar que as dietas deste estudo tiveram relação volumoso:concentrado fixada em 60:40, o que pode ter influenciado esse resultado.

Tabela 6 – Parâmetros do comportamento ingestivo de ovinos alimentados com níveis crescentes de caroço de algodão.

Parâmetros <sup>2</sup>	Inclusão de CA na MS da dieta (%)				Equações	R <sup>2</sup>	CV
	0	5	10	15			
TAL (h/dia)	4,33	3,92	3,96	4,08	$\hat{Y}=0,135x^2-0,748x+4,927^*$	0,93	17,23
TRU (h/dia)	8,58	10,25	10,42	10,38	$\hat{Y}=-0,429x^2+2,69x+6,385^*$	0,97	14,39
TMT (h/dia)	12,92	14,17	14,38	14,46	$\hat{Y}=13,97$		10,78
TOC (h/dia)	11,25	10,00	9,75	9,71	$\hat{Y}=10,18$		14,84
EAL (gMS/h)	233,35	336,82	296,91	304,60	$\hat{Y}=292,92$		33,70
ERU (gMS/h)	119,41	119,87	107,63	118,64	$\hat{Y}=116,38$		21,60
BOL (nº/dia)	0,17	0,20	0,21	0,20	$\hat{Y}=0,199x^2+1,218x-0,072^*$	0,99	26,55
MMtb (seg/bol)	53,03	52,46	51,49	54,49	$\hat{Y}=0,893x^2-4,119x+56,47^*$	0,79	19,55
MMnb (nº/dia)	77,74	75,83	73,22	72,69	$\hat{Y}=-0,3552x+77,534^*$	0,95	12,44

<sup>1</sup>, Níveis de inclusão do caroço de algodão nas dietas; <sup>2</sup>tempo despendido com alimentação (TAL), ruminação (TRU), ócio (TOC) e mastigação total (TMT), eficiência de alimentação (EAL) ruminação (ERU), número de bolos ruminais (BOL), tempo gasto com mastigações por bolo ruminal (MMtb), número de mastigações por bolo ruminal (MMnb) com seus respectivos coeficientes de variação (CV), equações de regressão ajustadas (ER), coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) em função do nível de caroço de algodão na dieta; \* - significativo a 5% de probabilidade; L – efeito linear; Q – efeito quadrático.

As atividades diárias dos ovinos compreendem períodos que alternam alimentação, ruminação e ócio. Os períodos de ruminação e ócio ocorrem entre as refeições existindo diferenças entre indivíduos quanto à duração e repetição destas atividades, que parecem estar relacionadas às condições climáticas e de manejo, exigência nutricional e principalmente à relação volumoso:concentrado da dieta. Dos

tempos reservados para essas atividades, apenas o tempo despendido com ócio (TOC) não foi influenciado ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos. O tempo de despendido com alimentação (TAL) apresentou um efeito quadrático ( $P<0,05$ ), sendo menor para o intervalo compreendido entre 0 e 5% de adição de CA. Os tempos de ruminação apresentaram efeito quadrático ( $P<0,05$ ), sendo maiores para o intervalo compreendido entre as inclusões de 10 e 15% de CA. Segundo Clark e Armentano (1993) a efetividade da fibra do caroço de algodão (capacidade de promover mastigação e manutenção da gordura do leite) é similar a de forragens sendo, portanto, um importante fator que influencia os tempos despendidos com mastigação ruminação.

As eficiências de alimentação (EAL) e ruminação (ERU), que são as relações estabelecidas entre CMS e tempos de ruminação e alimentação, não foram afetadas ( $P>0,05$ ). O número de bolos ruminais (BOL) foi afetado pela adição crescente de CA nas dietas ( $P<0,05$ ), apresentando comportamento condizente com o tempo gasto com ruminação. Segundo Van Soest (1994), o tempo gasto em ruminação é proporcional ao teor de parede celular dos alimentos. Houve um menor gasto de tempo com ruminação quando os teores de CNF foram maiores.

O tempo gasto com mastigações méricas por bolo ruminal (MMtb) foi influenciado ( $P<0,05$ ) pelo aumento do CA nas dietas. Houve um efeito quadrático, com os maiores tempos despendidos para o intervalo contendo maior nível de caroço de algodão. Muitos autores (Clark e Armentano, 1993; Bernard e Calhoun, 1997) comentam sobre a efetividade da fibra do caroço de algodão. Esta efetividade pode ser observada pelo estímulo à ruminação e mastigações méricas. O número de mastigações méricas por bolo ruminal (MMnb) também sofreu alterações ( $P<0,05$ ) com a adição de CA às dietas. Com um desenho linear, os tratamentos com menores teores de CA apresentaram as maiores médias para esse parâmetro. Como o MMnb é uma relação entre tempo e número de bolos e, sendo englobada por uma relação ainda maior, a de tempo de ruminação e número de bolos, significa dizer que o declínio no número de mastigações com aumento no tempo de ruminação, pode ter sido ocasionado pela presença de maiores teores de caroço de algodão, provocando maior estímulo e, de certa forma, dificuldade de mastigação.

## **Conclusões**

O caroço de algodão pode ser utilizado em níveis de até 15% na MS da dieta sem que haja prejuízo no consumo e na digestibilidade da matéria seca.

O caroço de algodão pode ser utilizado como suplemento proteico e energético na alimentação de ovinos, pela sua composição bromatológica, sem agregar prejuízos à efetividade da fibra.

## Referências bibliográficas

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL – AFRC. Energy and requirements on ruminants. Wallingford, CAB INTERNACIONAL. 1993. 1195p.

ARIELI, A. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.72, p.97-110, 1998.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 16 ed. Washington – D.C.: AOAC, 1980. 1015p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 16 ed. Washington – D.C.: AOAC, 1995. 2000p.

BERNARD, J.K.; CALHOUN, M.C. Response of lactating dairy cows to mechanically processed whole cottonseed. **Journal of Dairy Science**. Champaign, v.80, p. 2062–2068, 1997.

BLAXTER, K. L. **The energy metabolism of ruminants**. London: Hutchinson & Company, 1962. 329 p.

BURGUER, P.J.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C. et al. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de Concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n.1, p. 236-242, 2000.

CLARK, P.W.; ARMENTANO, L.E. Effectiveness of neutral detergent fiber in whole cottonseed and dried distillers grains compared with alfafa haylage. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.2644-2650, 1993.

CUNHA, M.G.G.; CARVALHO, F.F.R.; VÉRAS, A.S.C.; BATISTA, A.M.V. Desempenho e digestibilidade aparente em ovinos confinados alimentados com dietas contendo níveis crescentes de caroço de algodão integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.1103-1111, 2008.

FERREIRA, D.S. **Efeito de diferentes resíduos pós-pastejo de capim Tanzânia (Panicum Maximum cv Tanzânia Jacq.) pastejado por caprinos sobre a estrutura do pasto**. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008. 47p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, 2008.

JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.76, p.3851-3863, 1993.

JORGE, J.R.V.; ZEOULA, L.M.; PRADO, I.N. et al. Lipídios em dietas para novilhos holandeses: digestibilidade aparente. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, p.743-753, 2008.

LIMA, J.A.; EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G. et al. Silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) enriquecida com uréia ou farelo de soja. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. (CD-ROM).

MAHGOUB, O.; LU, C.D.; EARLY, R.J. Effects of dietary energy density on feed intake, body weight gain and carcass chemical composition of Omani growing lambs. **Small Ruminants Reserch.**, v.37, p.35-42, 2000.

MOLINA, L.R.; FERREIRA, D.A.; GONÇALVES, L.C.; CASTRO NETO, A.G.; NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washinton, D.C.: National Academic Press, 2001. 381 p.

NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P. Silagens de cana-de-açúcar para bovinos leiteiros: aspectos agronômicos e nutricionais. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE LEITEIRA, 5., 2005, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 193-218.

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Substituição do milho por casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1172-1182, 2007

PIONA, M.N.M.; CABRAL, L.S.; ZERVOUDAKIS, J.T.; ABREU, J.G.; GALATI, R.L.; CAETANO, G.G.G.P.; SILVA, A.R. Níveis de caroço de algodão na dieta de cordeiros confinados. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.13, n.1, p.110-122, 2012.

POLLI, V.A.; RESTLE, J.; SENNA, D.B. et al. Aspectos relativos à ruminação de bovinos e bubalinos em regime de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n. 5, p. 987-993, 1996.

RODRIGUES, N.M. Padrão de fermentação da silagem de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) submetida a diferentes tratamentos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais ...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

ROGÉRIO, M.P. Belo Horizonte: **Consumo, digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio de dietas contendo feno de "tifton 85" (*Cynodon spp*) e níveis de caroço de algodão em ovinos**. 2001. (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ROGÉRIO, M.C.P.; BORGES, I.; TEIXEIRA, D.A.B.; RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. Efeito do nível de caroço de algodão sobre a digestibilidade da fibra dietética do feno de *Tifton 85* (*Cynodon spp.*) em ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.5, p.665-670, 2004.

**SAS User's Guide Version 6.4**. Ed. Cary: SAS Institute Inc., 1990. p.1022.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV. 2002.

SILVA, J.F.C; LEÃO, M.I. **Fundamentos da Nutrição dos Ruminantes**. Piracicaba,SP: Livrocere, 1979. 384 p.

SNIFFEN, C.J. O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, D.G., et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.

SULLIVAN, H.M. et al. Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.87, p.665-671, 2004.

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

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal Dairy Science**, v.74, n.9, p.3583-3597, 1991.

### **CAPÍTULO III – Metabolismo energético em ovinos alimentados com níveis crescentes de caroço de algodão em dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com ureia**

#### **RESUMO**

Com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão de níveis crescentes de caroço de algodão, em dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia, no metabolismo energético e na produção de metano em ovinos, foi realizado um ensaio de digestibilidade onde foram utilizados 16 carneiros sem raça definida, machos, castrados, com peso médio de 45,1 kg. As dietas experimentais foram as seguintes: T1 - 0% de caroço de algodão (CA), silagem de cana-de-açúcar e suplemento concentrado; T2 - 5% de CA, silagem de cana-de-açúcar (SCA) + suplemento concentrado; T3 - 10% de CA, (SCA) + suplemento concentrado; T4 - 15% de CA, silagem de cana-de-açúcar (SCA) + suplemento concentrado. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos e quatro repetições. O consumo de energia bruta (CEB) foi crescente à medida que se aumentou a concentração de CA nas dietas e o estudo de regressão indicou um efeito quadrático. O consumo de energia digestível (CED), energia metabolizável (CEM) e energia líquida (CEL) foram influenciados ( $P < 0,05$ ) pelos níveis de CA nas dietas. A perda de energia bruta nas fezes e sua relação com a energia bruta consumida foi afetada ( $P < 0,05$ ) pela inclusão de CA. As perdas de urina, fezes, metano e incremento calórico por unidade de tamanho metabólico (UTM) não sofreram influência dos níveis crescentes de CA ( $P > 0,05$ ), e apresentaram médias de 152,58 kcal/UTM, 2,50 kcal/UTM, 7,15 kcal/UTM e 22,87 kcal/UTM, respectivamente. A digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) foi influenciada pela inclusão crescente de CA ( $P < 0,05$ ), indicando efeito quadrático. Os valores de Km apresentaram resposta linear ascendente ( $P < 0,05$ ), variando entre 0,80 e 0,93. A relação entre energia líquida e energia bruta consumidas (EL/%EB) foi afetada ( $P < 0,05$ ) pela inclusão de CA nas dietas experimentais, com valores médios variando entre 38,64 e 57,46%. As trocas gasosas diárias (consumo de O<sub>2</sub>, produção CO<sub>2</sub> e de CH<sub>4</sub>), em litros por unidade de tamanho metabólico (L/UTM), não sofreram influência das dietas ( $P > 0,05$ ). O consumo de oxigênio variou entre 20,51 e 22,20 L/UTM por dia, a produção de dióxido de carbono variou de 19,31 a 21,42 L/UTM por dia e a produção de metano, variaram de 0,62 a 0,85 L/UTM por dia. A produção de calor (PC) e o coeficiente respiratório (CR) não foram influenciados pela inclusão de CA às dietas ( $P > 0,05$ ).

## Introdução

A utilização de cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes no Brasil é tradicionalmente feita *in natura* (cortada e picada). No entanto, esse tipo de manejo demanda mão de obra diária para os cortes, a despalha, o transporte e a picagem da cana, o que gera limitações logísticas em se tratando de grandes rebanhos. A ensilagem da cana concentra a mão de obra em apenas um período, libera a área plantada antes do início da estação chuvosa, possibilita crescimento uniforme do canavial e aproveitamento da planta em seu melhor valor nutricional, e ainda facilita a aplicação de tratamentos culturais e controle de pragas e doenças.

Os lipídios, especialmente aqueles oriundos de subprodutos ou alimentos alternativos, tem sido objeto de pesquisas em relação à sua utilização na alimentação de ruminantes. O caroço de algodão destaca-se como alternativa na elaboração de dietas para ruminantes, principalmente por ter reflexos positivos nos índices de produtividade e qualidade dos produtos de origem animal. Esse subproduto reúne características desejáveis para sua incorporação na alimentação de ruminantes. Apresenta alto teor de proteína e de energia e NDT. Outra característica importante desse alimento é a qualidade da fibra, capaz de estimular a ruminação pela sua efetividade.

Para se avaliar a aptidão de um alimento em fornecer energia para os animais tem que se conhecer sua composição química. Esta determina todo o potencial do alimento no fornecimento de energia que é gerada pela oxidação de seus nutrientes. Apesar da energia não ser considerada um nutriente, ela é utilizada como base para expressar as exigências nutricionais dos animais, sendo os nutrientes (carboidratos, lipídeos e proteínas) avaliados pela sua capacidade de gerar energia.

O valor energético de um alimento está estritamente relacionado com a disponibilidade e probidade de utilização desta energia pelo seu organismo. Nesse contexto, tanto características do alimento como as vias de utilização da energia pelo animal determinarão sua eficiência de uso. Logo, não basta o conhecimento acerca do alimento, mas é preciso conhecer as interações que regem seu aproveitamento pelo animal. Dessa maneira, no estudo do valor energético dos alimentos, consideram-se as perdas na digestão e no metabolismo, a fim de se obter a energia líquida, que é aquela destinada à manutenção e produção do animal (lactação, ganho de peso e gestação) (Ensminger et al., 1990).

Atualmente, muito se discute sobre a produção de metano por ruminantes, questões estas acerca da sustentabilidade da vida no planeta. Porém, a produção de metano por esses animais tem relação direta com a eficiência do processo de fermentação ruminal, devido à perda de carbono e, assim, de energia, o que acarreta menor desempenho animal. Sendo assim, estudos que determinem a emissão de metano por ruminantes são de extrema importância, pois fomentam a adoção de processos e manejos que melhorem a utilização dos alimentos, o que é desejável, tanto ambiental quanto economicamente.

O objetivo desse estudo foi avaliar a inclusão de níveis crescentes de caroço de algodão em dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia na alimentação de ovinos sobre o metabolismo energético e a produção de metano, por meio de ensaio de respirometria.

## Material e Métodos

O trabalho de respirometria foi conduzido em câmara respirométrica individual de fluxo aberto para pequenos ruminantes, localizada nas dependências do Laboratório de Metabolismo e Calorimetria Animal – LAMCA – da Escola de Veterinária da UFMG, segundo o procedimento de calorimetria indireta descrita por Rodriguez et al. (2006).

O ensaio de respirometria foi precedido pelo estudo de consumo e digestibilidade aparente (Capítulo II). Foram utilizados 16 carneiros sem raça definida, machos, castrados, com peso médio de 45,1 kg em delineamento inteiramente casualizado. Os animais foram mantidos em gaiolas metabólicas, e passaram pela câmara por um período de 24 horas por animal alimentado e 24 horas por animal em jejum. O jejum foi aplicado por 48 horas anteriores à entrada do animal na câmara e por mais 24 horas após a entrada deste. O volume de urina durante essa fase foi mensurado e amostrado para posteriores análises de nitrogênio e energia bruta.

Na câmara respirométrica, a temperatura e umidade do ar foram controladas e registradas durante a primeira e a última leitura. As alíquotas de ar, tanto externo como interno, foram coletadas alternadamente a cada cinco minutos para a determinação dos teores de oxigênio ( $O_2$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ) e metano ( $CH_4$ ). Diariamente, antes do início da mensuração das trocas gasosas no interior da câmara, era realizado procedimento de calibração dos analisadores de  $CO_2$ ,  $O_2$  e  $CH_4$ , utilizando-se gases de concentrações conhecidas e o ar externo.

A composição química dos ingredientes utilizados na formulação das dietas experimentais está apresentada na Tabela 7. As composições bromatológicas e percentuais dos ingredientes e das dietas encontram-se na Tabela 8.

No interior da câmara respirométrica o animal ficava alojado em uma gaiola metabólica similar àquela utilizada no ensaio de digestibilidade, facilitando assim, mensurações como consumo e excreção urinária. A média de produção de calor para todos os animais mensurados em jejum foi utilizada para calcular o incremento calórico dos animais alimentados. Os demais animais continuaram recebendo, uma vez por dia, as dietas correspondentes aos seus tratamentos. No entanto, a dieta ficou restrita a proporcionar a manutenção (60 gramas de matéria seca por quilo de unidade de tamanho metabólico).

Tabela 7 - Composição percentual e bromatológica das dietas experimentais

Ingredientes <sup>2</sup>	Dietas Experimentais <sup>1</sup>			
	0	5	10	15
	Composição percentual			
Silagem de cana-de-açúcar	59,1	59,2	59,0	59,2
Milho moído	23,0	21,7	21,0	19,7
Farelo de algodão	16,4	12,6	8,5	4,6
Caroço de algodão	0	5	10	15
PVM – Polivitamínico-mineral	1,5	1,5	1,5	1,5
	Composição bromatológica			
Matéria seca	93,09	90,64	90,54	94,09
Matéria orgânica	88,96	85,46	85,39	89,15
Proteína bruta	14,39	14,04	13,69	14,18
Fibra em detergente neutro	51,14	52,60	52,82	52,80
Fibra em detergente ácido	28,55	29,09	28,90	28,23
Hemicelulose	22,59	23,51	23,92	24,57
Carboidratos totais	78,63	78,29	78,41	76,94
Carboidratos não fibrosos	27,49	25,69	25,59	24,14
Extrato etéreo	1,85	2,51	2,75	3,94
Cinzas	5,13	5,16	5,15	4,94
Energia Bruta	4,40	4,44	4,49	4,53
NIDN <sup>3*</sup>	12,4	12,1	12,9	12,0
NIDA <sup>4*</sup>	5,8	7,2	7,3	7,7

<sup>1</sup>Níveis de adição de caroço de algodão nas dietas; <sup>2</sup>Ingredientes utilizados na formulação do concentrado comum a todas as dietas e demais componentes das dietas experimentais; <sup>3</sup>Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; <sup>4</sup>Nitrogênio insolúvel em detergente neutro\*Porcentagem no nitrogênio total.

O coeficiente respiratório (CR) foi calculado pela razão entre o CO<sub>2</sub> produzido e o O<sub>2</sub> consumido, ambos em litros. Os valores de energia digestível (ED) foram obtidos pela diferença entre a energia bruta (EB) ingerida e a EB excretada nas fezes. A energia metabolizável (EM) foi obtida pela diferença entre a ED e as perdas de energia sob a forma de metano e urina. Foi adotado o valor de energia do CH<sub>4</sub> igual a 9,44 kcal/L, de acordo com Blaxter e Clapperton (1965). Os valores de energia líquida (EL) foram calculados pela diferença entre a EM e perdas de energia como incremento calórico. Para a transformação dos dados em calorias, utilizou-se como referência o valor de um joule correspondente a 0,239 calorias.

Tabela 8 – Composição bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais

Itens	Ingredientes			
	Silagem de cana-de-açúcar	Milho moído	Caroço de algodão	Farelo de algodão
Matéria seca	93,10	92,03	90,81	88,42
Proteína bruta	11,46	7,8	23,01	12,82
FDN <sup>1</sup>	50,23	16,84	44,98	46,75
FDA <sup>2</sup>	30,82	8,81	33,48	34,72
CNF <sup>3</sup>	33,89	69,85	11,16	35,4
Extrato etéreo	0,62	3,01	18,35	2,01

<sup>1</sup>Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; <sup>2</sup>Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; <sup>3</sup>Carboidratos não fibrosos.

A produção de calor foi calculada de acordo com a equação de Brouwer (1965):

$$PC \text{ (kJ)} = 16,18 \times O_2(L) + 5,02 \times CO_2(L) - 2,17 \times CH_4(L) - 5,99 \times N_U(g)$$

Em que,

- PC = produção de calor;
- $N_U$  = nitrogênio urinário

O incremento calórico foi calculado como:

$$IC = PCal - PCjj$$

Em que,

- IC = incremento calórico;
- PCal = produção de calor pelo animal alimentado;
- PCjj = produção de calor pelo animal em jejum

Para os cálculos da energia perdida na forma de metano em gramas por dia (g/dia), gramas por quilo de matéria seca ingerida (g/kg MS) e quilocalorias por quilo de matéria seca ingerida (kcal/kg MS), considerou-se o valor de 13.334 kcal/g e a densidade de 0,7143 g/L. Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) foram utilizados os dados de consumo e produção fecal: DAEB = EB consumida – EB fecal. Os valores de metabolizabilidade da energia bruta ( $q_m$ ) foram obtidos de acordo com AFRC (1993), com utilização da fórmula:

$$q_m = (CEM \times 100) / CEB$$

Em que,

- CEM = consumo de energia metabolizável (kcal/dia);
- CEB = consumo de energia bruta (kcal/dia)

Os valores de eficiência de utilização de energia metabolizável ( $k_m$ ), também obtidos de acordo com AFRC (1993), foram calculados da seguinte maneira:

$$k_m = (EL \times 100) / EM$$

Em que,

- EL = teor de energia líquida (kcal/kg de MS);
- EM = teor de energia metabolizável (kcal/kg de MS)

Os dados obtidos no ensaio de respirometria foram ajustados para o consumo observado no ensaio de digestibilidade aparente (Capítulo II). As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da UFMG, em Belo Horizonte. As amostras de alimentos, sobras e fezes foram pré-secadas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas e, posteriormente, moídas em moinho tipo Willey, com peneira com malha de 1mm e armazenadas em frascos hermeticamente fechados. Os teores de matéria seca foram determinados conforme AOAC (1980). Foram determinados os teores de energia bruta (EB) por combustão em bomba calorimétrica adiabática modelo PARR 2081 (AOAC International, 1995). As amostras de urina dos animais foram analisadas para energia bruta e nitrogênio total.

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e quatro repetições, fazendo-se a interpretação dos resultados por meio de análise de regressão, em função dos níveis de caroço de algodão na dieta. As análises foram realizadas com auxílio do programa *Statistical Analysis System* (SAS, 1999).

### 3.4. Resultados e discussão

Na Tabela 9 encontram-se os valores de consumo de energia (CEB), de energia digestível (CED), de energia metabolizável (CEM) e de energia líquida (CEL), em kcal por quilo de peso metabólico por dia (kcal/KgPM/dia), por ovinos alimentados com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia contendo níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão.

Segundo Machado (2010), o CEB tem alta correlação com o CMS em g/UTM. Como visto no capítulo II, as dietas não afetaram o CMS pelos animais, o que não ocorreu no presente estudo, onde o CEB foi influenciando ( $P < 0,05$ ) pelo aumento do caroço de algodão nas dietas, mesmo quando o CMS não foi afetado. O CEB foi crescente à medida que se aumentou a concentração de CA nas dietas experimentais, no entanto, o comportamento dos dados frente ao estudo de regressão revelou-se quadrático.

Tabela 9. Valores médios de consumo de energia bruta (CEB), energia digestível (CED), energia metabolizável (CEM) e energia líquida (CEL), em kcal por unidade de tamanho metabólico por dia (kcal/UTM/d) das dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão

Variáveis	Inclusão de CA na MS da dieta (%)				Equações	$r^2$	CV
	0	5	10	15			
CEB	293,77	363,02	431,57	408,04	$y = -0,9278x^2 + 22,144x + 289,2^*$	0,96	22,39
CED	160,00	194,03	288,39	243,67	$y = -0,07875x^2 + 18,72x + 150,03^*$	0,79	29,26
CEM	151,01	183,09	279,72	233,67	$y = -0,7813x^2 + 18,612x + 140,65^*$	0,78	30,74
CEL	128,43	159,14	251,07	217,37	$y = -0,6442x^2 + 16,839x + 119,08^*$	0,81	33,96

\* =  $P < 0,05$

Nas dietas de ruminantes, as fezes representam desde o mínimo de 10% até o máximo de 70% da energia bruta do alimento ingerido (Machado, 2010). Essa ampla variação indica que a perda fecal de energia é o fator mais importante que determina o valor nutritivo relativo dos alimentos (Blaxter, 1956).

O consumo de ED foi afetado ( $P < 0,05$ ) pelos níveis de CA nas dietas. O consumo de energia digestível é fortemente influenciado pela digestibilidade da matéria seca, e consequente produção fecal. O CMS e DMS não foram influenciados pela inclusão de CA (capítulo II), no entanto, as perdas de energia bruta através das fezes (Tabela 10) evidenciaram essa relação.

As perdas de energia pela urina nunca devem superar 5% do valor energético da dieta consumida pelos animais (Blaxter e Wainman, 1964). Logo, os valores de energia

metabolizável têm valores bem próximos àqueles encontrados para energia digestível. O CEM (P<0,05) apresentou comportamento semelhante ao CED.

Os consumos de fibra estão relacionados com maior produção de metano pelos ruminantes e esta produção é determinante no aproveitamento da energia metabolizável pelos animais. Dessa maneira, dietas ricas em fibra podem ter perdas consideráveis na relação EL/EM. No entanto, as dietas com adição de caroço de algodão além de receberem fibra extra (principalmente, na forma de FDA), receberam EE crescente. Essa adição de gordura parece ter sido decisiva nos resultados encontrados. O CEL apresentou comportamento quadrático (P<0,05) com a adição de CA às dietas experimentais, sendo, no entanto, evidenciado maior CEL com a inclusão do CA. Essa resposta ascendente na energia líquida ingerida pode ser explicada pelo aumento do extrato etéreo proporcionado pelo CA nas dietas experimentais.

Tabela 10. Valores médios de perda diária de energia nas fezes, na urina, no metano (CH<sub>4</sub>) e como incremento calórico (IC) de ovinos e porcentagem da energia bruta ingerida de dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão.

Parâmetros	Inclusão de CA na MS da dieta (%)				Equações	r <sup>2</sup>	CV
	0	5	10	15			
Fezes (kcal/UTM)	133,77	168,98	143,18	164,37	Ŷ= 152,58	-	24,43
Fezes (%EB)	49,60	45,99	33,87	39,56	y = 0,0931x <sup>2</sup> -2,2409x+50,92*	0,76	23,69
Urina (kcal/UTM)	1,64	2,88	2,79	2,71	Ŷ= 2,50	-	34,10
Urina (%EB)	0,57	0,81	0,63	0,68	Ŷ= 0,67	-	31,46
CH <sub>4</sub> (kcal/UTM)	7,35	8,07	5,88	7,29	Ŷ= 7,15	-	29,35
CH <sub>4</sub> (%EB)	2,90	2,28	1,16	1,77	Ŷ=2,10	-	42,90
IC (kcal/UTM)	22,58	23,95	28,64	16,30	Ŷ= 22,87	-	49,08
IC (%EB)	8,28	7,07	6,58	4,05	Ŷ =6,49	-	56,51

Os valores de perdas diárias de energia na forma de fezes, urina, metano e incremento calórico em relação ao peso metabólico e EB estão apresentados na Tabela 10. A perda de energia bruta nas fezes e sua relação com a energia bruta consumida foi

afetada ( $P < 0,05$ ) pela inclusão de CA nas dietas. Machado (2010) relatou perdas fecais médias de 99,36 Kcal/UTM em ovinos alimentados com silagens de sorgo, valor inferior ao deste experimento. Ribeiro Junior et al., (2011) relataram valores médios de perdas energéticas através das fezes 50,64% em relação à energia bruta ingerida de ovinos alimentados com silagens de capim *Andropogon gayanus*, valor superior ao apresentado neste estudo.

Para os demais parâmetros apresentados na Tabela 10, não houve efeito da adição de caroço de algodão nas dietas. Esses parâmetros apresentaram coeficientes de variação relativamente altos, o que pode ter influenciado na expressão dos efeitos dos tratamentos nessas variáveis. No entanto, ao avaliar os dados encontrados pode-se fazer algumas inferências.

Nos ruminantes além das perdas energéticas nas fezes e urina, há também a perda energética por meio da produção de metano e produção de calor. Conforme o NRC (2007), as perdas de energia na forma de metano podem ser de 5 a 8% da EB ingerida. No presente trabalho, a perda de metano expressa como kcal/kgUTM não sofreu influência das dietas ( $P > 0,05$ ) e os valores encontrados para a perda de metano em relação à EB ingerida ficou abaixo daquela preconizada pelo NRC (2007). Machado (2010) observou valores de perdas na forma de metano de 7,27 a 12,95 Kcal/UTM, valores superiores aos deste estudo, da mesma forma, Ribeiro Junior et al., (2011) relataram valores de perda energética na forma de metano de 3,1% a 3,6% em relação a energia bruta ingerida, em ovinos alimentados com silagem de capim *Andropogon*. No entanto, ambos os trabalhos citados anteriormente utilizaram apenas volumosos na alimentação dos animais, o que pode ter influenciado numa maior produção de metano.

O incremento calórico (IC) expressa a produção de calor originada do consumo e degradação dos alimentos, sendo assim, influenciado não só pela quantidade, mas também pela qualidade dos alimentos ingeridos. A adição de caroço de algodão nas dietas experimentais não afetou o IC ( $P > 0,05$ ).

Os valores de digestibilidade aparente da EB (DAEB), metabolizabilidade ( $q_m$ ), eficiência parcial de uso da energia metabolizável para manutenção ( $k_m$ ) e a relação entre a EL e a e EB ingerida estão apresentadas na Tabela 11.

A digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB) foi influenciada pela inclusão crescente de CA ( $P < 0,05$ ). O estudo de regressão evidenciou um comportamento quadrático, com maiores digestibilidades encontradas no intervalo entre 5 e 10% de CA.

Isto está de acordo com as perdas fecais (% da EB) que também sofreram influência (Tabela 10) da adição de CA.

Tabela 11. Valores médios de digestibilidade aparente da energia bruta (DAEB), em porcentagem, metabolizabilidade ( $q_m$ ), eficiência de uso da energia metabolizável para manutenção ( $k_m$ ) e razão entre energia líquida e energia bruta, em porcentagem, de dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão.

Parâmetros	Inclusão de CA na MS da dieta (%)				Equações	$r^2$	CV
	0	5	10	15			
DAEB	50,40	54,01	66,13	60,44	$y=-0,0931x^2+2,2409+49,08^*$	0,76	17,34
$q_m$	0,47	0,51	0,64	0,58	$y=-0,1005x^2+2,4342x+45,51^*$	0,77	19,11
$k_m$	0,80	0,86	0,90	0,93	$y=0,0085x + 0,8081$	0,96	9,18
EL/(%EB)	38,64	43,86	57,46	53,94	$y=-0,0873x^2+2,4995x+37,37^*$	0,86	22,75

\* = $P<0,05$

Segundo Machado (2010), a metabolizabilidade ( $q_m$ ) representa a relação entre a energia metabolizável e a energia bruta, esperando-se dessa maneira, que as perdas de energia na forma de fezes, urina e metano determinem seu valor. No presente estudo houve influência da adição de CA na metabolizabilidade ( $P<0,05$ ). Os resultados de DAEB e  $q_m$  apresentam alta correlação, especialmente, pela grande participação das perdas de energia pelas fezes. Castro (2008) relatou valor médio de  $q_m$  para silagens de capim Tanzânia de 0,45. Machado (2010) e Ribas (2010) relataram valores de 0,46 e 0,62 respectivamente, ambos avaliando diferentes híbridos de sorgo.

A eficiência de uso da energia metabolizável para a manutenção ( $K_m$ ) é expressa pela relação entre a energia metabolizável para manutenção e a energia líquida, sendo influenciada pelo incremento calórico da dieta. Os valores de  $K_m$  apresentaram resposta linear ascendente ( $P<0,05$ ), variando entre 0,80 e 0,93. Ribas (2010) e Machado (2010) estudando diferentes híbridos de sorgo encontraram valores variando entre 0,57 a 0,69 e 0,53 a 0,78 respectivamente.

As perdas decorrentes durante todo o processo de digestão de alimentos, ou seja, perda de energia nas fezes, urina, gases da fermentação e pelo incremento calórico, são expressas na relação da energia líquida obtida em relação à energia bruta consumida. Esta relação permite observar a eficiência energética no animal, desde a ingestão do alimento, com determinada quantidade de energia, até a real quantidade de energia que estará disponível, após a digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes, para o animal manter-se vivo e realizar suas atividades

físicas e produtivas (Castro, 2012). A relação entre energia líquida e energia bruta consumidas (EL/%EB) foi afetada pela inclusão de CA nas dietas experimentais, com valores médios variando entre 38,64 e 57,46%.

Na Tabela 12 estão apresentados os dados referentes às trocas gasosas mensuradas pela câmara respirométrica, além da produção de calor e do coeficiente respiratório em ovinos alimentados dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão.

Tabela 12 – Consumo diário de oxigênio (O<sub>2</sub>), produção diária de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) e de metano (CH<sub>4</sub>), produção diária de calor (PC) e coeficiente respiratório (CR) de ovinos alimentados com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão.

Variáveis	Inclusão de CA na MS da dieta (%)				Equações	r <sup>2</sup>	CV
	0	5	10	15			
O <sub>2</sub> (L/UTM)	21,94	22,20	23,03	20,51	$\hat{Y} = 21,92$	-	10,11
CO <sub>2</sub> (L/UTM)	19,94	20,29	21,42	19,31	$\hat{Y} = 20,24$	-	11,87
CH <sub>4</sub> (L/UTM)	0,77	0,85	0,62	0,77	$\hat{Y} = 0,75$	-	29,35
PC (kcal/UTM)	108,48	109,85	114,54	102,20	$\hat{Y} = 108,77$	-	10,32
CR	0,91	0,91	0,93	0,94	$\hat{Y} = 0,92$	-	10,11

\* =P<0,05

As trocas gasosas diárias (consumo de O<sub>2</sub>, produção CO<sub>2</sub> e de CH<sub>4</sub>), em litros por unidade de tamanho metabólico (L/UTM), não sofreram influência das dietas (P>0,05). O consumo de oxigênio variou entre 20,51 e 22,20 L/UTM por dia, com média de 21,92 L/UTM por dia. A produção de dióxido de carbono variou de 19,31 a 21,42 L/UTM por dia. Quanto à produção de metano, as variações foram de 0,62 a 0,85 L/UTM por dia, com média de 0,75 L/UTM por dia. Esses valores são inferiores aos relatados por Machado (2010) que observou variação entre 0,99 e 1,36 L/UTM por dia para silagens de sorgo e bem próximos àqueles encontrados por Castro (2008), que encontrou valores entre 0,72 a 0,79 L/UTM por dia para silagens de capim Tanzânia.

A produção de calor (PC) inclui o calor produzido como resultado dos processos fermentativos do trato gastrointestinal e o liberado no metabolismo intermediário, representando, em média, 25,0 a 40,0% da EB consumida (NRC, 2007), e pode ser calculado a partir das medições de consumo de oxigênio e produção de dióxido de carbono e de metano, associado com os valores de excreção de nitrogênio pela urina (Chwalibog, 2004). A PC não foi influenciada pela inclusão de CA às dietas (P>0,05), com valor médio de 108,77 kcal/UTM por dia, sendo este inferior ao relatado

por Gomes (2008), que observou PC de 115 kcal/UTM por dia em ovinos alimentados com dietas à base de feno de tifton-85 e concentrado, com proporção volumoso:concentrado de 25:75 (base da MS).

O coeficiente respiratório (CR) expressa a relação entre o consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono que ocorrem durante os processos metabólicos para obtenção de energia (Chwalibog, 2004). O CR faz referência ao substrato metabólico utilizado, ou seja, valores de CR próximo a 1,0 seriam para carboidratos, 0,8 para proteínas e 0,7 para gorduras (Kleiber, 1972). Neste estudo as dietas não afetaram os CR ( $P>0,05$ ), sendo o valor médio encontrado de 0,92. Segundo Machado (2010) há necessidade de maiores estudos para caracterizar os coeficientes respiratórios obtidos no metabolismo oxidativo dos ácidos graxos, uma vez que estes são a principal fonte de energia para os ruminantes, pois os carboidratos dietéticos são na realidade, fonte de energia para os microrganismos ruminais.

Os dados de emissão de metano entérico pelos ovinos alimentados com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão estão dispostos na tabela 13.

Tabela 13. – Valores médios de produção de metano ( $\text{CH}_4$ ) por ovinos alimentados com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão.

Parâmetros	Inclusão de CA na MS da dieta (%)				Equações	$r^2$	CV (%)
	0	5	10	15			
$\text{CH}_4$ (L/d)	12,67	14,35	10,23	14,05	$\hat{Y} = 12,83$	-	34,50
$\text{CH}_4$ (g/d)	9,05	10,25	7,31	10,04	$\hat{Y} = 9,16$	-	34,50
$\text{CH}_4$ (g/kgMS)	9,89	8,64	7,48	7,94	$\hat{Y} = 8,49$	-	47,91
$\text{CH}_4$ (kcal/kgMS)	131,84	115,23	99,69	105,84	$\hat{Y} = 113,15$	-	47,91

\* = $P<0,05$

A produção de metano está relacionada com os produtos finais obtidos da fermentação dos carboidratos. Dessa maneira, dietas ricas em concentrado produzirão menos metano do que dietas ricas em forragem, que apresentam um maior coeficiente molar acetato:propionato (Nussio et al., 2006). Não houve efeito ( $p>0,05$ ) da inclusão de CA sobre a produção de metano. A produção média de metano (L/d) foi de 12,83. Estes valores foram superiores aos encontrados por Castro (2008), que ao utilizar silagem de Capim Tanzânia na alimentação de ovinos obteve média de produção diária de metano de 10,06 litros. No entanto, foram inferiores àqueles relatados por Ribeiro Junior et al., (2011) de 14,27 litros utilizando silagem de capim Andropogon.

As dietas foram formuladas com relação volumoso/concentrado fixada em 60:40, o que pode explicar comportamento semelhante em relação à produção de metano entérico, por outro lado, a inclusão de CA, e por consequência, de extrato etéreo, nas dietas, não expressaram nenhuma alteração. No entanto, observa-se coeficientes de variação muito altos para todas as variáveis, o que dificulta a expressão dos tratamentos.

## **Conclusões**

A inclusão de níveis crescentes de CA influenciou o consumo de energia das dietas experimentais, bem como, a eficiência de utilização da mesma pelos animais.

Os parâmetros relativos à respirometria não foram influenciados pela inclusão de CA.

## Referências bibliográficas

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and requirements of ruminants**. Wallingford, CAB INTERNATIONAL. 1993. 195p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 13 ed. Washington – D.C.: AOAC, 1980. 1015p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 16 ed. Washington – D.C.: AOAC, 1995. 2000p.

BLAXTER, K. L. **The energy metabolism of ruminants**. London: Hutchinson & Company, 1962. 329 p.

BLAXTER, K.L.; WAINMAN, F.W. The utilization of the energy of different rations by sheep and cattle from maintenance and for fattening. **Journal of Agricultural Science**, v.63, p.113–128, 1964

BLAXTER, K.L.; CLAPPERTON, J.L. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. **British Journal Nutrition**. v.19, p.511-522, 1965.

BLAXTER, K.L. The nutritive value of feeds as sources of energy: a review. **Journal Dairy Science**, v.39, p.1396-1424, 1956.

BROUWER, E. Report of sub-committee on constants and factors. In: Proceedings of 3rd Symposium on Energy Metabolism. EEAP Publication 11. Academic Press, London, 1965.

CASTRO, G. H. F. **Silagens de capim Tanzânia (*Panicum maximum cv Tanzânia*) em diferentes idades**. 2008. 125p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CASTRO, K.J. **Torta de babaçu: consumo, digestibilidade, desempenho, energia metabolizável, energia líquida e produção de metano em ruminantes**. 2012. 89p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CHWALIBOG, A. Physiological basis of heat production – The fire of life. **Research School of Nutrition and Physiology**, 2004.

ENSMINGER, M.E., OLDFIELD, J.E., HEINEMANN, W.W. 1990. Feed analyses, feed evaluation. In: **Feed & nutrition**. 2.ed. Clovis: The Ensminger Publishing Company. p.553-574.

KLEIBER, M. **Bioenergia animal: El fuego de la vida**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1972, 428p.

MACHADO, F.S. **Digestibilidade, partição de energia e produção de metano em ovinos alimentados com silagens de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação**. 2010. Tese (doutorado) – UFMG, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, MG.

N.R.C. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids.** Washington, D.C.: National Academic Press, 2007. 362p.

NÚSSIO, L.G.; CAMPOS, F.T.; LIMA, M.L.M. **Metabolismo de carboidratos estruturais.** In: Berchielli, T.T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G. (eds.). *Nutrição de ruminantes.* Jaboticabal: FUNEP, 2006. p. 183 – 228.

RESENDE, K.T.; TEIXEIRA, I.A.M.A.; FERNANDES, M.H.M.R. **Metabolismo de energia.** In: Berchielli, T.T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G. (eds.) *Nutrição de ruminantes.* Jaboticabal: FUNEP, 2006. p.311-332.

RIBAS, M. N. **Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capimsudão, normais e mutantes bmr- portadores de nervura marrom.** Belo Horizonte, MG:Escola de Veterinário da UFMG. 2010, 128p. (Tese).

RIBEIRO Jr, G. O.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ. N. M.; ET AL. *Respirometria e perdas energéticas de ovinos alimentados com silagens de capim Andropogon gayanus em diferentes idades de corte* In: XI Simposio de sustentabilidade leiteira, Maceió: ZOOTEC, 23 -27, mai. 2011. **Anais do XI Simposio de sustentabilidade leiteira.**

RODRIGUEZ, N.M.; CAMPOS, W.E; LACHICA, M.L. *et al.* *Construção de um sistema de respirometria calorimétrica para determinação dos requisitos de energia líquida dos animais e de energia dos alimentos.* Anais da 43ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. *CD Rom.* Julho de 2006.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **User's guide to statistics.** Versão 8. Cary: SAS Institute, 1999. 956p.

## **CAPÍTULO IV – Níveis crescentes de caroço de algodão em dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com ureia na alimentação de vacas de leite**

### **RESUMO**

O objetivo desse estudo foi avaliar a inclusão de níveis crescentes de caroço de algodão em dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia na digestibilidade e consumo dos nutrientes, bem como a produção e composição do leite. O experimento foi realizado na Embrapa Gado de Leite no Campo Experimental de Coronel Pacheco, Minas Gerais. Foram selecionadas 12 vacas mestiças Holandês x Gir, com genética variando entre 3/4 a 15/16 de Holandês, múltiparas (3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> cria), no terço inicial de lactação (acima de 60 dias do início da lactação), produção de leite média inicial de 14,4 kg/dia e peso médio inicial de 488 kg. O período experimental teve duração de 60 dias, sendo dividido em três períodos de 17 dias cada, com 10 dias de adaptação e sete dias de coletas de dados. As dietas experimentais, que consistiam dos tratamentos experimentais, foram as seguintes: T1 - 0% de caroço de algodão (CA), silagem de cana-de-açúcar e suplemento concentrado; T2 - 5% de CA, silagem de cana-de-açúcar (SCA) + suplemento concentrado; T3 - 10% de CA, (SCA) + suplemento concentrado; T4 - 15% de CA, silagem de cana-de-açúcar (SCA) + suplemento concentrado. Para o estudo de digestibilidade dos nutrientes, foram realizadas estimativas de produção fecal utilizando-se o indicador externo óxido de cromo. Os consumos de fibra em detergente ácido (CFDA), carboidratos não fibrosos (CCNF) e extrato etéreo (CEE) foram influenciados pela inclusão do CA. O estudo de regressão apontou o CEE linear ascendente. As digestibilidades da matéria seca (DMS) e matéria orgânica (DMO) não foram influenciadas ( $P>0,05$ ) pelos tratamentos experimentais. A digestibilidade da proteína bruta (DPB) sofreu influência ( $P<0,05$ ) da inclusão de CA nas dietas. Não houve efeito ( $P>0,05$ ) da inclusão do caroço de algodão sobre as digestibilidades das frações fibrosas. A inclusão de CA em níveis crescentes não alterou ( $P>0,05$ ) a maioria dos componentes do leite, inclusive a produção de leite (kg/dia), exceção feita aos extratos secos total (EST) e desengordurado (ESD) ( $P<0,05$ ), ambos apresentando efeito quadrático sob a análise de regressão. A produção de leite média foi de 14,31 kg/dia.

## **Introdução**

Ao longo de muitos anos de estudo sobre a nutrição de ruminantes nos mais diversos aspectos, grandes avanços têm sido alcançados, especialmente acerca da composição dos alimentos, das exigências nutricionais dos animais, dos processos de digestão e absorção de nutrientes e, mais recente, do metabolismo e partição energética. Também são notáveis os avanços no campo da genética. Animais cada vez mais produtivos e, conseqüentemente mais exigentes nutricionalmente.

A pecuária leiteira acompanhou todos esses avanços e a pressão da seleção genética sobre essa categoria animal foi evidente e, para acompanhar os avanços produtivos alcançados por esses animais os nutricionistas encontram entraves, afinal, esses animais são ruminantes e como tal são adaptados evolutivamente à uma alimentação com base em forragens. O adequado desempenho produtivo dos ruminantes relaciona-se principalmente com o consumo alimentar que, por sua vez, depende do consumo de matéria seca da dieta e de sua concentração energética. No entanto, para suprir as exigências nutricionais de animais com maiores produções, as forragens são limitadas. Assim, a formulação de dietas com grãos e cereais passou a ser uma tradicional prática entre produtores de leite.

O incremento calórico proporcionado pela inclusão de alimentos concentrados na dieta de vacas de leite é fato, porém distúrbios metabólicos acompanham esse ganho nutricional, principalmente aqueles ligados às alterações no bom funcionamento do rúmen. Além disso, outros questionamentos foram surgindo em relação a essa prática como: a competição por alimentos com o homem, afinal grãos e cereais usados nos concentrados fazem parte também da dieta humana, o que torna o preço desses produtos incompatíveis com a atividade pecuária.

A utilização de lipídios, especialmente aqueles oriundos de subprodutos ou alimentos alternativos, tem sido objeto de pesquisas. O caroço de algodão destaca-se como alternativa na elaboração de dietas para ruminantes, principalmente por ter reflexos positivos nos índices de produtividade e qualidade dos produtos de origem animal. Esse subproduto reúne características desejáveis para sua incorporação na alimentação de ruminantes, apresentando alto teor de proteína e de energia e NDT. Outra característica importante desse alimento é a qualidade da fibra, capaz de estimular a ruminação pela sua efetividade.

Este estudo tem como objetivo avaliar o efeito da inclusão de caroço de algodão em níveis crescentes sobre a digestibilidade e consumo dos nutrientes da dieta e sobre a produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia.

## **Material e Métodos**

### ***Local, clima e instalações experimentais***

O experimento foi realizado na Embrapa Gado de Leite no Campo Experimental José Henrique Bruschi, município de Coronel Pacheco, localizado na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais, no período de setembro a dezembro de 2008. O local de realização do ensaio experimental apresenta altitude de 435m e tem sua posição geográfica determinada pelo paralelo de 21°35' da latitude Sul (S) em sua interseção com o meridiano de 40°15' de longitude Oeste de Greenwich (W). O clima é "Cwa" mesotérmico, segundo a classificação de Koppen, com temperatura média anual de 21°C. A precipitação anual média é de 1.500mm, umidade relativa do ar média acima de 75%, sendo que, nos meses de outubro a março ocorre, normalmente, verão quente e chuvoso, e nos meses de abril a setembro, inverno frio e seco.

Os animais foram alojados em curral do tipo "*Free Stall*" com camas individuais de areia, bebedouro coletivo e sistema de limpeza de pista por *flushing*. Os cochos de alimentação possuíam portões eletrônicos do tipo *calan-gates* (American Calan Inc., Northwood, NH, EUA) que permitiam controle individual diário do consumo de alimentos. O sal mineral foi fornecido *ad libitum*, em cochos localizados nas extremidades do curral.

Os animais foram ordenhados duas vezes ao dia, com utilização de ordenha mecânica, às 6:00 e 15:00 h e a produção de leite determinada diariamente durante todo o período experimental.

### ***Animais utilizados no experimento***

Foram utilizadas 12 vacas Holandês x Gir, com genética variando entre 3/4 a 15/16 de Holandês, multíparas (3ª e 4ª cria), no terço inicial de lactação (acima de 60 dias do início da lactação), produção de leite média inicial de 14,4 kg/dia e peso médio inicial de 488 kg.

### ***Período experimental***

O período experimental teve duração de 60 dias entre os meses de outubro a dezembro de 2008, sendo dividido em três períodos de 17 dias cada, com 10 dias de adaptação e sete dias de coletas de dados. As respectivas datas para cada período foram: período I, de 15 de setembro a 08 de outubro; período II, 09 de outubro a 25 de outubro, período III, de 26 de outubro a 11 de novembro de 2008.

### **Origem dos alimentos e dietas experimentais**

A silagem de cana-de-açúcar foi produzida nas dependências do Campo Experimental de Coronel Pacheco, em silo tipo trincheira. Foi adicionada, no momento da ensilagem, ureia (1% com base na MN). Para a compactação do material foi utilizado um trator, e o silo foi vedado com lona plástica e uma camada superior de aproximadamente 5 cm de terra. O silo foi mantido fechado por 180 dias.

O caroço de algodão utilizado em todo o período experimental apresentou caracterização comercial "alto línter" ou caroço de algodão branco, com maior conteúdo de fibra, segundo classificação comentada por Arieli (1998). Na preparação do suplemento concentrado utilizado em todos os tratamentos foram usados: grãos de milho moído, farelo de algodão e mistura vitamínico-mineral.

As dietas experimentais, que consistiam os tratamentos, tiveram como volumoso-base a silagem de cana-de-açúcar 1% de ureia, e foram formuladas com o objetivo de atender às exigências estabelecidas pelo NRC (2001) para essa categoria animal. A relação volumoso:concentrado foi de 60:40. Os tratamentos utilizados, em base de matéria seca (MS), foram os seguintes:

- T1 - Controle ou 0% de caroço de algodão (CA) na MS, silagem de cana-de-açúcar (SCA) + suplemento concentrado;
- T2 - 5% de CA na MS, silagem de cana-de-açúcar (SCA) + suplemento concentrado;
- T3 - 10% de CA na MS, silagem de cana-de-açúcar (SCA) + suplemento concentrado;
- T4 - 15% de CA na MS, silagem de cana-de-açúcar (SCA) + suplemento concentrado;

A composição química dos ingredientes utilizados na formulação das dietas experimentais está apresentada na Tabela 14. A composição percentual dos ingredientes das dietas experimentais, bem como a composição bromatológica encontra-se na Tabela 15.

### **Procedimento experimental e coleta de dados**

O consumo individual voluntário dos nutrientes foi determinado diariamente com auxílio do mecanismo presente nos cochos, os portões eletrônicos do tipo *calan-gates* (American Calan Inc., Northwood, NH, EUA), que só permitiam acesso ao animal a que se destinava a ração. O alimento fornecido era previamente pesado, no final de, aproximadamente, 24 horas após o fornecimento dos alimentos, as sobras eram pesadas. A quantidade oferecida foi ajustada diariamente para permitir,

aproximadamente, 10% de sobras. A adaptação dos animais às dietas e instalações foi, no primeiro período de 25 dias, e nos períodos subsequentes de 15 dias, sendo o período de coleta de sete dias. Os animais foram pesados no início e final de cada fase experimental, a média entre os pesos foi utilizada para o cálculo do consumo em unidade de peso metabólico ( $\text{kg}^{0,75}$ ).

Tabela 14 - Composição percentual e bromatológica das dietas experimentais

Ingredientes <sup>2</sup>	Dietas Experimentais <sup>1</sup>			
	0	5	10	15
Composição percentual				
Silagem de cana-de-açúcar	60	60	60	60
Milho moído	23	22	21	19,5
Farelo de algodão	16,5	12,5	8,5	4
Caroço de algodão	0	5	10	15
PVM – Polivitamínico-mineral	1,5	1,5	1,5	1,5
Composição bromatológica				
Matéria seca	94,77	94,58	94,84	94,99
Matéria orgânica	87,60	87,35	87,49	87,55
Proteína bruta	12,53	12,88	12,52	13,78
Fibra em detergente neutro	51,14	51,72	50,81	50,22
Fibra em detergente ácido	28,55	29,09	27,92	28,30
Hemicelulose	22,59	22,63	22,89	21,92
Carboidratos totais	80,56	79,62	79,09	77,05
Carboidratos não fibrosos	29,42	27,90	28,28	26,83
Extrato etéreo	1,85	2,51	2,75	3,94
Cinzas	5,13	5,16	5,15	4,94
Energia Bruta (cal/gMS)	4395,6	4440,6	4485,	4530,5
NIDN <sup>3*</sup>	12,4	12,1	12,9	12,0
NIDA <sup>4*</sup>	5,8	7,2	7,3	7,7

<sup>1</sup>Níveis de adição de caroço de algodão nas dietas; <sup>2</sup>Ingredientes utilizados na formulação do concentrado comum a todas as dietas e demais componentes das dietas experimentais; <sup>3</sup>Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; <sup>4</sup>Nitrogênio insolúvel em detergente neutro.

As dietas foram divididas em duas refeições, sendo 60% fornecida às 7:00 e o restante às 16:00 h. As dietas foram fornecidas como mistura completa e a homogeneização realizada por misturador/distribuidor Data Ranger® (American Calar Inc., Northwood, NH, EUA). As amostras oferecidas da dieta completa (volumoso, concentrado e seus ingredientes), e sobras foram retiradas diariamente às 6:30 h,

pesadas, identificadas e acondicionadas em sacos plásticos. Em seguida, as amostras foram armazenadas a -20°C para posteriores análises bromatológicas.

Após descongelamento em temperatura ambiente, foi preparada uma amostra composta por animal, as amostras de volumoso e concentrado oferecidos, e sobras, foram pré-secadas em estufa de ventilação forçada à temperatura de 55°C por 72 horas. Posteriormente, as mesmas foram moídas em moinho tipo Willey com peneira de malha de 1 mm.

Com a impossibilidade da realização da coleta total das fezes, para o estudo de digestibilidade dos nutrientes, foram realizadas estimativas de produção fecal (kg/d de matéria seca) utilizando-se o indicador externo óxido de Cromo.

O óxido de cromo foi administrado duas vezes ao dia na dosagem de 5g/vaca/dia envolto por saco de papel fornecido sob a forma de “balas”. As balas foram administradas oralmente após contenção em tronco apropriado, antes da ordenha da manhã e da tarde. Foram utilizados cinco dias de fornecimento antes do início das coletas. Para a dosagem do indicador nas fezes foram feitas duas coletas diariamente, pela manhã e à tarde, durante cinco dias consecutivos, diretamente da ampola retal.

### ***Análises de laboratório***

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária – UFMG, em Belo Horizonte. As amostras de alimentos oferecidos e de sobras foram analisadas em duplicatas. Os teores de matéria seca (MS) foram determinados conforme AOAC (1995), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados por metodologia descrita por AOAC (1995), os teores de extrato etéreo (EE) e cinzas foram determinados segundo Silva e Queiroz (2002).

As análises de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra solúvel em detergente ácido (FDA) foram realizadas de acordo com o método seqüencial de Van Soest *et al.* (1991), com adição de amilase termo-resistente no aparelho *Fiber analyser* ANKOM, com modificações em relação aos sacos, utilizou-se sacos de TNT.

Tabela 15 – Composição bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais

Itens	Ingredientes			
	Silagem de cana-de-açúcar	Milho moído	Caroço de algodão	Farelo de algodão
Matéria seca	93,10	92,03	90,81	88,42
Proteína bruta	11,46	7,8	23,01	12,82
FDN <sup>1</sup>	50,23	16,84	44,98	46,75
FDA <sup>2</sup>	30,82	8,81	33,48	34,72
CNF <sup>3</sup>	33,89	69,85	11,16	35,4
Extrato etéreo	0,62	3,01	18,35	2,01

<sup>1</sup>Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; <sup>2</sup>Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; <sup>3</sup>Carboidratos não fibrosos.

O teor de matéria orgânica (MO) foi calculado pela diferença entre o teor de MS e de cinzas. O teor de hemicelulose foi obtido a partir da diferença entre as concentrações de FDN e FDA. Para estimativa dos carboidratos totais (CHOT) e dos carboidratos não fibrosos (CNF) foram usadas equações propostas por Sniffen *et al.* (1992):

$$CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%cinzas);$$

$$CNF = 100 - (\%FDN + \%PB + \%EE + \%cinzas)$$

O óxido crômico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) contido nas amostras de fezes foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica (EAA), segundo metodologia descrita por Silva & Queiroz, (2002,) e a produção fecal calculada por meio da fórmula:

$$PFCr \text{ (g MS/dia)} = Cr \text{ ingerido(g/dia)} / (\%Cr \text{ amostra}/100)/(\%MS_{105^\circ C}/100)$$

Onde:

PFCr = Produção fecal estimada pelo óxido de cromo

Cr = cromo

MS = Matéria seca das fezes em estufa a 105°C

## Resultados e Discussão

Os consumos dos nutrientes das dietas encontram-se na Tabela 16. O consumo de matéria seca não foi influenciado ( $P>0,05$ ) pelo aumento de caroço de algodão nas dietas experimentais, com média de 15,72 kg/dia.

Os resultados encontrados na literatura referentes ao CMS em vacas leiteiras suplementadas com fontes de gordura não são consistentes. De acordo com Allen (2000), a suplementação de óleo nas rações de vacas em lactação tem proporcionado redução da digestibilidade da matéria seca e consequente diminuição do CMS. No entanto, é preciso considerar que quando se avalia o CMS de vacas suplementadas com fontes de gordura, vários parâmetros estão envolvidos, sendo os principais a digestibilidade da fração fibrosa, o tipo de volumoso utilizado, a fonte e nível de gordura utilizado, e o estágio de lactação no qual se iniciou a suplementação de gordura (NRC, 2001; Staples et al.,(2000); Onetti & Grummer, 2004).

Além disso, pode haver queda no consumo de matéria seca (CMS). Entretanto, a magnitude dessa redução de consumo muitas vezes não é suficiente para reduzir o aporte energético oferecido pelas fontes de gordura (NRC, 2001). Coppock et al. (1987), revisando 18 experimentos, revelaram não haver diferenças significativas no consumo de MS, quando o CA foi incluído até 25% da dieta, sugerindo que na maioria dos experimentos, provavelmente tenha ocorrido aumento no consumo de energia líquida.

O consumo de FDA apresentou efeito quadrático ( $P<0,05$ ). O mesmo comportamento observado para o CFDA em relação à UTM. A digestão ruminal de carboidratos estruturais pode ser reduzida em 50% quando menos de 10% de gordura é adiciona nas rações (Freitas Junior et al., 2010). Assim, poderia ter ocorrido efeito de enchimento ruminal e posterior queda no consumo se a digestibilidade dessas frações fossem afetadas.

O consumo de carboidratos não fibrosos (CCNF) sofre influência ( $P<0,05$ ) da inclusão de CA nas dietas. O estudo de regressão apontou um efeito linear descendente, ou seja, a inclusão de caroço de algodão diminuiu o consumo de carboidratos não fibrosos.

Tabela 16. Valores médios do consumo de nutrientes, em quilogramas por dia (kg/dia) e em gramas por unidade de tamanho metabólico por dia (g/UTM), para vacas em lactação alimentadas com dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia contendo níveis crescentes de caroço de algodão.

Parâmetros	Inclusão de CA na MS da dieta				Equações	r <sup>2</sup>	CV (%)
	0	5	10	15			
Consumo de Matéria Seca							
Kg/dia	15,62	15,09	14,11	14,84	$\hat{Y}=14,91$	-	15,72
g/UTM	149,15	145,00	142,19	138,13	$\hat{Y}=143,62$	-	16,67
Consumo de Matéria Orgânica							
Kg/dia	13,62	13,14	12,33	13,01	$\hat{Y}=13,02$	-	15,75
g/UTM	129,97	126,31	124,27	121,13	$\hat{Y}=125,42$	-	16,70
Consumo de Fibra Insolúvel em Detergente Neutro							
Kg/dia	7,96	7,73	7,20	7,55	$\hat{Y}=7,61$	-	14,93
g/UTM	76,08	74,38	72,58	70,29	$\hat{Y}=73,34$	-	16,10
Consumo de Fibra Insolúvel em Detergente Ácido							
Kg/dia	4,85	4,46	3,88	4,26	$y=7,5495x^2-159,06x+4,892^*$	0,86	15,16
g/UTM	46,17	42,86	39,12	39,69	$y=0,0388x^2-1,046x+46,409^*$	0,97	16,13
Consumo de Proteína Bruta							
Kg/dia	1,94	1,90	1,85	2,14	$\hat{Y}=1,91$	-	16,00
g/UTM	18,53	18,30	18,45	19,46	$\hat{Y}=18,68$	-	16,82
Consumo de Carboidratos Não Fibrosos							
Kg/dia	5,04	4,59	4,42	4,36	$y=-44,016x+4,93^*$	0,86	13,76
g/UTM	48,10	44,11	44,46	40,55	$y=-0,4457x+47,65^*$	0,87	14,65
Consumo de Extrato Etéreo							
Kg/dia	0,29	0,38	0,39	0,58	$y=17,92x+0,276^*$	0,86	15,95
g/UTM	2,76	3,64	3,91	5,44	$y=0,1664x+2,6899^*$	0,93	17,13

\* = P<0,05

O consumo de proteína bruta (CPB) não foi afetado pela inclusão de caroço de algodão nas dietas. O caroço de algodão é relativamente rico em proteína, quando comparado com grãos e cereais, no entanto, a inclusão de níveis crescentes neste estudo pode não ter influenciado o CPB por conta do balanceamento das dietas. As dietas foram formuladas para serem isoproteicas. O consumo médio de PB das dietas experimentais foi de 1,91 kg//dia.

O caroço de algodão já fora considerado uma “gordura protegida” por envolver a porção lipídica em fração fibrosa. No entanto, alguns autores questionam essa proteção. Keele et al.(1989), num ensaio com bovinos alimentados com caroço de

algodão, verificaram não haver proteção contra a bio-hidrogenação ruminal dos lipídios no rúmen, provavelmente pela exposição dos mesmos ao ataque microbiano, devido à remastigação das sementes. No entanto, a ruminação também seria uma forma de proteção aos microrganismos uma vez que a gordura contida no CA é liberada lentamente, durante todo o dia, facilitando o processo de bio-hidrogenação, sem prejudicar a digestão de outros nutrientes.

O consumo de extrato etéreo (CEE) foi influenciado pela inclusão de níveis crescentes de caroço de algodão ( $P < 0,05$ ). O estudo de regressão evidenciou um comportamento linear ascendente do consumo deste nutriente, reflexo do conteúdo de extrato etéreo do caroço de algodão e sua respectiva porcentagem de inclusão nas dietas experimentais. Resultados semelhantes foram encontrados por Luginbuhl et al. (2000), que observaram aumentos no consumo de extrato etéreo de ordem cúbica. Mahgoub et al. (2000), salientaram que o aumento na densidade energética é comumente associado ao consumo mais alto em extrato etéreo.

Na Tabela 17 estão apresentadas as digestibilidades dos nutrientes de acordo com as dietas experimentais. As digestibilidades da matéria seca e matéria orgânica não foram influenciadas ( $P > 0,05$ ) pelos tratamentos experimentais. Segundo Palmquist e Corand (1991), pode haver uma redução de 2,2% na digestibilidade de MS para cada 100g de gordura consumida, sendo essa redução da digestibilidade linear e em resposta ao aumento da gordura na dieta de vacas em lactação. Essa relação não foi observada no presente estudo.

Tabela 17. Digestibilidade aparente dos nutrientes de dietas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia contendo níveis crescentes de caroço de algodão.

Parâmetros	Inclusão de CA na MS da dieta				Equações	$r^2$	CV
	0	5	10	15			
DAMS <sup>1</sup>	62,76	62,27	60,45	65,62	$\hat{Y}=62,78$	-	10,06
DAMO <sup>2</sup>	66,29	64,96	64,92	66,49	$\hat{Y}=65,68$	-	8,81
DAPB <sup>3</sup>	65,95	67,04	66,94	72,67	$y=0,0464x^2-0,2954x+66,3^*$	0,91	6,05
DAFDN <sup>4</sup>	64,84	62,48	63,25	63,75	$\hat{Y}=64,58$	-	9,60
DAFDA <sup>5</sup>	65,66	64,93	60,79	63,24	$\hat{Y}=64,40$	-	12,23
DACNF <sup>6</sup>	51,01	47,18	49,36	50,12	$\hat{Y}=49,43$	-	20,10
DAEE <sup>7</sup>	89,46	82,80	85,94	88,28	$y=0,09x^2-1,358x+88,93^*$	0,78	3,85

\*  $=P < 0,05$ ; <sup>1</sup>DAMS – digestibilidade aparente da matéria seca; <sup>2</sup>DAMO – digestibilidade aparente da matéria orgânica; <sup>3</sup>DAPB – digestibilidade aparente da proteína bruta; <sup>4</sup>DAFDN – digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro; <sup>5</sup>DAFDA – digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido; <sup>6</sup>DACNF – digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos; <sup>7</sup>DAEE – digestibilidade aparente do extrato etéreo.

Devendra e Lewis (1974) comentaram sobre efeitos negativos da inclusão de lipídeos às dietas de ruminantes, principalmente, com relação à queda da digestibilidade das frações fibrosas. No presente estudo não houve efeito ( $P>0,05$ ) da inclusão do caroço de algodão sobre as digestibilidades das frações fibrosas.

A digestibilidade da PB foi afetada ( $P<0,05$ ) pela inclusão de CA nas dietas. O estudo de regressão evidenciou um efeito quadrático.

Na Tabela 18 estão apresentados os resultados de produção e composição do leite. A produção, gordura e lactose não sofreram influência ( $P<0,05$ ) dos tratamentos estudados. O componente do leite que apresenta maior variabilidade é a gordura. Esta variação pode ser observada até entre vacas da mesma raça que recebem alimentação distinta. Neste particular, um dos fatores que mais poderá influenciar no percentual de gordura do leite é o teor de fibra da dieta ou a relação volumoso:concentrado. Assim, quanto maior o teor de fibra da dieta, ou seja, quanto maior a relação volumoso:concentrado, maior o teor de gordura do leite, devido à variação na proporção de ácidos graxos de cadeia curta produzidos no rúmen em função da diferença na dieta. Alguns estudos mostraram maior produção de leite corrigida para 4% (Anderson et al., 1979; Smith et al., 1981; Peters et al., 1985; Horner et al., 1986) e para 3,5% de gordura (Wilks et al., 1991). Entretanto, outros estudos não obtiveram tal resposta (Smith et al., 1980; Hawkins et al., 1985).

Tabela 18. Produção e composição do leite de vacas alimentadas à base de silagem de cana-de-açúcar com 1% de ureia contendo níveis crescentes de caroço de algodão.

Variáveis	Inclusão de CA na MS da dieta				Equações	r <sup>2</sup>	CV
	0	5	10	15			
PL <sup>1</sup>	13,88	14,68	14,64	14,04	$\hat{Y}=14,31$	-	3,2
ESD <sup>2</sup>	8,61	8,62	8,60	8,40	$\hat{Y}=-0,043x^2+0,160x+8,487^*$	0,97	0,6
GOR <sup>3</sup>	4,07	4,05	4,18	4,00	$\hat{Y}=4,07$	-	10,0
PTN <sup>4</sup>	3,01	3,00	3,01	3,04	$\hat{Y}=3,02$	-	2,1
EST <sup>5</sup>	12,52	12,63	12,97	12,13	$\hat{Y}=-0,238x^2+1,105x+11,583^*$	0,73	3,3
LAC <sup>6</sup>	4,49	4,60	4,55	4,39	$\hat{Y}=4,51$		2,1

\* = $P<0,05$ ; <sup>1</sup>Produção de leite (kg/dia); <sup>2</sup>Extrato seco desengordurado; <sup>3</sup>Gordura ; <sup>4</sup>Proteína; <sup>5</sup>Extrato seco total; <sup>6</sup>Lactose.

O desempenho produtivo de vacas leiteiras suplementadas com fontes de gordura pode variar em função da dieta basal (especialmente o volumoso), estágio de lactação, balanço energético, composição e nível de inclusão da fonte de gordura utilizada (NRC, 2001). Ao que parece, as dietas experimentais mantiveram o mesmo

aporte de nutrientes, já que não houve alterações na produção de leite.

Os teores de extrato seco desengordurado (ESD) e de extrato seco total (EST) do leite foram influenciados ( $P > 0,05$ ) com a inclusão de caroço de algodão nas dietas. Esses parâmetros apresentaram um comportamento quadrático. O extrato seco total é representado pela soma da gordura, açúcar, proteínas e sais minerais contidos no leite. Manter os níveis de EST é extremamente importante, pois quanto maior esse componente no leite, maior será o rendimento dos produtos lácteos.

O percentual de Extrato Seco Desengordurado (ESD) também pode variar em função do tipo de alimentação fornecida aos animais. Esta variação parece estar relacionada, principalmente, com o nível de energia, uma vez que o aumento deste valor na dieta de vacas de alta produção pode conduzir a um aumento de até 0,2% no percentual de ESD (Senyk et al., 1985). É importante destacar que a variação no ESD é decorrer, sobretudo, da variação do nível de proteína do leite, o que evidencia a importância deste parâmetro para a avaliação do rendimento industrial o produto utilizado como matéria-prima (Reneau e Packard, 1991).

## **Conclusões**

A inclusão de caroço de algodão em níveis crescentes para dietas de vacas leiteiras não alterou a maioria dos componentes do leite, exceção feita aos extratos secos total e desengordurado.

Os consumos dos componentes fibrosos da dieta não foram influenciados pela inclusão do caroço de algodão. As digestibilidades desses componentes também não foram afetadas. Recomenda-se a utilização de caroço de algodão na dieta de vacas em lactação em até 15% de inclusão, pois o aporte de nutrientes não foi alterado, fato evidenciado pela manutenção da gordura e da produção de leite.

## Referências bibliográficas

- ALLEN, M.S. Effects of diet on short-term regulation on of fees intake by lactating cattle. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.1598-1624, 2000.
- ANDERSON, M.J.; ADAMS, D.C.; LAMB, R.C. et al. Feeding whole cottonseed to lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**., v.62, p.1098-1103, 1979.
- ARIELI, A. Whole conttonseed in dairy cattle feeding: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.72, p.97-110, 1998.
- AGRICULTUAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and requirements of ruminants**. Wallingford, CAB INTERNATIONAL. 1993. 195p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 16 ed. Washington – D.C.: AOAC, 1980. 1015p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 16 ed. Washington – D.C.: AOAC, 1995. 2000p.
- COPPOCK, C.E.; LANHAM, J.K.; HORNER, J.L. A review of nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed meal and associated by-products by dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.18, n.2, p.89-129, 1987.
- DEVENDRA, C.; LEWIS, D. The interaction between dietary lipids and fibre in the sheep. 2. Digestibility studies. **Journal of Animal Production**, v.19, p.67-76, 1974
- ENSMINGER, M.E., OLDFIELD, J.E., HEINEMANN, W.W. 1990. Feed analyses, feed evaluation. **In: Feed & nutrition**. 2.ed. Clovis: The Ensminger Publishing Company. p.553-574.
- FREITAS JUNIOR, J. E., RENOÓ, F. P., SANTOS, M. V., GANDRA, J. R., ATURANA FILHO, M., VENTURELLI, B. C. Productive performance and composition of milk protein fraction in dairy cows supplemented with fat sources. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.4, p.845-852, 2010.
- HAWKINS, G. E., CUMMINS, K.A., SILVERIO, M., JILEK, J.J. Physiological effects of whole cottonseed in the diet of lacting dairy cows. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 68. n.10, p.2608-2612, 1985.
- HORNER, J.L.; COPPOCK, C.E.; SCHELLING, G.I.; LABORE, J.M.; NAVE, D.H. Influence of niacin and whole cottonseed on intake, milk yield and composition, and systemic responses of dairy cows. **Journal Dairy Science**, Savoy, v.69, p.3087-3093, 1986.
- KEELE, J.W.; ROFFLER, R.E.; BEYERS, K.Z. Ruminal metabolism in non-lactating cows fed whole cottonseed or extruded soybeans. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.67, p.1612-1622, 1989.

LUGINBUHL, J.M.; POORE, M.H.; CONRAD, A.P. Effect of level of whole cottonseed on intake, digestibility, and performance of growing male goats fed hay-based diets. **Journal Dairy Science**, v.78, p.1677-1683, 2000.

MAHGOUB, O.; LU, C.D.; EARLY, R.J. Effects of dietary energy density on feed intake, body weight gain and carcass chemical composition of Omani growing lambs. **Small Ruminants Reserch.**, v.37, p.35-42, 2000.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washinton, D.C.: National Academic Press, p. 381, 2001.

ONETTI S, G.; GRUMMER, R. R. Response of lactating cows to three supplemental fat sources as affected by forage in the diet and stage of lactation: a meta-analysis of literature. **Animal Feed Science and Technology**, v.115, n.1/2, p.65-82, 2004.

PALMQUIST, D.L.; CONRAD, H.R. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.74, p.1354-1360, 1991.

PETERS, A.R.; PIMENTEL, M.G.; LAMMING, G.E. Hormone responses to exogenous GnRH pulses in post-partum dairy cows. **Journal of Reproduction and Fertility**, v. 75, p. 557-565, 1985.

RENEAU, J.K. & PACKARD, V.S. Monitoring mastitis, milk quality and economic losses in dairy fields. **Dairy, Food and Environmental Sanitation**, 11: 4-11, 1991.

SENYK, G.R.; BARBANO, D.M.; SHIPE, W.F. Proteolysis in milk associated with increasing somatic cell counts. **Journal Dairy Science**, v.68, p.2189-2194, 1985.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: Editora UFV. 2002.

SMITH, N.E.; COLLAR, L.S.; BATH, D.L.; DUNKLEY, W.L.; FRANKE, A .A . Whole cottonseed or extruded soybean for cows in early lactation. **Journal Dairy Science**. Blacksburg, sup. 1, p. 153-154, 1980.

SMITH, N.E.; COLLAR, L.S.; BATH, D.L.; DUNKEY, W.L.; FRANKE, A.A. Digestibility and effects of whole cottonseed fed to lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 64, p. 2209-2215, 1981.

STAPLES, C.R.; WILTBANK, M.C.; GRUMMER, R.R.; GUENTHER, J.; SARTORI, R.; DIAZ, F.J.; BERTICS, S.; MATTOS, R.; THATCHER, W.W. Effect of long-chain fatty acids on lactation performance and reproductive tissues of Holstein cows. **Journal Dairy Science**, v.83; Suppl. 1, 278, 2000.

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

WILKS, D.L., COPPOCK, C.E., BROOKS, K.N., GATES, C.E., 1991. Effect of differences in starch content of diets with whole cottonseed or rice bran on milk casein. **Journal Dairy Science**, v.74, p.1314–1320.

SNIFFEN, C.J. O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, D.G., et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability.

**Journal of Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal Dairy Science**, v.74, n.9, p.3583-3597, 1991.

## **CAPÍTULO V – Considerações Finais**

O caroço de algodão pode ser utilizado em níveis de até 15% na MS da dieta sem que haja prejuízo no consumo e na digestibilidade da matéria seca, além disso, sua utilização pode se dar como suplemento proteico e energético na alimentação de ovinos, pela sua composição bromatológica, sem agregar prejuízos à efetividade da fibra.

A inclusão de níveis crescentes de CA influenciou positivamente o consumo de energia das dietas experimentais, bem como, a eficiência de utilização da mesma pelos animais. Os parâmetros relativos à respirometria não foram influenciados pela inclusão de CA.

A inclusão de caroço de algodão em níveis crescentes para dietas de vacas leiteiras não alterou a maioria dos componentes do leite, exceção feita aos extratos secos total e desengordurado. Os consumos dos componentes fibrosos da dieta não foram influenciados pela inclusão do caroço de algodão. As digestibilidades desses componentes também não foram afetadas. Recomenda-se a utilização de caroço de algodão na dieta de vacas em lactação em até 15% de inclusão, pois o aporte de nutrientes não foi alterado, fato evidenciado pela manutenção da gordura e da produção de leite.

Estudos que avaliem a efetividade da fibra, a cinética e a degradação ruminal do caroço de algodão e sua relação com os volumosos da dieta, são necessários para maior caracterização deste alimento.