



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS, BIOQUÍMICOS, GANHO EM PESO E  
EMIÇÃO DE METANO DE OVINOS SANTA INÊS ALIMENTADOS COM  
COPRODUTOS DO ALGODÃO**

**PAULO DE MELLO TAVARES LIMA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS**

**BRASÍLIA/DF**

**MARÇO DE 2013**



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS, BIOQUÍMICOS, GANHO EM PESO E  
EMIÇÃO DE METANO DE OVINOS SANTA INÊS ALIMENTADOS COM  
COPRODUTOS DO ALGODÃO**

**PAULO DE MELLO TAVARES LIMA**

**ORIENTADOR: HELDER LOUVADINI**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS**

**PUBLICAÇÃO: 85/2013**

**BRASÍLIA/DF  
MARÇO DE 2013**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS, BIOQUÍMICOS, GANHO EM PESO E  
EMISSÃO DE METANO DE OVINOS SANTA INÊS ALIMENTADOS COM  
COPRODUTOS DO ALGODÃO**

**PAULO DE MELLO TAVARES LIMA**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ANIMAIS,  
COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO  
GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS  
ANIMAIS**

**APROVADO POR:**

---

**HELDER LOUVANDINI, PhD (Universidade de São Paulo)**  
**(ORIENTADOR)**

---

**ELIANE SAYURI MIYAGI, PhD (Universidade Federal de Goiás)**  
**(EXAMINADOR EXTERNO)**

---

**CESAR H. E. CANDAL POLI, PhD (Universidade Federal do Rio Grande do Sul)**  
**(EXAMINADOR EXTERNO)**

**BRASÍLIA/DF, 26 DE MARÇO DE 2013.**

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

LIMA, P. M. T. **Parâmetros hematológicos, bioquímicos, ganho em peso e emissão de metano de ovinos Santa Inês alimentados com coprodutos do algodão.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, 63p. Dissertação de Mestrado.

Documento formal, autorizando reprodução desta dissertação de mestrado para empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passada pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor e seu orientador reservam para si os direitos autorais de publicação. Nenhuma parte dessa dissertação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor ou de seu orientador. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

## FICHA CATALOGRÁFICA

LIMA, Paulo de Mello Tavares. **Parâmetros hematológicos, bioquímicos, ganho em peso e emissão de metano de ovinos Santa Inês alimentados com coprodutos do algodão.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013. 63p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animais) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2013.

1. Caroço de algodão. 2. Farelo de algodão. 3. Gossipol. 4. Suplementação. 5. Torta de algodão. I. Louvandini, H. II. PhD.

CDD ou CDU  
Agris / FAO

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela vida e por tudo que já alcancei até aqui;

À Universidade de Brasília, pela infraestrutura, física e pedagógica, para a conclusão deste curso de mestrado;

Ao CNPq/MAPA (Processo 578541/2008-4) e à CAPES por todo o suporte técnico e financeiro, sem os quais seria impossível a realização deste projeto;

Ao meu orientador Helder Louvandini, por depositar confiança em meu trabalho desde meados de meu curso de graduação, estando sempre disposto a contribuir para minha formação como profissional, me passando exemplos e ensinamentos que certamente extrapolam o campo acadêmico e agregam cada vez mais valores positivos ao meu caráter;

Aos co-autores deste projeto, Aline Campeche Lopes e Pedro Batelli de Oliveira, pelo extremo comprometimento, zelo e dedicação dispensados ao trabalho;

À professora Concepta McManus, pela constante disposição em ajudar demonstrada durante todo o curso de mestrado;

Aos meus colegas de trabalho e amigos pessoais, Guilherme Dias Moreira, Tiago do Prado Paim e Bruno Stéfano Lima Dallago, pois sem estes o caminho que tracei até aqui teria sido muito mais árduo;

Aos funcionários do CMO, Antônio Fernandes, Rodrigo "Buiú" e Gilson, pelo apoio com o manejo dos animais e pelo vários momentos descontração que fizeram o trabalho ser bem mais agradável;

Aos professores Francisco Ernesto Moreno Bernal e Cristiano Barros de Melo, por todo o apoio em momentos críticos da trajetória;

Às colegas de curso Pauline Galvão Viana e Geisa Isilda Ferreira Esteves, e aos estagiários, Eduardo Guimarães Brandão, Caio Cesar Cardoso, Samara Amador e Tatiana Moraes Barbosa, os quais sempre que possível ofereceram braços e mãos “extras” para a realização de diversas tarefas ao longo dos experimentos;

Aos meus amigos veterinários Emanuel Pereira Couto e Juliana Pigossi Neves, pelas várias coletas de sangue e análises laboratoriais que pude contar com enorme ajuda;

Aos laboratórios de Química Analítica Ambiental - UnB e Patologia Clínica Veterinária - UnB, que deram suporte fundamental para a realização deste projeto;

A todo o pessoal do Laboratório de Nutrição Animal - LANA do CENA/USP, por terem me recebido muito bem em uma etapa que acrescentou muito à minha formação;

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Animais da Universidade de Brasília, e aos professores da Universidade Federal de Minas Gerais, os quais eu pude conhecer por meio do Programa Nacional de Cooperação Acadêmica - PROCAD. Todos os citados tiveram importância fundamental nesta nova etapa de minha formação acadêmica;

Aos meus pais, José Carlos Tavares Lima e Jussara José de Mello, pelo enorme carinho, e por sempre me inspirarem a dar o meu melhor, não só no trabalho, mas em todas as áreas da vida, contribuindo de maneira imensurável para a construção do homem que estou me tornando, me faltam palavras para agradecer a vocês;

Ao meu irmão Bruno de Mello Tavares Lima, por todo o companheirismo e apoio incondicional nas mais diversas situações durante toda a minha vida e à minha avó Carmen Souza Lima de Mello, pela compreensão e carinho.

## ÍNDICE

Capítulos/Sub-capítulos	Página
RESUMO	viii
ABSTRACT	x
CAPÍTULO 1 - Introdução	1
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Problemática e Relevância	1
1.2 Objetivos	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Ovinocultura no Brasil	4
2.2 Uso de Coprodutos do Algodão na Nutrição de Ruminantes	6
2.3 Gossipol	9
2.4 Emissão de Metano em Ruminantes	12
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
CAPÍTULO 2 - DESEMPENHO, PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E HEMATOLÓGICOS DE OVINOS SUPLEMENTADOS COM COPRODUTOS DO ALGODÃO	23
RESUMO	23
ABSTRACT	25
1 INTRODUÇÃO	27
2 MATERIAL E MÉTODOS	29
2.1 Local	29
2.2 Animais e Instalações	29
2.3 Manejo Alimentar	29
2.4 Análise Bromatológica das Dietas	31
2.5 Coleta de Dados	32
2.6 Análise Estatística	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4 CONCLUSÃO	40
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
CAPÍTULO 3 - EMISSÃO DE METANO EM OVINOS ALIMENTADOS COM COPRODUTOS DO ALGODÃO	44
RESUMO	44
ABSTRACT	45
1 INTRODUÇÃO	46
2 MATERIAL E MÉTODOS	48
2.1 Local	48
2.2 Animais e Instalações	48
2.3 Manejo Alimentar	48
2.4 Análise Bromatológicas das Dietas	50

2.5 Avaliação da Emissão de Metano (CH <sub>4</sub> )	51
2.6 Análise Estatística	52
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4 CONCLUSÃO	57
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	62

## **PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS, BIOQUÍMICOS, GANHO EM PESO E EMISSÃO DE METANO DE OVINOS SANTA INÊS ALIMENTADOS COM COPRODUTOS DO ALGODÃO**

Aluno: Paulo de Mello Tavares Lima, UnB, Brasília, DF

Orientador: Helder Louvandini, PhD, USP, Piracicaba, SP

### **RESUMO**

Foram realizados dois experimentos ao longo deste trabalho. O primeiro teve o objetivo de avaliar os efeitos da suplementação de concentrado a base de coprodutos do algodão sobre parâmetros hematológicos, bioquímicos e ganho em peso de borregos Santa Inês. Este ensaio teve duração de 90 dias, foram utilizados 22 animais, sendo formados quatro grupos experimentais, que se diferenciaram entre si de acordo com o coproduto do algodão empregado na formulação do concentrado. Assim sendo, formaram-se os grupos: Controle (CON) (sem coproduto do algodão); Carozo de algodão (CAR); Farelo de algodão (FAR); e Torta de algodão (TOR). Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições para os grupos CON e FAR e cinco para os grupos CAR e TOR. Não foi verificada diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os quatro tratamentos em nenhum dos parâmetros hematológicos e bioquímicos avaliados. Na avaliação de parâmetros hematológicos, com exceção ao parâmetro leucócitos (Leu), todos os valores permaneceram dentro da faixa de valores de referência para ovinos. Na avaliação dos parâmetros bioquímicos, o único parâmetro que apresentou resultados fora da faixa de valores de referência para ovinos foi a ureia sérica. As alterações verificadas nos resultados dos parâmetros Leu e ureia foram explicadas por mecanismos fisiológicos, e considerando-se o fato de que não foram observados sinais clínicos de intoxicação por gossipol nos animais ao longo de todo o experimento, concluiu-se que o gossipol na dieta não causou nenhum efeito tóxico aos animais. Avaliando-se o ganho em peso dos animais ao longo do período experimental, não se observou diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os quatro tratamentos, indicando que as rações formuladas com coprodutos do algodão propiciaram mesmo nível de desempenho aos animais que a ração do grupo CON, formulada a base de milho e farelo de soja, sem inclusão de coprodutos do algodão. Dessa forma, concluiu-se que os coprodutos do algodão constituem-se uma boa opção de suplementação para cordeiros. O segundo ensaio teve como objetivo avaliar o efeito da suplementação de coprodutos do algodão sobre a emissão de metano ( $\text{CH}_4$ ) em ovelhas Santa Inês. A técnica empregada para avaliação da emissão de  $\text{CH}_4$  foi a do gás traçador hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ). Foram utilizadas 12 ovelhas adultas, por um período experimental de 19 dias (14 adaptação, 5 coleta). Formaram-se novamente, quatro grupos experimentais: CON, CAR, FAR, TOR. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições. As rações utilizadas apresentavam diferentes teores de gossipol, uma vez que foram usados diferentes coprodutos do algodão na formulação das mesmas. Por meio de adição de óleo de soja,

equilibrou-se o teor de extrato etéreo das rações dos quatro tratamentos. Não foi verificada diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre nível de emissão de  $\text{CH}_4$  dos quatro tratamentos, e por meio de análise de regressão linear e quadrática, observou-se que não houve relação entre o nível de gossipol na dieta e a emissão de  $\text{CH}_4$  dos animais.

**Palavras-chave:** caroço de algodão, farelo de algodão, gossipol, suplementação, torta de algodão.

## ABSTRACT

Two experiments were conducted throughout this work. The first aimed to evaluate the effects of the supplementation of concentrates formulated with cottonseed byproducts on hematological and biochemical parameters; and daily weight gain of Santa Inês lambs. This experiment lasted 90 days, 22 animals were used, divided into four experimental groups, which were distinguished from each other in accordance with the cottonseed byproduct employed in concentrates formulation. Therefore, the groups were: Control - CON (no cottonseed byproduct); Whole cottonseed (CAR); Cottonseed meal (FAR); Cottonseed cake (TOR). A completely randomized design was used, with six repetitions for the groups CON and FAR and five for the groups CAR and TOR. No statistical difference was found ( $P > 0.05$ ) between the four treatments in any of the hematological and biochemical parameters evaluated. In the evaluation of hematological parameters, except for the parameter leukocytes (Leu), all values remained within the reference range for sheep. In the evaluation of biochemical parameters, the only parameter that presented results out of the reference range values for sheep was serum urea. The alterations observed in the evaluation of the parameters Leu and urea were explained by physiological mechanisms, and considering the fact that no clinical signs of gossypol intoxication were observed in the animals throughout the whole experimental period, it was concluded that dietary gossypol caused no toxic effect on animals. Evaluating the daily weight gain of the animals during the trial, it was found no statistical difference ( $P > 0.05$ ) between the four treatments, indicating that the animals fed cottonseed byproducts have presented the same performance level of the animals of the CON group, which were fed concentrate formulated with corn grains and soybean meal, with no inclusion of any cottonseed byproduct. Thus, it was concluded that the cottonseed byproducts constitute a good option for lambs supplementation. The second experiment aimed to evaluate the effects of supplementation of concentrates formulated with cottonseed byproducts on the methane ( $\text{CH}_4$ ) emission of Santa Inês sheep. The technique used to evaluate the  $\text{CH}_4$  emission was the sulfur hexafluoride ( $\text{SF}_6$ ) tracer technique. 12 Santa Inês mature sheep were used for an experimental period of 19 days (14 adaptation, 5 collection). The animals were divided into four experimental groups: CON, CAR, FAR, TOR. A completely randomized design was used, with four treatments and three repetitions. The diets used presented different gossypol levels from each other, since different cottonseed byproducts were used in the formulation of the concentrates, and by addition of soybean oil, the ether extract content was balanced between the diets. No statistical difference was found ( $P > 0.05$ ) between  $\text{CH}_4$

emission level of the four treatments, and by linear and quadratic regression analysis, it was observed that there was no relation between the dietary gossypol and CH<sub>4</sub> emission of sheep.

**Key-words:** cottonseed cake, cottonseed meal, gossypol, supplementation, whole cottonseed.

## **CAPÍTULO 1**

### **1. INTRODUÇÃO**

#### **1.1 Problemática e Relevância**

A nutrição animal constitui-se em um dos principais pilares dos sistemas de produção de carne ovina. A qualidade e quantidade dos nutrientes consumidos pelos animais são fatores que estão diretamente ligados ao nível de produção de carne dos mesmos. A suplementação de alimentos com alto valor nutritivo é uma estratégia que é adotada nos sistemas de produção, com o objetivo de se aumentar a produtividade, melhorando também a qualidade do produto ofertado ao consumidor (Madruga et al., 2005; Cunha et al., 2008).

Em adição à sua importância para a produtividade do sistema, a nutrição representa uma das maiores fontes de gastos para o produtor pecuário. O uso de coprodutos da agroindústria como fonte de nutrientes na criação de animais, prática já adotada há centenas, talvez milhares de anos, possibilita a redução dos custos com a nutrição, muitas vezes sem trazer prejuízos à produção (Grasser et al., 1995).

Neste contexto, o Brasil encontra-se entre os maiores produtores de algodão do mundo, e durante as suas etapas de processamento industrial, são gerados coprodutos de grande valor nutricional para ruminantes, tais como o caroço, a torta e o farelo de algodão (Paim et al., 2010; USDA, 2012). No entanto, o uso dos coprodutos do algodão na alimentação animal é limitado pela presença do gossipol, molécula tóxica presente em toda a planta, mas que é encontrada em maiores concentrações no caroço do algodão (Blauwiekel et al., 1997).

Sabe-se que a toxicidade do gossipol é maior para animais monogástricos, uma vez que em ruminantes, essa molécula pode se ligar a proteínas durante sua passagem pelo

rúmen, formando complexos que não são absorvidos no trato digestivo dos animais (Reiser & Fu, 1962; Zhang et al., 2007).

A manifestação de sinais clínicos de intoxicação por gossipol em ruminantes é dificilmente observada, no entanto, quando consumido em grandes quantidades, ou por animais jovens, que ainda não tenham atingido desenvolvimento pleno da função ruminal, o gossipol pode causar intoxicação (Randel et al., 1992). Outra característica do gossipol que impõe limites à sua inclusão na dieta de animais é o fato desta molécula ser reconhecidamente um agente causador de infertilidade, podendo afetar animais de ambos os sexos (Gizejewski et al. 2008). Deve-se, portanto, sempre que se optar por fazer uso de coprodutos do algodão em algum sistema de produção animal, fazê-lo de maneira bastante criteriosa, mantendo-se atento para a ocorrência de possíveis efeitos tóxicos.

Atualmente, somando-se à constante busca por fontes de nutrientes que permitam a obtenção de melhores índices de produtividade a um menor custo de produção, o constante crescimento da população mundial tem feito aumentar a demanda por alimentos de origem animal. Apesar da reconhecida importância da agropecuária para suprir esta demanda, muito se tem discutido a respeito do impacto ambiental das atividades deste setor (Machado et al., 2011).

Dentro dos sistemas de produção de ruminantes, o principal ponto de discussões em relação ao impacto ambiental da atividade é a emissão de metano ( $\text{CH}_4$ ). A maior parte deste gás é produzida no trato digestivo dos animais, durante o processo de fermentação entérica, e é eliminada para o ambiente via eructação (Murray et al., 1976).

Este gás é um membro do grupo denominado gases de efeito estufa (GEE), e apresenta potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (IPCC, 2007). Além da interferência deste gás no meio ambiente, ele representa perda que pode variar de 2 a 12 % do potencial energético dos alimentos consumidos, fato que gera redução na eficiência produtiva dos animais (Johnson & Johnson, 1995).

Desta forma, o grande desafio da produção de ruminantes, é encontrar estratégias que viabilizem a obtenção de maiores índices de produtividade, associados ao menor impacto ambiental possível.

## 1.2 Objetivos

Objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da suplementação de concentrados a base de coprodutos do algodão sobre parâmetros hematológicos, bioquímicos e ganho em peso de borregos Santa Inês; e avaliar o efeito da suplementação de concentrados a base de coprodutos do algodão sobre emissão de  $\text{CH}_4$  de ovinos Santa Inês, utilizando-se a técnica do gás traçador hexafluoreto de enxofre ( $\text{SF}_6$ ).

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A Ovinocultura no Brasil

O rebanho ovino brasileiro é formado por aproximadamente 17 milhões de cabeças distribuídas ao longo de todo o território nacional, com as regiões Sul e Nordeste concentrando mais de 80% da população destes animais (IBGE, 2011). Inicialmente, a criação de ovinos no Brasil era voltada para atender o mercado da produção de lã, porém, a crise mundial no mercado de lã trouxe aos produtores de ovinos a necessidade de se criar animais com dupla aptidão, voltados também para a produção de carne, de modo a minimizar o prejuízo da ovinocultura (Nocchi, 2001; Martins et al., 2006).

Com a crise do mercado têxtil e a necessidade de se buscar animais com potencial para produção de carne, raças deslanadas, como a Santa Inês, passaram a figurar entre as raças criadas no Brasil, e devido a características dessas raças, como maior rusticidade e resistência às condições climáticas e ambientais predominantes no país, a ovinocultura que antes se concentrava nos estados da região Sul, se expandiu para as demais regiões do Brasil, como demonstrado por Martins et al.(2006), em estudo da dinâmica da população ovina no Brasil no período de 1975 a 2003. Neste estudo, foi demonstrada uma redução de 61% da população ovina da região Sul do país durante este período, e crescimento em todas as demais regiões, com a região Centro-Oeste apresentando crescimento de 455% do seu rebanho. Com este novo panorama, a região Nordeste passou a ser a responsável por concentrar a maior parte da população ovina no território brasileiro (Fig. 1.1).

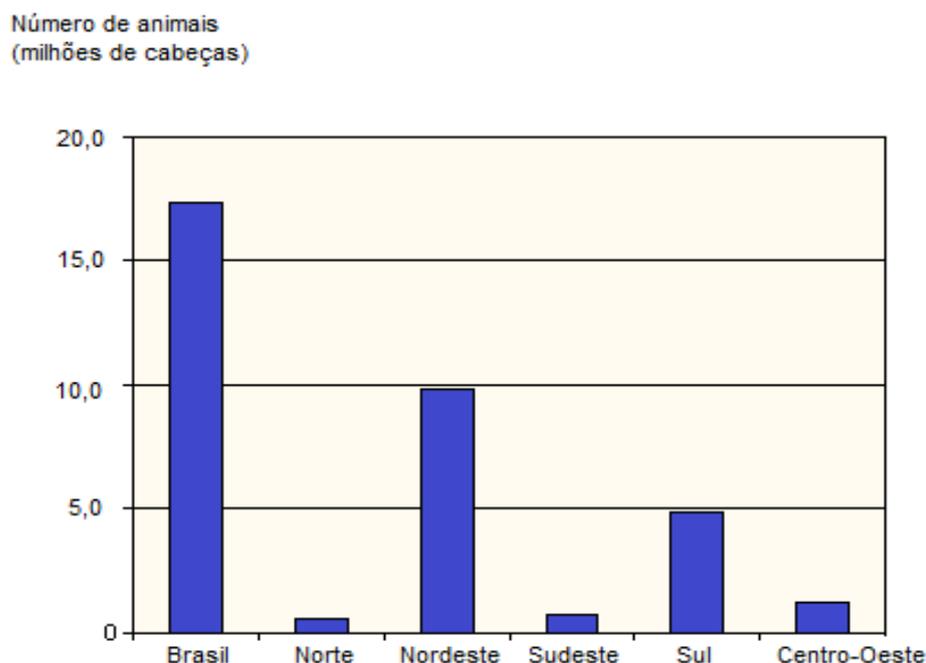


Figura 1.1 – Distribuição do rebanho ovino brasileiro de acordo com as divisões regionais do país. Fonte: Adaptado, IBGE 2011.

Apesar do constante crescimento da ovinocultura de corte no Brasil (IBGE, 2010), o consumo de carne ovina pelo mercado interno é considerado pouco expressivo, estando esta questão, associada a fatores como a falta do hábito de consumo da carne ovina por parte da população brasileira e a escala de produção que não é suficiente para atender a demanda do mercado consumidor durante todo o ano. Uma maneira de se contornar esse quadro é a oferta de um produto de qualidade, padronizado e em quantidade suficiente durante todas as épocas do ano, fatores que agregariam valor à carne ovina e tornariam o produto mais atrativo ao consumidor (Bueno et al., 2000; Cartaxo et al., 2009).

Na produção de ruminantes, a nutrição constitui-se um fator determinante para o sucesso da atividade. A adoção de manejo nutricional adequado permite o alcance de maior produtividade e eficiência dentro do sistema de produção, pois além da alimentação ser o fator que onera a maior parcela dos custos para o produtor, é ela quem determina a quantidade, velocidade e qualidade da produção de carne do animal, influenciando diretamente na qualidade do produto final (Madruga et al., 2005; Pereira et al., 2007).

Algumas das características do território brasileiro como o índice de precipitações pluviométricas, temperatura média e variações no fotoperíodo, o tornam adequado ao cultivo de forrageiras de alto potencial para formação de pastagens. Tais fatores,

aliados ao relativo baixo custo deste sistema, e às grandes áreas disponíveis para o cultivo de pastagens, fizeram com que a ovinocultura de corte no Brasil se baseasse principalmente na criação de animais sob regime de pastejo (Veloso, 2004; Moreira, 2010).

Apesar do sucesso obtido com a utilização das pastagens como principal fonte de alimento na ovinocultura brasileira, muitas vezes, as exigências nutricionais dos animais não são atendidas neste sistema. Tal fato se deve principalmente à estacionalidade das plantas forrageiras, que ao longo do ano, sofrem variações no que diz respeito à quantidade e qualidade dos nutrientes presentes nas mesmas. Portanto, a queda no desempenho animal em determinados períodos do ano, como na estação de seca, refere-se à qualidade e disponibilidade das pastagens que estão bastante reduzidas (Santos et al, 2004). Como forma de amenizar estas perdas, pode-se adotar a suplementação na dieta dos animais, disponibilizando maior aporte de nutrientes aos animais, que irão auxiliar na manutenção do desempenho durante esses períodos mais críticos (Silva et al., 2009).

Uma alternativa adequada para se incrementar o manejo nutricional em um rebanho, tanto em sistema de pastejo como confinamento, seria a utilização de suplementação com alimentos de alto valor nutritivo, possibilitando a obtenção de elevados níveis de ganho em peso, e carcaças de melhor qualidade (Madruga et al., 2005).

Neste cenário, torna-se evidente que é interessante a busca por alimentos que possibilitem diminuição dos gastos com o manejo nutricional sem, no entanto, prejudicar ou até mesmo melhorando o desempenho animal. Alguns coprodutos da agroindústria, como farelos e tortas de girassol, pinhão-manso, dendê e algodão, surgem como alimentos alternativos para a nutrição de ruminantes, apresentando baixos custos de obtenção e características nutricionais que os tornam interessantes fontes de nutrientes para a alimentação animal (Abdalla et al., 2008).

## **2.2 Uso de Coprodutos do Algodão na Nutrição de Ruminantes**

O uso de coprodutos e resíduos de diversas atividades agrícolas na alimentação de animais é uma prática tão antiga quanto à própria criação destes, e se baseia fundamentalmente em dois princípios: diminuir a dependência da produção animal de alimentos que possam ser utilizados na alimentação humana e eliminar a necessidade de se implantar uma prática de destinação destes coprodutos e resíduos gerados por estas atividades.

Além disso, outro benefício associado ao uso de coprodutos é a redução de custos com a nutrição animal (Grasser et al., 1995).

A indústria têxtil é responsável por gerar coprodutos de grande destaque na nutrição animal, e em especial na nutrição de ruminantes. Os coprodutos em questão são os da espécie de algodoeiro *Gossypium hirsutum*, predominante no Brasil e responsável por 90% da produção mundial de algodão. Na alimentação animal, os coprodutos do algodão que são tradicionalmente utilizados são: o caroço, a torta e o farelo de algodão (Wendel et al., 1992; Paim et al., 2010).

O caroço de algodão é o coproduto resultante do beneficiamento denominado descaroçamento, cujo objetivo é a retirada da pluma, principal produto de interesse do cultivo de algodão e da indústria têxtil (Souza, 1998).

A espécie *G. hirsutum*, conhecida também como Upland, produz o caroço de algodão do tipo alto línter. O línter consiste em uma fina camada de fios brancos curtos e frágeis aderidos ao caroço do algodão (Rogério et al., 2004; Paim et al., 2010). Além desta espécie, destaca-se também a *G. barbedense*, que produz o caroço do tipo baixo línter. Apesar de não ser predominante no mundo, o algodão dessa variedade, conhecida também como Pima, é mais valorizado pela indústria têxtil, devido ao maior comprimento de suas fibras (Zhang et al., 2007). No que diz respeito à composição bromatológica, o caroço da variedade Pima possui maior teor proteína e ácidos graxos (Sullivan et al., 1993)

Segundo o NRC (2007), o caroço de algodão com línter é composto por 23.0% de proteína bruta (PB), 18 % de extrato etéreo (EE), 47 % de fibra em detergente neutro (FDN), 39 % de fibra em detergente ácido (FDA) e 95 % de nutrientes digestíveis totais (NDT). Devido a essas características, o caroço de algodão é uma boa fonte de proteína e energia para a suplementação alimentar de ruminantes, principalmente em regiões nas quais há grande disponibilidade deste produto. É possível se encontrar na literatura trabalhos que demonstram desempenho produtivo satisfatório de ruminantes alimentados com caroço de algodão, podendo este, devido ao seu alto teor de fibras, até mesmo substituir parte do alimento volumoso da dieta dos animais (Paulino et al., 2002; Bernardes et al., 2007).

A torta de algodão é o coproduto resultante da prensagem mecânica do caroço de algodão, processo este que permite a obtenção do óleo de algodão, que é utilizado na alimentação humana (Paim et al., 2010). Segundo o NRC (2007), a torta de algodão apresenta a seguinte composição bromatológica: 46 % de PB, 5 % de EE, 31 % de FDN, 18 % de FDA e 80 % de NDT.

O farelo de algodão é um coproduto que também se origina da extração de óleo do caroço de algodão, porém, nesse caso a extração é realizada com a utilização de solventes. Portanto, sendo a utilização de solventes um método mais eficiente de extração de óleo do que somente a simples prensagem mecânica, o teor de EE do farelo de algodão é menor que o da torta de algodão (Paim et al., 2010). As características nutricionais do farelo de algodão podem variar de acordo com o teor de cascas incluído na sua composição, sendo que quanto maior for este, maior será a fibra bruta (FB) e menor o teor de PB do farelo. Tal fato explica a variação dos principais tipos de farelo de algodão encontrados no mercado brasileiro, sendo estes o farelo do tipo 30, que possui em torno de 30% de PB, e o farelo do tipo 40, que possui em torno de 40 % de PB. Ao mesmo tempo, o tipo 40 possui menor teor fibras quando comparado ao farelo do tipo 30 (Barbosa & Gattás, 2004).

A composição bromatológica do farelo de algodão apresentado no NRC (2007) é de 48% de PB, 1,8% EE, 25% de FDN, 17% de FDA e 77% de NDT. Os dados do NRC (2007) são gerados a partir do produto encontrado nos Estados Unidos, podendo haver variações em relação ao farelo de algodão encontrado no Brasil. O baixo custo do farelo de algodão, aliado ao seu alto teor proteico, fazem deste uma opção interessante para formulação de dietas de ruminantes, tendo sido demonstrado por autores como Kandyliis et al. (1999), Willard et al. (1995), e Hunt et al. (1989), que a utilização de farelo de algodão na dieta destes animais pode acarretar em desempenho produtivo satisfatório.

Além de ser uma boa opção de suplementação proteica e energética para dieta de ruminantes, o caroço de algodão possui alto teor de EE, representado pelo óleo contido em seu interior. A presença de concentrações elevadas de óleo no caroço de algodão aumenta a densidade energética de dietas que contenham este alimento, porém, deve-se estar atento ao nível de EE na dieta total de ruminantes, pois, segundo o NRC (2007), níveis que excedam a faixa de 5% da dieta podem inibir a digestão da matéria seca total na dieta de ovinos. Em relação ao caroço de algodão, Rogério et al.(2004) recomendaram níveis de inclusão variando de 12-24% da dieta para que o elevado EE deste alimento não prejudique a digestão de fibras.

A produção brasileira de algodão enfrentou uma crise com baixa produtividade interna, que gerou grande necessidade de realizar importações deste produto para suprir o mercado interno, com a crise atingindo o seu auge no ano agrícola de 1996/1997, em que o Brasil passou a ocupar a posição de 2º maior importador de algodão do mundo (Kouri & Santos, 2007). Porém, a partir de 1997, após aprovação da Lei de Proteção de Cultivares, o setor privado passou a investir em pesquisas voltadas para a produção de algodão, possibilitando a geração de novas tecnologias e junto com essas novas tecnologias, houve o

aumento da produtividade, tais fatos possibilitaram ao Brasil voltar a figurar entre os maiores produtores e exportadores de algodão do mundo, passando a ocupar no ano agrícola de 2011/2012 as posições de 5º e 4º maior produtor e exportador, respectivamente, de algodão no mundo (Alves et al., 2008; USDA, 2012).

Dentro deste cenário, no qual o Brasil se situa entre os maiores produtores de algodão do mundo, a disponibilidade de coprodutos gerados durante as etapas de processamento industrial do algodão é alta, e o custo de aquisição deste material é baixo. Sendo assim, o único fator limitante existente para a consagração dos coprodutos do algodão como excelentes fontes de nutrientes para a alimentação de ruminantes é a presença do gossipol em sua composição, substância tóxica para animais, presente em toda a planta do algodão (McCaughey et al., 2005).

### **2.3 Gossipol**

A presença do gossipol pode ser considerada o principal fator limitante da utilização dos coprodutos do algodão na nutrição animal. Trata-se de uma toxina de ocorrência natural na planta do algodão, que funciona como um mecanismo de defesa da planta contra insetos. É um pigmento polifenólico, de coloração amarela, presente em toda a planta do algodão, sendo encontrado em concentrações mais elevadas em glândulas pigmentares do caroço de algodão, visíveis como pequenos pontos pretos quando este é partido ao meio (Blauwiekel et al., 1997).

Classificado como um terpeno incomum, o gossipol está presente no caroço de algodão na forma de dois estereoisômeros diferentes, positivo (+) e negativo (-), na proporção aproximada de 60 (-): 40 (+). O estereoisômero negativo apresenta maior atividade biológica e tempo de retenção no organismo (Blauwiekel et al., 1997; Santos et al., 2002)

O gossipol pode ser encontrado no caroço de algodão tanto em sua forma livre, como ligado a outros compostos. No caroço de algodão intacto, o gossipol será encontrado, em sua maior parte, na forma livre, porém, durante etapas de processamento do caroço, como a prensagem para extração de óleo, o gossipol pode se ligar a proteínas, principalmente ao aminoácido lisina, o que impede sua absorção na corrente sanguínea (Santos et al., 2002). A forma livre do gossipol é considerada causadora de efeitos tóxicos aos animais, principalmente no caso dos monogástricos, afetando coração, pulmões, fígado, células

sanguíneas e tecidos reprodutivos (Randel et al., 1992). No caso dos ruminantes, o gossipol livre é destoxificado quando passa pelo rúmen, se ligando a proteínas solúveis presentes no líquido ruminal, formando complexos não absorvidos pelo organismo animal (Reiser & Fu, 1962; Zhang et al., 2007).

Segundo Randel et al. (1993), o teor de gossipol presente no caroço de algodão poderá variar de acordo com a espécie e variedade de algodoeiro. As condições climáticas da região em que a planta é cultivada, também influenciarão essa característica. Quanto maior for o índice pluviométrico da região, o teor de gossipol no caroço de algodão tende a aumentar, e quanto maior temperatura ambiente, o teor de gossipol tende a diminuir. No que diz respeito à espécie do algodão, Santos et al. (2002), comparando o caroço das espécies upland e pima, verificaram maior teor de gossipol nesta última.

Em trabalho com os algodões do tipo pima e outra espécie, chamada de “short-staple”, Sullivan et al. (1992) encontraram variação no teor de gossipol entre as duas espécies trabalhadas, com o algodão do tipo pima apresentando teor de gossipol discretamente inferior ao short-staple, 0,7 e 0,6% da MS, respectivamente. Robinson et al. (2001), comparando quatro variedades da espécie pima, coletadas no sudoeste dos Estados Unidos, encontraram valores de 1,04 a 1,16% de gossipol na MS das amostras. A grande variabilidade encontrada no teor de gossipol, tanto entre espécies diferentes, como entre diferentes variedades de mesma espécie, indica que a inclusão de coprodutos do algodão na elaboração de dietas, deve ser feita de maneira criteriosa. A utilização de cromatografia líquida de alta performance (HPLC), após a extração com solventes orgânicos, é a maneira mais precisa de se determinar o teor de gossipol dos alimentos (EFSA, 2008). No Brasil, há escassez de laboratórios habilitados a fazerem esse tipo de análise, e por consequência, faltam informações a respeito do teor de gossipol dos alimentos utilizados na nutrição animal.

A EFSA (2008), em relatório científico a respeito da presença de contaminantes na cadeia alimentar europeia, afirma que há evidências de que o gossipol pode ser transferido para a carne, leite, ovos e vísceras de animais que tenham feito consumo dessa molécula, o que poderia vir a acarretar danos para a saúde humana através do consumo destes produtos, porém, afirma também que a quantidade de informações existentes a respeito dessa questão é muito pequena, evidenciando a necessidade mais estudos sobre o tema.

A intensidade dos sinais que evidenciam a intoxicação por gossipol varia de acordo com a espécie animal, origem do gossipol, nível e período de consumo, idade e condições de estresse do animal. Em monogástricos, a intoxicação por gossipol pode ser identificada por sinais como perda de apetite, edema pulmonar, fígado hipertrofiado, necrose

muscular cardíaca, dispneia, anorexia e problemas reprodutivos, podendo culminar até mesmo em morte súbita (Gamboa et al., 2001; Barbosa & Gattás, 2004).

Em ruminantes, a ocorrência de intoxicação por gossipol é rara devido à destoxificação que ocorre em sua passagem pelo rúmen. No entanto, ainda assim, estes animais são susceptíveis à intoxicação, uma vez que o consumo por tempo prolongado, ou em quantidades grandes, pode superar a capacidade de destoxificação ruminal, propiciando a ocorrência de efeitos tóxicos nestes animais. Outro fator que pode determinar a ocorrência de intoxicação por gossipol em ruminantes é a idade dos animais, uma vez que animais jovens, sem o desenvolvimento pleno da função ruminal, são mais sensíveis à ação desta molécula (Randel et al., 1992).

Os principais sinais da intoxicação por gossipol observados em ruminantes são: diminuição do consumo de matéria seca, redução da produção de leite, respiração ofegante, aumento da taxa de batimentos cardíacos, falhas na concepção, hemoglobinúria e em alguns casos, morte súbita, sinais semelhantes aos verificados em doenças parasitárias, infecciosas, ou até nutricionais. Dessa forma, o diagnóstico clínico de intoxicação por gossipol é raramente realizado. Em animais jovens, um diagnóstico presuntivo de intoxicação poderá ser realizado caso os animais apresentem sinais clínicos como, dispneia, taxa de crescimento diminuída, anorexia, fraqueza e gastroenterite, somados a um histórico de exposição a alimentos que contenham gossipol (Rogers et al., 2002).

Trabalhando com bezerros da raça Holandesa, Bernardes et al. (2007), incorporou caroço de algodão em 13,5 % ao concentrado, fornecido a vontade aos animais durante 90 dias e não foi observado nenhum sinal de intoxicação. Kandilys et al. (1999), em estudo de 61 dias de duração, com cordeiros recebendo dieta de até 20 % de farelo de algodão, com teor de até 0,11% de gossipol, também não relatou nenhum sinal de intoxicação.

Apesar de dificilmente apresentarem os sinais clínicos da intoxicação por gossipol, os ruminantes podem sofrer os efeitos deletérios na reprodução causados por esta molécula (Randel et al., 1992). O gossipol é reconhecidamente um agente causador de infertilidade em animais, tanto em fêmeas quanto em machos.

As fêmeas ruminantes, aparentemente, são bastante resistente aos efeitos negativos do gossipol na reprodução. Colin-Negrete et al. (1996), em estudo com novilhas da raça Holandesa, forneceram caroço de algodão nas proporções de 15% e 30% da dieta integral, correspondendo respectivamente a 1300 e 2000 mg/kg de gossipol, por um período de 431 dias, e não foram observados prejuízos no estabelecimento da puberdade e na taxa de prenhez. Entretanto, Santos et al. (2003), em trabalho com 813 vacas Holandesas recém

paridas, durante 170 dias, recebendo dietas contendo 717 e 951 mg/kg de gossipol na MS, concluíram que houve prejuízo na função reprodutiva das vacas que receberam a dieta com maior teor de gossipol, evidenciado por aumento nas falhas de concepção e ocorrência de abortos.

Já em machos, os efeitos nocivos do gossipol na reprodução são bastante evidenciados. Chenoweth et al. (2000) relataram que a aplasia da bainha mitocondrial dos espermatozoides de touros, é alteração característica do efeito tóxico do gossipol.

Nagalakshmi et al. (2000) alimentaram cordeiros machos de 3 a 4 meses de idade com dietas com 0 ou 40% de farelo de algodão, fornecido após passar por diferentes processamentos: cru, cozido e tratado com hidróxido de cálcio  $[Ca(OH)_2]$  ou ferro, e em avaliações histopatológicas, observaram lesões mais pronunciadas nos testículos e epidídimos dos animais que receberam o farelo de algodão cru.

Arshami & Ruttle (1988) trabalharam com touros jovens, avaliando o efeito do gossipol na dieta sobre os tecidos reprodutivos destes animais. Os animais receberam dietas contendo 0, 0,2 e 1,2 g/kg de gossipol, correspondendo a 0, 6 e 36 mg/kg de peso vivo (PV) de gossipol por dia, durante um período de 2 meses. Na avaliação histológica dos testículos destes animais verificou-se que os touros que receberam gossipol na dieta, apresentaram efeitos deletérios dose-dependente nos tecidos e células relacionados à espermatogênese.

Em trabalho com touros de 11 meses de idade, Hassan et al. (2004) forneceram durante 56 dias, ração contendo caroço de algodão, correspondendo a um consumo de gossipol de 8 mg/kg PV/dia. Nos dias 28 e 56, foram realizadas a medição da circunferência escrotal e coleta de sêmen dos animais para avaliação de motilidade e morfologia espermática. Não foram verificadas anormalidades na circunferência escrotal e na motilidade espermática dos animais, mas foi verificado significativo aumento na taxa de defeitos espermáticos primários e secundários na avaliação morfológica das amostras de sêmen.

## **2.4 Emissão de Metano em Ruminantes**

A fermentação microbiana que ocorre no rúmen é o processo que viabiliza a obtenção de nutrientes aos ruminantes a partir dos alimentos fibrosos consumidos por estes animais. A microbiota do rúmen é capaz de degradar e extrair nutrientes da dieta consumida e produzir a partir destes, a proteína microbiana, que será disponibilizada como uma fonte de

proteína para o organismo do animal e também os ácidos graxos voláteis (AGV), representados pelo acetato, propionato e butirato, que constituem a principal fonte de energia disponível para que o organismo dos ruminantes possa exercer suas funções de crescimento, manutenção, produção e reprodução (NRC, 2007).

Durante o processo de fermentação entérica também são gerados diversos outros produtos, dentre eles o hidrogênio ( $H_2$ ) e o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), que por intermédio das bactérias metanogênicas, irão formar o metano ( $CH_4$ ) (Ominski & Wittenberg, 2004). Pedreira et al. (2005) relataram que a produção de  $CH_4$  é um processo fisiológico que visa evitar o acúmulo de  $H_2$  no organismo, pois este acúmulo pode culminar com queda do pH ruminal e conseqüente inibição do crescimento de microrganismos responsáveis pela degradação de fibras. No entanto, a produção de  $CH_4$  representa perda que pode variar de 2 a 12% do potencial energético dos alimentos consumidos, uma vez que o  $CH_4$  produzido não pode ser metabolizado no organismo, sendo a maior parte eliminada na atmosfera por meio do processo de eructação (Johnson & Johnson, 1995; Madsen et al., 2010).

Outro problema relacionado à produção e emissão de  $CH_4$  entérico pelos ruminantes é a poluição do meio ambiente. Componente do grupo denominado gases de efeito estufa (GEE), este gás apresenta um potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o  $CO_2$  (IPCC, 2007). Segundo dados da FAO (2006), a atividade pecuária tem uma contribuição de 35 a 40% do total da emissão antropogênica de  $CH_4$ .

Tendo em vista essa situação, fica evidenciado que para a indústria pecuária é interessante que se reduza a emissão de  $CH_4$ , tanto do ponto de vista econômico, aumentando a eficiência de aproveitamento energético dos alimentos consumidos quanto do ponto de vista ambiental, reduzindo o impacto dessa atividade no meio ambiente (McGinn et al., 2004).

O principal fator que influencia o nível de produção de  $CH_4$  na fermentação entérica é a dieta consumida. A digestibilidade dos alimentos, taxa de passagem, teor de fibras e lignina da forragem, tipos de carboidratos presentes na dieta e proporção de acetato:propionato produzidos durante a fermentação entérica são fatores que irão influenciar a produção de  $CH_4$  (Ominski & Wittenberg, 2004; Primavesi et al., 2004).

Dessa forma, a manipulação da dieta tem sido a ferramenta empregada na tentativa de mitigar os níveis de emissão de  $CH_4$  dos ruminantes. Dentre as estratégias de manipulação traçadas, podemos citar a administração de antibióticos ionóforos, uso de forragens taniníferas, e a inclusão de fontes de lipídios na dieta (Tedeschi et al., 2003; Martin et al., 2008; Moreira et al., 2013).

Segundo Tedeschi et al. (2003), os antibióticos ionóforos alteram o padrão de fermentação ruminal, inibindo bactérias produtoras de  $H_2$  e ácido acético dentre outros compostos, e favorecendo bactérias produtoras de ácido propiônico, diminuindo assim a metanogênese. Ainda de acordo com estes autores, através do uso de ionóforos, a produção de  $CH_4$  e o consumo de alimentos podem ser reduzidos em 25 e 4% respectivamente, sem, no entanto prejudicar o desempenho animal. Por outro lado, Johnson & Johnson (1995) afirmaram que pode haver adaptação da microbiota ruminal aos antibióticos ionóforos, reduzindo-se assim o efeito inibitório sobre a metanogênese, indicando que este efeito pode ser temporário.

Já os taninos, compostos polifenólicos do metabolismo secundário de vegetais, que funcionam como um mecanismo de defesa destes contra microrganismos, estresse ambiental e ingestão por herbívoros (Guimarães-Beelen et al., 2006), são um grupo de substâncias que podem apresentar efeitos negativos sobre a produção animal já bastante conhecidos, tais como redução da utilização de nutrientes, em especial as proteínas, diminuição do crescimento do animal e interferência em diversas atividades enzimáticas (Makkar, 2003). No entanto, essas substâncias, quando ingeridas em baixos teores, possuem a capacidade de modular a fermentação ruminal, otimizando o processo de síntese microbiana de proteínas e gerando também efeito inibidor sobre a metanogênese. No entanto, neste último caso, o mecanismo de ação não é muito bem elucidado, tendo sido propostos mecanismos como ação direta dos taninos sobre as bactérias metanogênicas e redução na produção de  $H_2$ , devido a queda na degradação ruminal dos alimentos (Makkar, 2003; Martin et al., 2009).

A adição de lipídios na dieta também é capaz de inibir o processo de metanogênese (Iqbal et al., 2008). Os mecanismos pelo qual essa inibição ocorre são: diminuição da degradação de fibras no rúmen; competição entre os processos de metanogênese e de biohidrogenação das insaturações dos ácidos graxos de cadeia longa, diminuindo a disponibilidade de  $H_2$  para produção de  $CH_4$ ; e efeito tóxico direto dos ácidos graxos poli-insaturados sobre microrganismos envolvidos na metanogênese (Czerkwaski et al., 1966; Jenkins, 1993; Martin et al., 2009). No caso dos lipídios, a inibição da metanogênese irá depender de fatores como: a forma que essa adição é feita, seja por meio de gordura protegida, caso da utilização sementes oleaginosas, por exemplo, ou por meio da inclusão direta de óleos na ração; nível de inclusão dos lipídios na dieta; natureza dos lipídios incluídos na dieta (Martin et al., 2009).

Tomando esses fatores como base, fica evidente que a manipulação da dieta constitui-se a principal alternativa de manejo a ser adotada na produção de ruminantes com o

intuito de se obter a redução dos níveis de emissão de CH<sub>4</sub>. Diversos trabalhos, empregando diferentes estratégias de manejo têm sido conduzidos apresentando resultados promissores, que trazem benefícios em longo prazo para o meio ambiente, e em curto prazo para as atividades de produção animal (McGinn et al., 2004; Martin et al., 2008; Grainger et al., 2010; Moreira et al., 2013).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, suplemento especial, p. 260-268, 2008.

ALVES, L.R.A.; BARROS, G.S.C.; BACCHI, M.R.P. Produção e exortação de algodão: efeitos de choque de oferta e de demanda. **Revista Brasileira de Economia**, v. 62, n. 4, p. 381-405, 2008.

ARSHAMI, J. & RUTTLE, J.L. Effects of diets containing gossypol on spermatogenic tissues of young bulls. **Theriogenology**, v. 30, p. 507-516, 1988.

BARBOSA, F. & GATTÁS, G. Farelo de algodão na alimentação de suínos e aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 1, n. 3, p. 147-156, 2004.

BERNARDES, E.B.; COELHO, S.G.; CARVALHO, A.U. et al. Efeito da substituição do feno de *Tifton 85* pelo caroço de algodão como fonte de fibra na dieta de bezerras. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 4, p. 955-964, 2007.

BLAUWIEKEL, R.; XU, S.; HARRISON, J.H. et al. Effect of whole cottonseed, gossypol, and ruminally protected lysine supplementation on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 7, p. 1358-1365, 1997.

BUENO, M.S.; CUNHA, E.A.; SANTOS, L.E. et al. Características de carcaça de cordeiros Suffolk abatidos em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 1803-1810, 2000.

CARTAXO, F.Q.; CEZAR, M.F.; SOUSA, W.H. et al. Características quantitativas da carcaça de cordeiros terminados em confinamento e abatidos em diferentes condições corporais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 697-704, 2009.

CHENOWETH, P.J.; CHASE JR., C.C.; RISCO, C.A. et al. Characterization of gossypol-induced sperm abnormalities in bulls. **Theriogenology**, v. 53, p. 1193-1203, 2000.

COLIN-NEGRETE, J.; KIESLING, H.E.; ROSS, T.T. et al. Effect of whole cottonseed on serum constituents, fragility of erythrocyte cells, and reproduction of growing Holstein heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 79, p. 2016-2023, 1996.

CUNHA, M.G.G.; CARVALHO, F.F.R.; GONZAGA NETO, S. et al. Características quantitativas de carcaça de ovinos Santa Inês confinados alimentados com rações contendo diferentes níveis de caroço de algodão integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 6, p. 1112-1120, 2008.

CZERKAWSKI, J.W.; BLAXTER, K.L.; WAINMAN, F.W. The metabolism of oleic, linoleic, and linolenic acids by sheep with reference to their effects on methane production. **British Journal of Nutrition**, v. 20, p. 349-362, 1966.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY – EFSA. Gossypol as undesirable substance in animal feed – Scientific opinion of the panel on contaminants in the food chain. **The EFSA Journal**, 908, 2008. 55 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. **Livestock's long shadow: Environmental issues and options**. Food and Agriculture Organization, Rome, 2006. 399 p.

GAMBOA, D.A.; CALHOUN, M.C.; KUHLMANN, S.W. et al. Use of expander cottonseed meal in broiler diets formulated on a digestible amino acid basis. **Poultry Science**, v. 80, p. 789-794, 2001.

GIZEJEWSKI, Z.; SZAFRANSKA, B. STEPLEWSKI, Z. et al. Cottonseed feeding delivers sufficient quantities of gossypol as a male deer contraceptive. **European Journal of Wildlife Research**, v. 54, p. 469-477, 2008.

GRAINGER, C.; WILLIAMS, R.; CLARKE, T. et al. Supplementation with whole cottonseed causes long-term reduction of methane emissions from lactating dairy cows offered a forage and cereal grain diet. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 6 p. 2612-2619, 2010.

GRASSER, L.A.; FADEL, J.G.; GARNETT, I. et al. Quantity and economic importance of nine selected by-products used in California dairy rations. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 4, p. 962-971, 1995.

GUIMARÃES-BEELLEN, P.M.; BERCHIELLI, T.T.; BUDDINGTON, R. et al. Efeito dos taninos condensados de forrageiras nativas do semi-árido nordestino sobre o crescimento e atividade celulolítica de *Ruminococcus flavefaciens* FD1. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 5, p. 910-917, 2006.

HASSAN, M.E.; SMITH, G.W.; OTT, R.S. et al. Reversibility of the reproductive toxicity of gossypol in peripubertal bulls. **Theriogenology**, v. 61, p. 1171-1179, 2004.

HUNT, C.W.; PARKINSON, J.F.; ROEDER, R.A. et al. The delivery of cottonseed meal at three different time intervals to steers fed low-quality grass hay: Effects on digestion and performance. **Journal of Animal Science**, v. 67, p. 1360-1366, 1989.

INSTITUO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produção da Pecuária Municipal 2010**, v. 38, 2010. 65 p.

INSTITUO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Efetivo dos rebanhos por tipo de rebanho 2011**. In: IBGE, Sidra: Sistema IBGE de recuperação automática. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl2.asp?c=73&n=0&u=0&z=t&o=1&i=P>> Acesso em: 15/01/2012.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**, 2007. 996 p.

IQBAL, M.F.; CHENG, Y.F.; ZHU, W.Y. et al. Mitigation of ruminant methane production: current strategies, constraints and future options. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 24, p. 2747–2755, 2008.

JENKINS, T.C. Advances in ruminant lipid metabolism. **Journal of Dairy Science**, v. 76, p. 3851-3863, 1993.

JOHNSON, K.A. & JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2483-2492, 1995.

KANDYLIS, K.; NIKOKYRIS, P.N.; DELIGIANNIS, K. Performance of growing-fattening lambs fed diets containing different proportions of cottonseed meal. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, p. 1613-1619, 1999.

MACHADO, F.S.; PEREIRA, L.G.R.; GUIMARÃES JUNIOR, R. et al. **Emissões de metano na pecuária: conceitos, métodos de avaliação e estratégias de mitigação**. Embrapa Gado de Leite – CNPGL, Documentos, 147, 2011. 92 p.

MADRUGA, M.S.; SOUZA, W.H.; ROSALES, M.D. et al. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês terminados com diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 309-315, 2005.

MADSEN, J.; BERG, B.S.; HVELPLUND, T. et al. Methane and carbon dioxide ratio in excreted air for quantification of the methane production from ruminants. **Livestock science**, v. 129, p. 223-227, 2010.

MAKKAR, H.P.S. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. **Small Ruminant Research**, v. 49, p. 241-256, 2003.

MARTINS, E.C.; GARAGORRY, F.L.; CHAIB FILHO, HOMERO. **Evolução da ovinocultura brasileira no período de 1975 a 2003**. Embrapa Caprinos – CNPC, Comunicado técnico on line, 67, 2006.

MARTIN, C.; ROUEL, J.; JOUANY, J.P. et al. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 2642-2650, 2008.

MARTIN, C.; MORGAVI, D.P.; DOREAU, M. Methane mitigation in ruminants: from microbe to the farm scale. **Animal**, v. 4, n. 3, p. 351-365, 2009.

MCCAUGHEY, K.M.; DEPETERS, E.J.; ROBINSON, P.H. et al. Impact of feeding whole Upland cottonseed, with or without cracked pima cottonseed with increasing addition of iron sulfate, on productivity and plasma gossypol of lactating dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 122, p. 214-256, 2005.

MCGINN, S.M.; BEAUCHEMIN, K.A.; COATES, T. et al. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast and fumaric acid. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 3346-3356, 2004.

MOREIRA, Guilherme Dias. **Desempenho, características de carcaça e emissão de metano em ovinos suplementados com Leucena, Mucuna-Preta e Sansão do Campo**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2010. 59 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2010.

MOREIRA, G.D.; LIMA, P.M.T.; BORGES, B.O. et al. Tropical tanniniferous legumes used as an option to mitigate sheep enteric methane emission. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, n. 3, p. 879-882, 2013.

MURRAY, R.M.; BRYANT, A.M.; LEMG, R.A. Rates of production of methane in the rumen and large intestine of sheep. **British Journal of Nutrition**, v. 36, n. 1, p. 1-14, 1976.

NAGALAKSHMI, D.; SHARMA, A.K.; SASTRY, V.R.B. Pathological lesions in lambs fed raw or processed cottonseed meal. **Veterinary Research Communications**, v. 24, n. 5, p.349-359, 2000.

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

NOCCHI, Enio Del Geloso. **Os efeitos da crise da lã no mercado internacional e os impactos sócio-econômicos no município de Santa do Livramento – RS – Brasil**. Bagé: Centro de Estudos em Relaciones Internacionales de Rosário, 2001. 76 p. Dissertação (Mestrado em Integração e Cooperação Internacional) - Centro de Estudos em Relaciones Internacionales de Rosário, 2001.

OMINSKI, K.H. & WITTENBERG, K.M. **Strategies for reducing enteric methane emissions in forage-based beef production systems**. In: THE SCIENCE OF CHANGING CLIMATES- IMPACT ON AGRICULTURE, FORESTRY AND WETLANDS. Alberta, Canadá, 2004.

PAIM, T.P.; LOUVANDINI, H.; MCMANUS, C.M. et al. Uso de subprodutos do algodão na nutrição de ruminantes. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, v. 13, n. 1/2/3, p. 24 – 37, 2010.

PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Soja grão e caroço de algodão em suplementos múltiplos para terminação de bovinos mestiços em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 484-491, 2002.

PEDREIRA, M.S.; OLIVEIRA, S.G.; BERCHIELLI, T.T. et al. Aspectos relacionados com a emissão de metano de origem ruminal em sistemas de produção de bovinos. **Archives of Veterinary Science**, v. 10, n. 3, p. 24-32, 2005.

PEREIRA, L.G.R.; ARAÚJO, G.G.L.; VOLTOLINI, T.V. et al. Manejo nutricional de ovinos e caprinos em regiões semi-áridas. In: XI SEMINÁRIO NORDESTINO DE PECUÁRIA - PECNORDESTE 2007. Fortaleza. **Palestras do Grupo Temático Caprinovinocultura**. Fortaleza: PecNordeste, 2007. v. 1. p. 1-12, 2007.

PRIMAVESI, O.; PEDREIRA, M.S.; FRIGHETTO, R.T.S. et al. **Manejo alimentar de bovinos leiteiros e sua relação com produção de metano ruminal**. Embrapa Pecuária Sudeste – CPPSE, Circular Técnica, 39, 2004. 21 p.

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

REISER, R. & FU, H.C. The mechanism of gossypol detoxification by ruminant animals. **The Journal of Nutrition**, v. 76, p. 215-218, 1962.

ROBINSON, P.H.; GETACHEW, G.; DEPETERS, E.J. et al. Influence of variety and storage for up to 22 days on nutrient composition and gossypol level of Pima cottonseed (*Gossypium* spp.). **Animal Feed Science and Technology**, v. 91, p. 149-156, 2001.

ROGERS, G.M.; POORE, M.H.; PASCHAL, J.C. Feeding cotton products to cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 18, p. 267-294, 2002.

ROGÉRIO, M.C.P.; BORGES, I; TEIXEIRA, D.A.B. et al. 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.

SANTOS, J.E.P.; VILLASEÑOR, M.; DEPETERS, E.J. et al. Type of cottonseed and level of gossypol diets of lactating dairy cows: Effects on lactation performance and plasma gossypol. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 1491-1501, 2002.

SANTOS, J.E.P.; VILLASEÑOR, M.; ROBINSON, P.H. et al. Type of cottonseed and level of gossypol in diets of lactating dairy cows: Plasma gossypol, health, and reproductive performance. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 892-905, 2003.

SANTOS, E.D.G.; PAULINO, M.F.; QUEIROZ, D.S. et al. Avaliação de pastagem diferida de *Brachiaria decumbens* Stapf: 1. Características químico-bromatológicas da forragem durante a seca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n.1, p. 203-213, 2004.

SANTOS, R.F. & KOURI, J. O Brasil no mercado mundial do algodão. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, Uberlândia, 2007.

SILVA, F.F.; SÁ, J.F.; SCHIO, A.R. et al. Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, suplemento especial, p. 371-389, 2009.

SOUZA, Maria Célia Martins de. **Algodão orgânico: O papel das organizações na coordenação e diferenciação do sistema agroindustrial do algodão**. São Paulo: Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 1998. 197 p. Dissertação (Mestrado em Administração) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 1998.

SULLIVAN, J.L.; HUBER, J.T.; HARPER, J.M. Performance of dairy cows fed short staple, pima, and cracked pima cottonseed and feed characteristics. **Journal of Dairy Science**, v. 76, p. 3555-3561, 1993.

SULLIVAN, J.L.; HUBER, J.T.; PRICE, R.L. et al. Comparison of digestibility, nutritive value, and storage characteristics of different forms of cottonseed in diets fed to lactating dairy cows. **Journal of Animal Science**, v. 71, p. 2837-2842, 1993

TEDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; TYLUTKI, T.P. Potential environmental benefits of ionophores in ruminant diets. **Journal of Environmental Quality**, v. 32, 2003.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **Cotton: World markets and trade**, Circular series, 2012. 29 p.

VELOSO, C.F.; LOUVANDINI, H.; KIMURA, E.A. et al. Efeitos da suplementação proteica no controle da verminose e nas características de carcaça de ovinos Santa Inês. **Ciência Animal Brasileira**, v. 5, n. 3, p. 131-139, 2004.

WENDEL, J.F.; BRUBAKER, C.L.; PERCIVAL, A.E. Genetic diversity in *Gossypium hirsutum* and the origin of Upland cotton. **American Journal of Botany**, v. 79, n. 11, p.1291-1310, 1992.

WILLARD, S.T.; NEUENDORFF, D.A.; LEWIS, A.W. et al. Effects of free gossypol in the diet of pregnant and postparturm Brahman cows on calf development and performance. **Journal of Animal Science**, v. 73, p.496-507, 1995.

ZHANG, W.J.; XU, Z.R.; PAN, X.L. et al. Advances in gossypol toxicity and processing of cottonseed in dairy cows feeding. **Livestock Science**, v. 111, p. 1-9, 2007.

## CAPÍTULO 2

### DESEMPENHO, PARÂMETROS BIOQUÍMICOS E HEMATOLÓGICOS DE OVINOS SUPLEMENTADOS COM COPRODUTOS DO ALGODÃO

#### RESUMO

O uso de suplementação com coprodutos do algodão na dieta de ruminantes constitui-se uma estratégia que permite a obtenção de níveis satisfatórios de produtividade associados a um menor custo de produção quando comparado ao uso de ingredientes mais tradicionais como o milho e o farelo de soja. Objetivou-se com este experimento avaliar os efeitos da suplementação de coprodutos do algodão sobre parâmetros hematológicos, bioquímicos e ganho em peso diário de cordeiros Santa Inês. Foram utilizados 22 animais, 11 machos e 11 fêmeas, formando quatro grupos experimentais: Controle – (CON); Caroço de algodão – (CAR); Farelo de algodão – (FAR); Torta de algodão – (TOR). Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições para os grupos CON e FAR e cinco repetições para os grupos CAR e TOR. Os concentrados apresentavam teores de gossipol de 0, 1276, 190 e 350 ppm para CON, CAR, FAR e TOR respectivamente. O período experimental foi de 90 dias, e os cordeiros permaneceram alocados em quatro baias coletivas, de 10,5 m<sup>2</sup> cada, junto com suas mães, desde o nascimento até o término do experimento. Em cada uma das baias havia um sistema de *creep feeding* no qual era colocado o concentrado dos animais, na quantidade de 100 g/animal por dia, e também foram disponibilizados feno de *Cynodon dactylon* cv. coast cross, água e sal mineral, todos *ad libitum*. Para a avaliação dos parâmetros hematológicos e bioquímicos, foi feita coleta de sangue dos animais quinzenalmente. Os parâmetros hematológicos avaliados foram: Hemácias – (Hem); Hemoglobina – (Hb); Hematócrito – (Ht); Leucócitos – (Leu); e Plaquetas – (Plq). Os parâmetros bioquímicos avaliados foram: Aspartato aminotransferase – (AST); Gama glutamil transferase – (GGT); Albumina; e Ureia. Para a avaliação do ganho em peso diário (GPD) dos animais, procedeu-se a pesagem dos mesmos no início do experimento e repetiu-se o procedimento ao término do período experimental. Observando-se os resultados da avaliação dos parâmetros hematológicos, não se verificou diferença estatística ( $P > 0,05$ )

entre os tratamentos. O parâmetro Leu apresentou em todos os tratamentos, valores superiores aos da faixa de valores estabelecidos como normais para ovinos, e os demais permaneceram todos dentro desta faixa. Na avaliação de parâmetros bioquímicos, não foi observada diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos, e o parâmetro ureia apresentou em todos os tratamentos, valores superiores aos da faixa de valores estabelecidos como normais para ovinos. Os demais parâmetros permaneceram todos dentro desta faixa. Tanto o aumento de Leu, como o de ureia, foram considerados processos fisiológicos, não representando nenhuma alteração no metabolismo normal dos animais. Ao longo do ensaio, nenhum animal apresentou sinais clínicos de intoxicação por gossipol. Na avaliação de GPD dos animais, não se observou diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos. A suplementação de coprodutos do algodão para cordeiros foi satisfatória, uma vez que os animais não apresentaram alterações de parâmetros hematológicos e bioquímicos, condizentes com quadro de intoxicação por gossipol e o desempenho dos animais que receberam coprodutos do algodão na dieta foi equivalente ao dos animais CON, suplementados com concentrado sem a inclusão de coprodutos do algodão.

**Palavras-chave:** cordeiros, *creep feeding*, desempenho, gossipol, hemograma, suplementação.

## ABSTRACT

The use of cottonseed byproducts in the diet of ruminants constitutes a strategy which may provide a better productive performance associated with a reduction in production costs when compared to the use of more common feedstuffs such as grain corn and soybean meal. The objective of this experiment was to assess the effects of the supplementation of cottonseed byproducts on hematological and biochemical parameters; and daily weight gain of Santa Inês lambs. Twenty two animals were used, 11 males and 11 females, divided into four experimental groups, which were distinguished from each other in accordance with the cottonseed byproduct employed in concentrates formulation: Control - CON; Whole cottonseed (CAR); Cottonseed meal (FAR); and Cottonseed cake (TOR). A completely randomized design was used, with four treatments and six repetitions for CON and FAR, and five for CAR and TOR. Gossypol level of concentrates were 0, 1276, 190 and 350 ppm for CON, CAR, FAR and TOR respectively. The experimental period was 90 days, and lambs were allocated into four collective pens of 10.5 m<sup>2</sup> each, along with their respective dams, from birth until the end of the experiment. In each one of the pens there was a creep feeding system, in which concentrate was supplied in the amount of 100 g / animal per day. *Cynodon dactylon* cv. coast cross hay, water and mineral salt were available *ad libitum*. For the assessment of hematological and biochemical parameters, blood samples of the animals were fortnightly collected. Hematological parameters assessed were: Erythrocytes - (Hem); Hemoglobin - (Hb), Hematocrit - (Ht); Leukocytes - (Leu) and Platelets - (Plq). Biochemical parameters assessed were: aspartate aminotransferase - (AST), Gamma glutamyl transferase - (GGT), albumin, and urea. For the daily weight gain evaluation (DWG), the animals were weighed at the beginning and at the end of the experiment. It was found no significant statistical difference ( $P > 0.05$ ) between the treatments for the hematological parameters. The parameter Leu presented in all treatments, higher values than those regarded as normal for sheep, and all the other parameters remained within the range of values regarded as normal. At the evaluation of biochemical parameters, there was no significant statistical difference ( $P > 0.05$ ) between treatments, and the parameter urea presented in all treatments, higher values than those regarded as normal for sheep. All of the other parameters remained within the range of values regarded as normal. The increase of Leu and urea was found to be caused by physiological processes, not representing any change in normal metabolism of the animals. Throughout the experiment, the animals showed no clinical signs of gossypol intoxication. At the evaluation of DWG, there was no significant statistical difference ( $P > 0.05$ ) between

treatments. It was considered that supplementation with cottonseed byproducts was satisfactory, since the animals showed no alteration in hematological and biochemical parameters consistent with the condition of gossypol intoxication and performance of the lambs fed cottonseed byproducts was equivalent to CON lambs, fed concentrate formulated with no inclusion of cottonseed byproducts.

**Key-words:** creep feeding, gossypol, hemogram, lambs, performance, supplementation.

## 1. INTRODUÇÃO

Diversos ramos da agroindústria apresentam como característica comum a geração de coprodutos durante as etapas de colheita ou processamento de seus bens de consumo. Muitos destes, apesar de não apresentarem valor como alimento para humanos, possuem características que lhes permitem ser utilizados como alimentos nas atividades de produção animal, especialmente na criação de ruminantes, uma vez que o ecossistema microbiano do rúmen destes animais permite que eles se utilizem até de alimentos com elevados teores de fibras estruturais como fontes de nutrientes (Grasser et al., 1995; Bampidis & Robinson, 2006).

Voltada principalmente para atender a indústria têxtil, a cotonicultura é uma atividade responsável por gerar coprodutos de grande valor nutritivo para ruminantes. Os coprodutos do algodão (*Gossypium hirsutum*) mais utilizados na nutrição de ruminantes são o caroço, a torta e o farelo de algodão. O caroço de algodão, uma semente oleaginosa, é obtido após o processo de descaroçamento, no qual as fibras longas são separadas das sementes do algodão. Já a torta e o farelo são obtidos no processo de extração de óleo do caroço, que pode ser realizado por meio de prensagem mecânica simples, e por prensagem associada ao uso de solventes químicos, respectivamente (Paim et al., 2010).

Na produção animal, a suplementação da dieta com alimentos de alto valor nutritivo é uma estratégia que permite a obtenção de melhores índices de produtividade. Neste cenário, os coprodutos do algodão surgem em posição de destaque, pois estes alimentos possuem características nutricionais que lhes permitem serem considerados boas fontes de proteína para ruminantes (NRC, 2007), podendo substituir alimentos comumente usados como o farelo de soja.

Existem vários estudos que relatam desempenhos positivos de animais alimentados com coprodutos de algodão (Kandylyis et al., 1999; Paulino et al., 2002; Bernardes et al., 2007; Grainger et al., 2008), no entanto o uso destes alimentos esbarra em

um fator limitante que é a presença do gossipol. O gossipol é um composto polifenólico, produzido pela planta do algodão, encontrado em maiores concentrações nas glândulas pigmentares do caroço, podendo ser encontrado na sua forma livre ou ligado a outras moléculas. (Blauwiekel et al., 1997). A forma livre do gossipol, predominante no caroço de algodão, é considerada tóxica ao organismo animal, especialmente no caso dos monogástricos, podendo afetar coração, pulmões, fígado, células sanguíneas e tecidos reprodutivos (Randel et al., 1992).

Ruminantes são considerados relativamente insensíveis ao gossipol livre, uma vez que essa molécula pode se ligar a proteínas solúveis no rúmen, formando um complexo que não é absorvido pelo organismo animal (Zhang et al, 2007). No entanto, quando consumido por longos períodos, em quantidade que supere a capacidade de destoxificação do rúmen, ou por animais jovens, com a função ruminal ainda não totalmente estabelecida, o gossipol pode causar efeitos tóxicos em ruminantes, com sintomas semelhantes aos observados em monogástricos (Randel et al., 1992).

Dados na literatura que relatam o nível seguro de consumo desta molécula por ruminantes são bastante divergentes entre si (Paim et al., 2010), dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar o efeito da suplementação de concentrados formulados a base de coprodutos do algodão sobre parâmetros hematológicos, bioquímicos e o ganho em peso diário de borregos Santa Inês.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local**

O presente estudo foi realizado no Centro de Manejo de Ovinos da Fazenda Água Limpa (FAL), da Universidade de Brasília – UnB. A fazenda situa-se a 15° 94' 49.23" latitude Sul e 47° 93' 15.44" longitude Oeste

### **2.2 Animais e Instalações**

Para o presente experimento, por um período de adaptação com duração de 21 dias, 20 ovelhas Santa Inês, em estágio final de gestação, foram alojadas em quatro baias coletivas com área de 10,5 m<sup>2</sup> cada. No terço final deste período, todas as ovelhas pariram seus respectivos borregos, totalizando 22 animais, sendo 11 machos e 11 fêmeas, e estes permaneceram alojados nas baias coletivas com suas respectivas mães. Os borregos nascidos durante este período consistiram nas unidades experimentais do presente estudo.

### **2.3 Manejo Alimentar**

As ovelhas, mães dos borregos utilizados neste experimento, foram divididas em quatro tratamentos, de acordo com coproduto do algodão utilizado na formulação dos concentrados fornecidos em suas dietas, formando-se os seguintes grupos: Controle (CON),

caroço de algodão (CAR), farelo de algodão (FAR) e torta de algodão (TOR) (Tab. 2.1). Os concentrados eram fornecidos às mães na proporção de 600 g/animal por dia, e, além destes, foram disponibilizados aos animais feno de capim *Cynodon dactylon* cv. coast cross, água e sal mineral, todos ofertados *ad libitum* em cochos coletivos.

Tabela 2.1- Proporção de ingredientes do concentrado das ovelhas de cada tratamento (g/kg). CON-Grupo controle; CAR-Caroço de algodão; FAR-Farelo de algodão; TOR-Torta de algodão.

	CON	CAR	FAR	TOR
Milho triturado	659,9	351,0	436,2	403,0
Farelo de soja	340,1	249,0	163,7	197,0
Caroço de algodão	-	400,0	-	-
Farelo de algodão	-	-	400,0	-
Torta de algodão	-	-	-	400,0
Óleo de Soja (mL/kg)	131,7	43,3	138,3	140,0
Ureia	25	25	25	25

Ao fim do período de adaptação, iniciou-se o período experimental, que teve duração de 90 dias. Desde o início do período de adaptação até o fim do período experimental, os borregos tiveram acesso em tempo integral às suas mães, podendo mamar a qualquer instante do dia. Além do leite de suas mães, desde o momento do nascimento os animais tiveram acesso a concentrado, que era fornecido em sistemas de *creep feeding*, com acesso exclusivo para os borregos, dispostos um por baia.

Os borregos foram divididos em quatro tratamentos experimentais com cada tratamento diferenciando-se dos demais de acordo com o coproduto do algodão usado na formulação do concentrado suplementado aos animais no sistema de *creep feeding* (Tab. 2.2). A distribuição dos borregos nos tratamentos foi realizada de acordo com a distribuição utilizada para as mães, formando-se os seguintes grupos: CON, CAR, FAR e TOR (Tab. 2.3).

O fornecimento do concentrado era realizado uma vez ao dia, na proporção de 100 g/animal. Nos primeiros dias de vida de cada borrego, ainda durante o período de

adaptação, o concentrado fornecido no *creep feeding* não era consumido em sua totalidade, havendo sobras do mesmo, no entanto, uma semana após o início do período experimental, os animais já haviam se adaptado a consumir todo o concentrado, não havendo sobras de concentrado durante o período experimental. Além do concentrado, foram disponibilizados aos animais feno de capim *Cynodon dactylon* cv. coast cross, água e sal mineral, todos ofertados *ad libitum* em cochos coletivos.

Tabela 2.2 - Proporção de ingredientes do concentrado de cada tratamento (g/kg). CON-Grupo controle; CAR-Caroço de algodão; FAR-Farelo de algodão; TOR-Torta de algodão.

	CON	CAR	FAR	TOR
Milho triturado	659,9	351,0	436,2	403,0
Farelo de soja	340,1	249,0	163,7	197,0
Caroço de algodão	-	400,0	-	-
Farelo de algodão	-	-	400,0	-
Torta de algodão	-	-	-	400,0

Tabela 2.3 – Distribuição dos animais nos grupos de tratamento.

Tratamento	Número de animais e sexo	Total de animais
Controle – CON	3 machos : 3 fêmeas	6
Caroço – CAR	3 machos : 2 fêmeas	5
Farelo – FAR	1 macho : 5 fêmeas	6
Torta – TOR	4 machos : 1 fêmea	5

#### 2.4 Análise Bromatológica das Dietas

As análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM) e fibra em detergente ácido (FDA) das dietas utilizadas, foram realizadas de acordo com a AOAC (1995). Para se realizar a determinação da fibra em

detergente neutro (FDN), adotou-se a metodologia de Mertens (2002). O cálculo dos nutrientes digestíveis totais (NDT) da dieta foi realizado a partir de fórmula descrita por Harlan et al. (1991).

Para os concentrados que continham coprodutos do algodão em sua formulação, realizou-se a determinação do teor de gossipol destes, empregando-se metodologia adaptada de Botsoglou (1991) (Tab. 2.4).

## 2.5 Coleta de Dados

Com o objetivo de se detectar a ocorrência de alterações nos parâmetros bioquímicos e hematológicos dos animais, em decorrência da ingestão de coprodutos do algodão, coletou-se sangue dos borregos para realização de exames de hemograma e de parâmetros bioquímicos. As coletas de sangue foram realizadas quinzenalmente, por meio de punção da veia jugular, utilizando-se tubos à vácuo com e sem anticoagulante (ácido etilenodiamino tetra-acético – EDTA). Imediatamente após a coleta, as amostras de sangue dos tubos com EDTA, destinadas aos exames de hemograma, eram em seguida encaminhadas para realização dos mesmos. As amostras dos tubos sem EDTA, utilizadas para os exames bioquímicos, eram centrifugadas para separação do soro sanguíneo, e este então era armazenado em microtubos a temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  para posterior análise. Os parâmetros bioquímicos séricos avaliados foram: aspartato aminotransferase (AST), gama glutamil transferase (GGT), albumina e ureia.

Os exames de hemograma foram realizados por meio de um contador automático da marca ABX, modelo 22P ABX Micros 60, e para a avaliação dos parâmetros bioquímicos, AST, GGT, albumina e ureia, as amostras de soro foram descongeladas e as análises foram então realizadas utilizando-se kits bioquímicos comerciais, da marca Labtest<sup>®</sup> em aparelho de espectrofotometria Bioplus, modelo Bio-2000.

Para o cálculo da média do ganho em peso diário (GPD), os borregos foram pesados em duas ocasiões, no início do período experimental, dia 0, no qual os animais apresentavam idade média de  $5,6 \pm 1,7$  dias e ao término do experimento, dia 90. Calculou-se a diferença entre o peso final (PF) e o peso inicial (PI), e dividiu-se o resultado obtido por 90, número de dias do período experimental, chegando-se assim ao GPD dos animais.

Tabela 2.4 - Análise bromatológica do volumoso e concentrados utilizados (g/kg): CON-Controle; CAR-Caroço de algodão; FAR-Farelo de algodão; TOR-Torta de algodão.

Parâmetros	Volumoso		Concentrados		
	Feno Coast Cross	CON	CAR	FAR	TOR
MS <sup>a</sup>	920,03	881,69	897,82	888,48	879,20
MM	52,29	33,79	38,80	43,26	40,07
EE	16,57	21,40	90,10	16,80	15,40
PB	107,91	282,32	340,97	314,48	285,95
FDN	830,49	520,16	517,49	493,84	560,51
FDA	441,70	72,56	232,07	187,66	252,30
NDT	443,13	989,17	753,27	818,94	723,25
Gossipol livre (ppm)	-	-	1276	190	350

<sup>a</sup> MS – Matéria seca; MM – Matéria mineral; EE – Extrato etéreo; PB – Proteína bruta; FDN – Fibra em detergente neutro; FDA – Fibra em detergente ácido; NDT – nutrientes digestíveis totais;

## 2.6 Análise Estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições para os grupos CON e FAR, e cinco repetições para os grupos CAR e TOR. Para as análises estatísticas utilizou-se o programa SAS v 9.2<sup>®</sup> (Cary, Carolina do Norte). Empregou-se o procedimento MIXED para análise de variância dos dados. As médias dos tratamentos também foram comparadas entre si por contraste dois a dois, e cada tratamento com os demais. O nível de significância adotado para as análises foi de 5%.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise dos parâmetros hematológicos avaliados nos exames de hemograma (Tab. 2.5), não foi verificada diferença estatística significativa ( $P > 0.05$ ) entre os quatro tratamentos. Comparando os resultados observados com os valores de referência estabelecidos por Byers & Kramer (2010), verificou-se que somente o parâmetro leucócitos (Leu) apresentou resultados fora dos valores de referência, apresentando aumento em todos os tratamentos do experimento. Já as demais variáveis permaneceram todas dentro dos valores de referência, indicando que a dieta consumida pelos animais não foi capaz de causar nenhuma alteração nos demais parâmetros hematológicos aqui avaliados.

Os leucócitos são células que apresentam como função básica, a defesa contra micro-organismos invasores (Nabity & Ramaiah, 2010). No caso do presente estudo, os animais não apresentaram ao longo de todo período experimental, nenhum sinal clínico como apatia, febre ou diminuição do apetite, os quais poderiam ser atribuídos a algum processo infeccioso ou reação inflamatória. No entanto, em ruminantes, pode-se verificar aumento transitório na contagem de leucócitos em animais que estão em alguma situação de excitação, medo ou estresse, devido à liberação de adrenalina na corrente sanguínea, processo denominado leucocitose fisiológica (Tomquist & Rigas, 2010). Neste experimento, por se tratarem de animais jovens, ainda não adaptados ao manejo das coletas sanguíneas, observou-se esse quadro de estresse e excitação, fato que ficou evidenciado pelo aumento da contagem de leucócitos, observado em todos os animais. Dessa forma, conclui-se que o aumento de leucócitos observado aqui se tratava de uma leucocitose fisiológica e não de um processo de reação a alguma injúria ou invasão por micro-organismos.

Tabela 2.5 – Hemogramas de borregos suplementados com diferentes coprodutos do algodão. CON – Grupo controle; CAR – Caroço de algodão; FAR – Farelo de algodão; TOR – Torta de algodão.

	CON	CAR	FAR	TOR	Ref. <sup>b</sup>
Hem <sup>a</sup> (x10 <sup>6</sup> /μL)	9,38 ± 0,2 <sup>c,d</sup>	9,61 ± 0,3	9,38 ± 0,2	9,66 ± 0,3	9 - 15
Hb (g/dL)	9,86 ± 0,2	10,27 ± 0,2	10,16 ± 0,2	11,74 ± 0,2	9 - 15
Ht (%)	30,62 ± 0,8	30,78 ± 0,8	30,67 ± 0,7	31,72 ± 0,8	27 - 45
Leu (x10 <sup>3</sup> /μL)	10,25 ± 0,8	9,37 ± 0,8	9,4 ± 0,7	9,47 ± 0,8	4 - 8
Plq (x10 <sup>3</sup> /mL)	874,0 ± 36,1	908,2 ± 46,5	949,7 ± 35,7	937,6 ± 41,0	800-1100

<sup>a</sup> Hem – Hemácias; Hb – Hemoglobina; Ht – Hematócrito; Leu – Leucócitos; Plq – Plaquetas

<sup>b</sup> Ref. – Valores de referência segundo Byers & Kramer (2010)

<sup>c</sup> Valores seguidos pelo erro padrão das médias

<sup>d</sup> Não se observou diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos na análise por contraste

Analisando os resultados das avaliações de parâmetros bioquímicos séricos dos borregos (Tab. 2.6), não foi observada diferença estatística entre os quatro tratamentos. Com exceção da ureia, os demais parâmetros avaliados, AST, GGT e albumina, permaneceram todos dentro dos valores de referência estabelecidos por Viana (2007).

A AST e GGT são enzimas usadas para monitorar a presença de alguma injúria hepática. Situações em que há aumento dessas enzimas no plasma sanguíneo devem ser investigadas de maneira mais aprofundada, pois o aumento de uma dessas enzimas pode ser um indício da ocorrência de alguma lesão hepática (Hoffman & Solter, 2008). Como no presente experimento, os valores dessas duas enzimas permaneceram dentro dos valores de referência, sugere-se que o gossipol presente na dieta dos animais não causou nenhuma toxicidade hepática.

Tabela 2.6 – Parâmetros bioquímicos séricos de borregos suplementados com diferentes coprodutos do algodão. CON – Grupo controle; CAR – Caroço de algodão; FAR – Farelo de algodão; TOR – Torta de algodão.

	CON	CAR	FAR	TOR	Ref. <sup>a</sup>
AST (UI/L)	99,19 ± 6,0 <sup>b,c</sup>	103,04 ± 6,3	107,50 ± 5,8	100,48 ± 6,3	98 - 278
GGT (UI/L)	48,46 ± 3,7	48,79 ± 4,5	46,54 ± 3,5	50,04 ± 3,8	20 - 52
Albumina (g/100mL)	3,86 ± 0,5	3,78 ± 0,5	3,78 ± 0,4	3,75 ± 0,5	2,4 - 3,9
Ureia (mg/dL)	51,30 ± 4,6	59,26 ± 4,9	55,25 ± 4,3	55,44 ± 4,7	18 - 31

<sup>a</sup> Ref. – Valores de referência segundo Viana, 2007

<sup>b</sup> Valores seguidos pelo erro padrão das médias

<sup>c</sup> Não se observou diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos na análise por contraste

A albumina é a proteína mais abundante no plasma sanguíneo. Sintetizada pelo fígado, as principais funções dessa proteína são a manutenção da pressão oncótica vascular e realizar o transporte de diversos metabólitos pelo organismo por meio da corrente sanguínea. Queda nos níveis séricos dessa proteína pode indicar a ocorrência de doença hepática ou renal, desnutrição e perda de sangue ou plasma, enquanto que o aumento da concentração dessa proteína na corrente sanguínea é um indicativo de desidratação (Eckersall, 2008).

Considerando-se os resultados verificados nas análises de AST e GGT, e os resultados encontrados na análise dos níveis séricos de albumina, todos dentro do intervalo de referência estabelecido por Viana (2007), pode se concluir que neste experimento não houve, de fato, a ocorrência de injúria hepática devido ao consumo de gossipol pelos borregos que receberam suplementação com coprodutos do algodão.

Segundo Braun & Lefebvre (2008), o nível sérico de ureia é frequentemente utilizado para monitorar o adequado funcionamento do rim, com o aumento da concentração dessa molécula no plasma sanguíneo podendo ser indicativo de alguma falha na excreção desta por via renal. No entanto, ainda de acordo com estes autores, o aumento de ureia sérica em ruminantes não é um indicador muito preciso de doença renal, uma vez que os níveis desta molécula podem oscilar bastante em função do aporte de proteína dietética.

Durante o processo de degradação de proteína no rúmen, parte dos aminoácidos liberados é incorporada pela microbiota ruminal e utilizados na síntese de proteína microbiana, e o restante é deaminado, dando origem à amônia (Atasoglu & Wallace, 2003). A amônia então, absorvida pelos vasos sanguíneos da parede ruminal, chega ao fígado e é transformada em ureia para que esta seja excretada por via urinária ou então reclicada na saliva (Reynolds, 1992).

Preston et al. (1965) conduziram um experimento com cordeiros no qual foi avaliada a relação entre o teor de proteína da dieta e o nível de ureia sérica dos animais. Estes autores encontraram boa relação entre estas duas variáveis ( $r = 0,986$ ), indicando que dietas com maiores teores de proteína proporcionaram aumento do nível de ureia sérica.

Dessa forma, pode-se atribuir o aumento dos níveis de ureia sérica dos animais do presente experimento ao elevado aporte de proteína dietética, uma vez que os borregos além de estarem recebendo suplementação de concentrado no *creep feeding*, estavam também consumindo o leite de suas respectivas mães. A possibilidade de doença renal foi excluída em definitivo, pois se somando ao fato dos animais apresentarem-se clinicamente sadios durante todo o período experimental, não foi verificado nenhum outro sinal de doença renal nas avaliações de parâmetros bioquímicos, como por exemplo, baixos níveis de albumina sérica (Eckersall, 2008).

Risco et al. (1992) avaliaram o efeito do fornecimento de dietas contendo níveis de 100, 200, 400 e 800 ppm de gossipol livre na dieta total sobre parâmetros hematológicos e bioquímicos de bezerras da raça Holandesa, desde o dia do nascimento até 120 dias de idade. Estes autores encontraram redução na concentração de hemácias, hemoglobina e no hematócrito dos animais que receberam gossipol na dieta quando comparados aos animais do grupo controle, sem gossipol na dieta. Na avaliação dos parâmetros bioquímicos, estes autores não verificaram diferenças entre tratamentos do experimento, com exceção da albumina sérica, que se apresentou reduzida nos animais que receberam gossipol em relação aos animais do grupo controle.

Entretanto, é importante ressaltar que no estudo de Risco et al. (1992), as alterações em parâmetros hematológicos e bioquímicos, só foram verificadas após 90 dias de consumo do gossipol, evidenciando que o fator tempo deve ser considerado para chegar-se a conclusões mais precisas a respeito dos níveis seguros de ingestão desta molécula. Somadas às alterações de exames laboratoriais, estes autores também observaram em animais que receberam gossipol nas concentrações de 400 e 800 ppm, sintomas como tosse, dispneia e postura apática, e em alguns casos, os animais chegaram a apresentar edema intermandibular

e sinais de icterícia na mucosa ocular. No presente experimento, nenhum animal apresentou este tipo de sintomatologia sugestiva de intoxicação por gossipol, evidenciando que os níveis de gossipol empregados aqui, considerando-se o período experimental de 90 dias, foram seguros.

Quando analisados os resultados referentes às médias de GPD dos animais (Tab. 2.7) não foi verificada diferença estatística entre os quatro tratamentos ( $P > 0,05$ ).

Tabela 2.7 – Média de ganho em peso diário (GPD) dos animais por tratamento e por sexo, dentro de cada tratamento (g/dia).

	CON	CAR	FAR	TOR
Machos	167,22 <sup>a</sup>	111,48	163,89	111,39
Fêmeas	96,85	76,67	117,56	109,44
Geral	132,04 ± 19,64 <sup>b,c</sup>	97,56 ± 21,52	125,28 ± 19,64	111,00 ± 21,52

<sup>a</sup> Médias de GPD por sexo são meramente demonstrativas. Não foram submetidas à análise estatística

<sup>b</sup> Valores seguidos pelo erro padrão das médias

<sup>c</sup> Não se observou diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os tratamentos na análise por contraste

Os valores de GPD observados aqui, são inferiores aos obtidos por Cunha et al. (2008), que trabalhando com ovinos Santa Inês em fase de terminação, usou suplementação com concentrado a base de caroço de algodão, incluído nas proporções de 0, 200, 300 e 400 g/kg, e após 70 dias de experimento, encontraram médias de ganho em peso diário de 206, 186, 149 e 174 g/dia. O superior GPD observado neste estudo pode ser explicado pelo fato dos animais utilizados neste trabalho serem todos machos com quatro meses de idade, enquanto no presente experimento foram avaliados animais de ambos o sexo, a partir do momento de nascimento até os 90 dias de idade.

Avaliando a inclusão de farelo de algodão na dieta de cordeiros da raça Karagouniko, Kandylyis et al. (1999) utilizaram concentrados contendo 0, 100 e 200 g/kg de farelo de algodão e não verificaram diferenças entre o GPD dos animais que receberam farelo de algodão na dieta e o grupo controle, que recebeu concentrado sem a inclusão de farelo de algodão, corroborando com o resultado observado aqui.

Considerando-se que no presente experimento os valores de GPD dos animais do grupo CON, suplementados com concentrado a base de milho e farelo de soja, se mostraram próximos aos valores encontrados para os grupos suplementados com concentrado a base de coprodutos do algodão, pôde-se inferir a existência de vantagem econômica no uso da suplementação com coprodutos de algodão para ovinos de corte, uma vez que no Brasil, onde há elevada produção de algodão para suprir as demandas da indústria têxtil, estes alimentos podem ser obtidos a baixo custo (Paim et al., 2010).

#### **4. CONCLUSÃO**

A suplementação de coprodutos do algodão para borregos Santa Inês apresentou resultados satisfatórios. O gossipol presente nas dietas utilizadas não causou nenhuma alteração significativa nos parâmetros hematológicos e bioquímicos avaliados. A média de GPD dos animais alimentados com os coprodutos do algodão foi similar à dos animais do grupo controle, mostrando que o uso destes alimentos, desde que se respeitem os níveis de inclusão aqui adotados, pode ser considerado uma boa opção para suplementação proteica na dieta de cordeiros.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis**, 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025 p.

ATASOGLU, C. & WALLACE, R.J. Metabolism and *de novo* synthesis of amino acids by rumen microbes. In: CABI (ed.) **Amino Acids in Animal Nutrition**. 2 ed. Wallingford: Oxfordshire, 2003. p. 264-290.

BAMPIDIS, V.A. & ROBINSON, P.H. Citrus by-products as ruminant feeds: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 128, p. 175-217, 2006.

BERNARDES, E.B.; COELHO, S.G.; CARVALHO, A.U. et al. Efeito da substituição do feno de *Tifton 85* pelo caroço de algodão como fonte de fibra na dieta de bezerros. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 4, p. 955-964, 2007.

BLAUWIEKEL, R.; XU, S.; HARRISON, J.H. et al. Effect of whole cottonseed, gossypol, and ruminally protected lysine supplementation on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 7, p. 1358-1365, 1997.

BOTSOGLOU, N.A. Determination of “free” gossypol in cottonseed and cottonseed meals by second-derivative ultraviolet spectrophotometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 39, n. 3, 1991.

BRAUN, J.P. & LEFEBVRE, H.P. Kidney function and damage. In: Elsevier (ed.) **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 6 ed. San Diego: California, 2008. p. 485-528.

BYERS, S.R. & KRAMER, J.W. Normal hematology of sheep and goats. In: Wiley-Blackwell (ed.) **Schalm’s Veterinary Hematology**. 6 ed. Ames: Iowa, 2010. p. 836-842.

CUNHA, M.G.G.; CARVALHO, F.R.C.; VÉRAS, A.S.C. et al. 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.

ECKERSALL, P.D. Proteins, proteomics, and the dysproteinemias. In: Elsevier (ed.) **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 6 ed. San Diego: California, 2008. p. 117-156.

GRAINGER, C.; CLARKE, T.; BEAUCHEMIN, K.A. et al. Supplementation with whole cottonseed reduces methane emissions and can profitably increase milk production of dairy cows offered a forage and cereal grain diet. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 48, p. 73-76, 2008.

GRASSER, L.A.; FADEL, J.G.; GARNETT, I. et al. Quantity and economic importance of nine selected by-products used in California dairy rations. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 4, p. 962-971, 1995.

HARLAN, D.W.; HOLTER, J.B.; HAYES, H.H. Detergent fiber traits to predict productive energy of forages fed free choice to nonlactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 1337-1353, 1991.

HOFFMAN, W.E. & SOLTER, P.F. Diagnostic enzymology of domestic animals. In: Elsevier (ed.) **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 6 ed. San Diego: California, 2008. p. 351-378.

KANDYLIS, K.; NIKOKYRIS, P.N.; DELIGIANNIS, K. Performance of growing-fattening lambs fed diets containing different proportions of cottonseed meal. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, p. 1613-1619, 1999

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative Study. **Journal of AOAC International**, v. 85, n. 6, 2002.

NABITY, M.B. & RAMAIAH, S.K. Neutrophil structure and biochemistry In: Wiley-Blackwell (ed.) **Schalm's Veterinary Hematology**. 6 ed. Ames: Iowa, 2010. p. 263-274.

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

PAIM, T.P.; LOUVANDINI, H.; MCMANUS, C.M. et al. Uso de subprodutos do algodão na nutrição de ruminantes. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, v. 13, n. 1/2/3, p. 24 – 37, 2010.

PAULINO, M.F.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Soja grão e caroço de algodão em suplementos múltiplos para terminação de bovinos mestiços em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 484-491, 2002.

PRESTON, R.L.; SCHNAKENBERG, D.D.; PFANDER, W.H. Protein utilization in ruminants: I. Blood urea nitrogen as affected by protein intake. **The Journal of Nutrition**, v. 86, 1965.

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

REYNOLDS, C.K. Metabolism of nitrogenous compounds by ruminant liver. **The Journal of Nutrition**, v. 122, p. 850-854, 1992.

RISCO, C.A.; HOLMBERG, C.A.; KUTCHES, A. Effect of graded concentrations of gossypol on calf performance: Toxicological and pathological considerations. **Journal of Dairy Science**, v. 75, p. 2787-2798, 1992.

TORNQUIST, S.J. & RIGAS, J. Interpretation of ruminant leukocyte responses. In: Wiley-Blackwell (ed.) **Schalm's Veterinary Hematology**. 6 ed. Ames: Iowa, 2010. p. 307-313.

VIANA, F.A.B. **Guia terapêutico veterinário**. 2 ed. São Paulo: São Paulo, 2007. 462 p.

ZHANG, W.J.; XU, Z.R.; PAN, X.L. et al. Advances in gossypol toxicity and processing of cottonseed in dairy cows feeding. **Livestock Science**, v. 111, p. 1-9, 2007.

## CAPÍTULO 3

### EMIÇÃO DE METANO EM OVINOS ALIMENTADOS COM COPRODUTOS DO ALGODÃO

#### RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar emissão de CH<sub>4</sub> em ovelhas Santa Inês alimentadas com os coprodutos do algodão, verificando se o teor de gossipol destes alimentos exerce alguma influência sobre produção de CH<sub>4</sub> entérico. Foram utilizadas 12 ovelhas Santa Inês, com idade média  $4,8 \pm 2,9$  anos e peso vivo médio (PV) de  $44,8 \pm 7,5$  kg. Por um período experimental de 19 dias (14 dias de adaptação e 5 de coleta), os animais ficaram alojados em gaiolas para estudo de metabolismo e foram divididos em quatro tratamentos, estabelecidos de acordo com o coproduto do algodão utilizado na formulação do concentrado fornecido: Controle – CON; Carço de algodão – CAR; Farelo de algodão – FAR; e Torta de algodão – TOR. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições. Os teores de gossipol dos concentrados utilizados eram 0, 1276, 190 e 350 ppm para CON, CAR, FAR e TOR respectivamente. Além dos concentrados, os animais receberam feno de *Cynodon dactylon* cv. coast cross, água e sal mineral *ad libitum*. A quantidade de concentrado fornecido diariamente aos animais foi de 600 g/dia. A coleta das sobras de alimentos nos cochos foi feita diariamente, para se fazer o cálculo da ingestão diária de matéria seca (IMS). O teor de extrato etéreo da dieta dos animais foi balanceado entre os tratamentos por meio da inclusão de óleo de soja nos concentrados. A técnica utilizada para avaliar a emissão de CH<sub>4</sub> foi a do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>), e as amostras de gases coletadas nas cangas de PVC foram quantificadas por meio de análise em sistema de cromatografia gasosa. Avaliou-se a emissão de CH<sub>4</sub> diária (g/dia), em relação à IMS (g/kg IMS) e em relação ao PV dos animais (g/ kg PV). Não foi verificada diferença estatística ( $P > 0,05$ ) entre os quatro tratamentos na IMS e nos parâmetros relacionados à emissão de CH<sub>4</sub>. Em análise de regressão linear e quadrática, não se observou efeito significativo do teor de gossipol sobre emissão de CH<sub>4</sub>. Os resultados observados neste experimento são sugestivos de que o gossipol não interfere no processo de metanogênese.

**Palavras-chave:** cromatografia gasosa, ingestão de matéria seca, metanogênese, Santa Inês, técnica do SF<sub>6</sub>.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the methane (CH<sub>4</sub>) emission of Santa Inês sheep fed cottonseed byproducts, verifying if the gossypol content of these feedstuffs exerts influence on enteric CH<sub>4</sub> production. Twelve Santa Inês sheep were used, mean age of  $4.8 \pm 2.9$  years old and average body weight (BW) of  $44.8 \pm 7.5$  kg. For an experimental period of 19 days (14 days for adaptation and 5 collection), the animals were allocated in metabolic cages and were divided into four treatments, established in accordance with the cottonseed byproduct used in concentrates formulation of: Control - CON (no cottonseed byproduct); Whole cottonseed (CAR); Cottonseed meal (FAR); Cottonseed cake (TOR). A completely randomized design was used, with four treatments and three repetitions. The gossypol level of the concentrates were 0, 1276, 190 and 350 ppm for CON, CAR, FAR and TOR respectively. In addition to concentrates, animals received *Cynodon dactylon* cv. coast cross hay, water and mineral salt *ad libitum*. The amount of concentrate daily fed to the animals was 600 g. The collection of diet leftovers in the troughs was done daily, to make the calculation of the daily dry matter intake (DMI). The ether extract content of the diets was balanced between treatments by including soybean oil in concentrates. The technique used to evaluate the CH<sub>4</sub> was the sulfur hexafluoride (SF<sub>6</sub>) tracer technique, and the gas samples collected at the PVC yokes were quantified by analysis in gas chromatography system. The CH<sub>4</sub> emission was evaluated considering: the daily emission (g / day); DMI (g / kg DMI); and BW (g / kg BW). No statistical difference was found ( $P > 0.05$ ) between the four treatments for DMI and parameters related to the emission of CH<sub>4</sub>. In regression analysis, no significant effect of gossypol content on CH<sub>4</sub> emission was observed. The results of this experiment suggest that gossypol does not interfere with methanogenesis.

**Key-words:** dry matter intake, gas chromatography, methanogenesis, Santa Inês, SF<sub>6</sub> technique.

## 1. INTRODUÇÃO

O metano ( $\text{CH}_4$ ) é um dos integrantes do grupo chamado gases de efeito estufa (GEE), que se destaca por grande parte de sua emissão na atmosfera ser oriunda de atividades humanas e por possuir um potencial de aquecimento global 25 vezes maior que o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (IPCC, 2007). A pecuária, a partir da fermentação entérica, contribui com cerca de 35-40% das emissões antropogênicas de  $\text{CH}_4$  (FAO, 2006), sendo assim, constitui-se um aspecto importante na discussão de questões relacionadas ao meio ambiente.

Além da preocupação com o seu potencial de causar efeito estufa e contribuir para o aquecimento global, a nutrição de ruminantes busca a mitigação da emissão de  $\text{CH}_4$  devido ao fato de que, a produção deste gás na fermentação entérica representa perda de 2-12% da energia bruta presente nos alimentos consumidos, levando conseqüentemente à diminuição da eficiência na produção animal (Johnson & Johnson, 1995).

A dieta é o fator que mais influencia na quantidade de  $\text{CH}_4$  produzido durante a fermentação entérica. A digestibilidade dos alimentos, taxa de passagem, teor de fibras e lignina da forragem, e tipos de carboidratos presentes na dieta são fatores que estão relacionados à produção de  $\text{CH}_4$  (Ominski & Wittenberg, 2004; Primavesi et al., 2004a).

O caroço de algodão é um alimento que, devido ao elevado teor de ácidos graxos em sua composição, tem sido apontado como capaz de mitigar a produção de  $\text{CH}_4$  durante a fermentação entérica (Johnson et al., 2002; Grainger et al., 2010). O caroço de algodão é uma semente oleaginosa, e de acordo com o NRC (2007), possui características que o tornam uma boa fonte de suplementação proteica e energética para ruminantes.

Além do caroço, durante o processamento industrial do algodão são gerados outros coprodutos que podem ser empregados na alimentação de ruminantes, tais como a torta e o farelo de algodão, sendo estes dois obtidos a partir do processo de extração de óleo do caroço, por meio de prensagem mecânica e utilização de solventes, respectivamente (Paim et al., 2010). O maior entrave para a utilização de coprodutos do algodão na alimentação animal

é a presença de altos teores de gossipol, substância tóxica encontrada em toda a planta do algodão, cujo consumo pode resultar em efeitos negativos ao organismo animal (Blauwiekel et al., 1997). O gossipol possui capacidade de ligar-se a diversas substâncias, tais como proteínas, cálcio, ferro, sódio e potássio (Risco et al., 1992; Rogers et al., 2002). Assim sendo, é possível inferir que o gossipol é capaz de interferir em diversos processos biológicos nos quais essas substâncias sejam empregadas, como por exemplo, a fermentação entérica.

Com o presente trabalho, objetivou-se avaliar a emissão de CH<sub>4</sub> em ovelhas Santa Inês alimentadas com os coprodutos, caroço, farelo e torta de algodão.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Local**

O presente estudo foi realizado no Centro de Manejo de Ovinos da Fazenda Água Limpa (FAL), da Universidade de Brasília – UnB. A fazenda situa-se a 15° 94' 49.23" latitude Sul e 47° 93' 15.44" longitude Oeste, a uma altitude de 1080 m em relação ao nível do mar.

### **2.2 Animais e Instalações**

Foram utilizadas 12 ovelhas Santa Inês, não gestantes, em período final de lactação,  $44,8 \pm 7,5$  kg de peso vivo médio (PV), idade média de  $4,8 \pm 2,9$  anos, alocadas individualmente em gaiolas para estudo de metabolismo.

### **2.3 Manejo Alimentar**

Para um período experimental de 19 dias, sendo 14 dias de adaptação e cinco dias de coleta de dados, os animais foram divididos em quatro tratamentos experimentais, que diferenciavam-se entre si de acordo com o coproduto do algodão utilizado na formulação do concentrado (Tab. 3.1). O fornecimento do concentrado era feito uma vez ao dia, no período

da manhã (8:00 h), na quantidade de 600 g, com o objetivo de se atingir a proporção volumoso:concentrado de 65:35 na dieta, tendo como base 3 % de consumo de matéria seca (MS) em relação ao peso vivo (PV).

Tabela 3.1- Proporção de ingredientes do concentrado de cada tratamento (g/kg). CON-Grupo controle; CAR-Caroço de algodão; FAR-Farelo de algodão; TOR-Torta de algodão.

	CON	CAR	FAR	TOR
Milho triturado	659,9	351,0	436,2	403,0
Farelo de soja	340,1	249,0	163,7	197,0
Caroço de algodão	-	400,0	-	-
Farelo de algodão	-	-	400,0	-
Torta de algodão	-	-	-	400,0
Óleo de Soja (mL/kg)	131,7	43,3	138,3	140,0
Ureia	25	25	25	25

Foi realizada a suplementação de óleo de soja, diretamente no concentrado dos animais, com o objetivo de estabelecer equilíbrio em torno de 65 g/kg de extrato etéreo (EE) na dieta de cada tratamento. Sendo assim, a quantidade de óleo de soja acrescentado aos concentrados variou de acordo com a necessidade de cada tratamento (Tab. 3.1).

Além do concentrado, os animais receberam feno de capim *Cynodon dactylon* cv. coast cross, água e sal mineral *ad libitum*. O feno era ofertado ao final do período da manhã, após as ovelhas terem consumido o concentrado. Ao início de cada manhã, as sobras de feno referentes ao dia anterior eram retiradas e pesadas para realização do controle diário da ingestão de matéria seca (IMS) de cada animal. Como não houve sobras de concentrado durante o experimento, a variação da IMS entre os animais se deveu somente às diferenças no nível de consumo do feno.

## 2.4 Análise Bromatológica das Dietas

As análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), EE, matéria mineral (MM) e fibra em detergente ácido (FDA) das dietas utilizadas foram realizadas de acordo com a AOAC (1995). Para se realizar a determinação da fibra em detergente neutro (FDN), adotou-se a metodologia de Mertens (2002). O cálculo dos nutrientes digestíveis totais (NDT) da dieta foi realizado a partir da fórmula do FDA, descrita por Harlan et al. (1991).

Para os concentrados que continham coprodutos do algodão, caroço, farelo ou torta de algodão em sua formulação, realizou-se a determinação do teor de gossipol destes, empregando-se metodologia adaptada de Botsoglou (1991) (Tab. 3.2).

Tabela 3.2 - Análise bromatológica do volumoso e concentrados utilizados (g/kg): CON-Controle; CAR-Caroço de algodão; FAR-Farelo de algodão; TOR-Torta de algodão.

Parâmetros	Volumoso		Concentrados		
	Feno Coast Cross	CON	CAR	FAR	TOR
MS <sup>1</sup>	920,03	881,69	897,82	888,48	879,20
MM	52,29	33,79	38,80	43,26	40,07
EE	16,57	144,2	130,39	144,79	144,72
PB	107,91	354,07	412,72	386,23	357,77
FDN	830,49	520,16	517,49	493,84	560,51
FDA	441,70	72,56	232,07	187,66	252,30
NDT	443,13	989,17	753,27	818,94	723,25
Gossipol livre (ppm)	-	-	1276	190	350

<sup>1</sup>- MS – matéria seca; MM – matéria mineral; EE – extrato etéreo; PB – proteína bruta; FDN – fibra em detergente neutro; FDA – fibra em detergente ácido; NDT – nutrientes digestíveis totais.

## 2.5 Avaliação da Emissão de Metano (CH<sub>4</sub>)

A metodologia utilizada para determinação da emissão de CH<sub>4</sub> foi a do gás traçador hexafluoreto de enxofre (SF<sub>6</sub>), descrita originalmente por Johnson et al. (1994) para bovinos, adaptada para o Brasil por Primavesi et al. (2004b) e, posteriormente modificada para o uso na espécie ovina, por Lima et al. (2010).

As cápsulas de permeação utilizadas neste experimento tinham dimensões de 3,5 cm de comprimento e 0,6 cm de diâmetro. Após receberem a carga de SF<sub>6</sub>, foram mantidas em banho-maria a 39 ° C e pesadas semanalmente durante período de seis semanas, para que se calculasse a taxa de emissão de SF<sub>6</sub> das mesmas. Ao término deste período, foram introduzidas no rúmen dos animais por meio de sonda esofágica.

Os cabrestos utilizados foram confeccionados seguindo o modelo utilizado por Primavesi et al. (2004b), com três pontos de fixação (Boca, ganacha e inserção do pescoço). O filtro do sistema de coleta de amostras era fixado a uma aba de couro, posicionada sobre o osso nasal do animal, e era então conectado a uma câmara a vácuo (canga), responsável por coletar e armazenar as amostras.

As cangas utilizadas para coletar amostras foram confeccionadas em PVC, seguindo modelo descrito por Lassey et al. (1997), com volume de aproximadamente 2,5 L, afixadas na parte traseira das gaiolas. O filtro do sistema de coleta de amostras se ligava às cangas por meio de tubo de nylon de 1/8” de diâmetro externo e 2,5 m de comprimento. Assim como no sistema utilizado por Moreira et al. (2013), os tubos capilares utilizados para regular a taxa de admissão das amostras ficaram na extremidade mais próxima a canga, do lado de fora das gaiolas, com o objetivo de facilitar o manejo.

Conforme descrito por Primavesi et al.(2004b), utilizou-se uma canga “branco”, que funciona como um sistema semelhante ao utilizado nos animais, mas com o objetivo de coletar amostra do ambiente. O filtro de captação da canga “branco” foi posicionado na região central da área em que as gaiolas dos animais estavam dispostas, a altura do topo destas. As cangas dos animais e a canga “branco” foram substituídas a cada 24 h, e em seguida levadas ao o laboratório para ser feita a determinação de SF<sub>6</sub> e CH<sub>4</sub>, por meio de cromatografia gasosa. Primeiro, foi feita a diluição das amostras com N<sub>2</sub>, na pressão de 3,0 atm, e em seguida as amostras injetadas para análise em triplicata no cromatógrafo a gás modelo GC-2010 da marca Shimadzu®, com detectores de captura de eletros (ECD) e de ionização de chama (FID). O modelo da coluna utilizada no cromatógrafo para determinação

dos gases foi a megabore 0,53mm, 30 m, 25,0  $\mu\text{m}$ , HP-MolSiv, e para calibração do aparelho, foram utilizados padrões de 20 ppm para o  $\text{CH}_4$  e de 50, 100 e 1000 ppt para o  $\text{SF}_6$ , de acordo com o descrito por Primavesi et al. (2004b).

## **2.6 Análise Estatística**

O delineamento experimental empregado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições. Para a análise estatística foi utilizado o software SAS v 9.2<sup>®</sup> (Cary, Carolina do Norte). Foi realizada análise de variância, empregando-se procedimento MIXED, para verificar o efeito dos tratamentos sobre a IMS e os diversos parâmetros da emissão de  $\text{CH}_4$ , com nível de significância de 5%. Além disto, buscando verificar se houve influência do teor de gossipol das dietas na emissão de  $\text{CH}_4$ , procedeu-se análise de regressão stepwise testando efeito linear e quadrático empregando-se o procedimento REG, utilizando nível de significância 5% para variável permanecer no modelo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi verificada diferença estatística significativa entre os quatro tratamentos na IMS e nos parâmetros relacionados à emissão de CH<sub>4</sub> (P > 0,05) (Tab. 3.3).

Tabela 3.3 - Ingestão de matéria seca (IMS), emissão de CH<sub>4</sub> diária, em relação à ingestão de matéria seca (IMS) e em relação ao peso vivo médio (PV) nos 4 tratamentos. Análise de regressão em relação aos diferentes teores de gossipol dos tratamentos. CON – Controle; CAR – Carço de algodão; FAR – Farelo de algodão; TOR – Torta de algodão.

	CON	CAR	FAR	TOR	CV <sup>a</sup> (%)	Regressão	
						Linear	Quadrática
IMS(g/kg PV)	26,66	23,18	23,35	29,53	17,21	NS <sup>b</sup>	NS
CH <sub>4</sub> /dia (g)	8,90	12,34	13,11	12,30	38,41	NS	NS
CH <sub>4</sub> /IMS (g/kg IMS)	7,64	11,47	11,59	10,73	37,32	NS	NS
CH <sub>4</sub> /PV (g/kg PV)	0,206	0,265	0,279	0,318	42,63	NS	NS

<sup>a</sup>CV = Coeficiente de variação.

<sup>b</sup>NS = Não significativo

O nível de IMS observado nos quatro tratamentos deste experimento esteve dentro do esperado para ovelhas adultas, em estágio final do período de lactação, de PV entre 40 e 50 kg (NRC, 2007). De acordo com o NRC (2001), pode haver diminuição da IMS caso o teor de EE da dieta exceda a faixa de 60-70 g/kg. Tal fato não foi verificado aqui, pois mesmo tendo sido feito o acréscimo de óleo de soja no concentrado dos quatro tratamentos, o

teor de EE da dieta variou na faixa de 60 – 65 g/kg, resultando na manutenção da IMS dentro dos valores esperados. Allen (2000) afirmou que o mecanismo responsável por diminuir a IMS em situações em que há suplementação de ácidos graxos na dieta não é muito bem elucidado, mas envolve fatores como a diminuição da fermentação de fibras e motilidade ruminal, além de redução na aceitabilidade de dietas com acréscimo de gordura.

O modo pelo qual o caroço de algodão, assim como outras sementes oleaginosas é capaz de diminuir a emissão de CH<sub>4</sub>, se dá em razão do óleo presente neste ingrediente, uma vez que, ácidos graxos no rúmen podem diminuir a produção de CH<sub>4</sub> por meio de diversos mecanismos, tais como diminuição da fermentação de fibras e ação tóxica direta sobre bactérias e protozoários envolvidos na metanogênese. No caso de ácidos graxos insaturados (AGI), o processo de bio-hidrogenação que ocorre nas insaturações destas moléculas pode representar uma via alternativa para o hidrogênio produzido no rúmen, reduzindo a quantidade disponível deste elemento para a formação de CH<sub>4</sub> (Czerkawski et al., 1966; Jenkins, 1993; Martin et al., 2008).

Neste experimento, quando comparando o tratamento CAR, no qual os animais consumiam diariamente no concentrado 400g/kg de caroço de algodão, aos demais tratamentos, não foi observada diminuição da emissão de CH<sub>4</sub>. Tal fato pode ser atribuído ao acréscimo de óleo de soja no concentrado de todas as dietas, que balanceou o nível de EE entre os tratamentos. A inibição da produção de CH<sub>4</sub> por meio da inclusão de ácidos graxos na dieta irá depender de diversos fatores, tais como: a quantidade incluída e concentração final destes na dieta; o perfil de ácidos graxos da fonte de gordura utilizada; a forma como é feito o fornecimento desta, seja lançando mão de sementes oleaginosas ou utilizando-se suplementação de óleos refinados, casos do caroço de algodão e do óleo de soja respectivamente; e por último, a composição da dieta como um todo (Beauchemin et al., 2009).

No presente trabalho, houve diferença na forma de fornecimento dos ácidos graxos da dieta, uma vez que no tratamento CAR, 53,96% dos ácidos graxos do concentrado foram fornecidos por meio do caroço de algodão, enquanto 30,86% foram fornecidos pela suplementação de óleo de soja, e os 15,18% restantes fornecidos pelos demais alimentos do concentrado, enquanto nos outros tratamentos, o óleo de soja foi responsável por fornecer 85,17; 88,41 e 89,35 % dos ácidos graxos do concentrado dos grupos CON, FAR, e TOR respectivamente.

Segundo Martin et al. (2008), ácidos graxos poli-insaturados (AGP) fornecidos por meio de suplementação de óleo na dieta, possivelmente interagem mais rapidamente com

a microbiota ruminal quando comparados a AGP fornecidos por sementes oleaginosas, podendo tal fato resultar em redução mais acentuada da metanogênese. Entretanto, não se observou diferença na emissão de CH<sub>4</sub> entre os tratamentos utilizados neste ensaio, mostrando que as diferentes formas de fornecimento de ácidos graxos aqui utilizadas não tiveram influência sobre o nível de metanogênese.

O óleo do caroço de algodão é composto aproximadamente por 30% de ácidos graxos saturados (AGS), 55% de AGP e 15% de ácidos graxos mono-insaturados (AGM), enquanto a composição aproximada do óleo de soja é de 15% de AGS, 60% de AGP e 25% de AGM (Gioielli, 1996). O perfil de ácidos graxos das duas principais fontes de gordura utilizadas neste experimento apresenta variação mais evidente somente no teor de AGS, porém, essa variação, assim como as diferentes formas de fornecimento de ácidos graxos empregadas aqui, não correspondeu a diferenças significativas na emissão de CH<sub>4</sub> entre os tratamentos, o que já era esperado, uma vez que o teor de ácidos graxos estava equilibrado entre os quatro tratamentos, respeitando-se sempre a proporção de 60 – 70 g/kg de EE na dieta.

Levando-se em consideração este equilíbrio entre as quatro dietas utilizadas, o principal fator de variação presente na composição das mesmas seriam seus diferentes teores de gossipol. Na análise de regressão linear e quadrática não se observou efeito significativo do teor de gossipol sobre a emissão de CH<sub>4</sub>, indicando que não houve relação entre os diferentes níveis de gossipol das dietas utilizadas e o processo de metanogênese durante a fermentação entérica (Tab. 3.3).

A ausência de efeito do gossipol sobre a metanogênese sugere que esta molécula não interfere nos demais aspectos relacionados às funções fermentativas da microbiota ruminal, o que corrobora com o verificado por Schneider et al. (2002), que em ensaio *in vitro*, avaliaram aspectos relacionados à fermentação ruminal do caroço de algodão dentre outros substratos, e observaram evidências sugestivas de que o gossipol não interfere em aspectos relacionados à fermentação ruminal.

Ismartoyo et al. (1993) observaram em avaliação *in vitro* do processo de degradação ruminal de feno de gramínea e caroço de algodão, que a presença do gossipol, em ambos os casos, resultou em diminuição da produção de gás e na contagem total de micro-organismos ruminais, caracterizando efeito direto do gossipol na microbiota ruminal. No entanto, estes autores afirmam que houve adaptação da microbiota ao gossipol quando esta foi exposta ao mesmo por períodos longos. Assim sendo, como os animais aqui utilizados já

estavam previamente adaptados ao consumo gossipol, não se observou nenhuma evidência de efeitos desta molécula sobre os micro-organismos do rúmen.

Em trabalho com ovinos da raça Romney, de 22 meses de idade, 47 kg PV, sendo alimentados com feno de alfafa, Pinares-Patiño et al. (2008) verificaram por meio da técnica do SF<sub>6</sub>, nível de emissão médio de 18,8 ± 0,4 g de CH<sub>4</sub> / dia. Ullyat et al., (2005), avaliando a emissão de CH<sub>4</sub> de diferentes grupos de ovelhas cruzadas Romney, em diferentes tipos de pastagem, verificaram emissões de 19,3 ± 5,4; 21,9 ± 3,7 e 21,4 ± 2,0 g/dia, para animais de 37,9, 41,2 e 46,9 kg PV, respectivamente. Em outro trabalho com animais cruzados da raça Romney, Lasseby et al. (1997), utilizando carneiros de 8 meses de idade e 37 kg PV observaram emissões médias de 18,9 ± 0,8 g/dia de CH<sub>4</sub> em um grupo de 50 animais mantidos em pastagem mista de azevém perene e trevo branco. Quando levando em consideração a emissão de CH<sub>4</sub> em relação à IMS, estes observaram média de 14,87 g/kg IMS.

Moreira et al. (2013) testaram a suplementação de leguminosas tropicais taniníferas como uma estratégia de mitigação da emissão de CH<sub>4</sub>, utilizando cordeiros Santa Inês com PV de 27,88 ± 2,85 kg. Foi verificada emissão média, de 7,8; 10,4; 11,3 e 10,5 g CH<sub>4</sub>/dia para animais suplementados com feno das leguminosas *Leucaena leucocephala*, Mucuna Preta (*Stizolobium aterrimum*), Sansão do Campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth) e grupo controle (sem suplementação de leguminosa). Estes autores observaram valores de emissão de CH<sub>4</sub> próximos aos observados aqui, no entanto, os animais utilizados neste caso apresentavam menor PV que os animais trabalhados no presente experimento.

Com exceção à Moreira et al. (2013), os diversos valores referentes à emissão de CH<sub>4</sub> em ovinos encontrados na literatura citada, relatam níveis de emissão superiores aos valores verificados no presente experimento (Tab. 3.3). Os resultados aqui obtidos, quando comparados aos dados da literatura, são sugestivos de que houve efeito mitigador da emissão de CH<sub>4</sub>, podendo tal efeito ser atribuído aos ácidos graxos incluídos na dieta dos animais.

Aparentemente, os métodos de inclusão de ácidos graxos nas dietas deste experimento, seja por meio do caroço de algodão inteiro ou pela adição direta de óleo de soja ao concentrado, foram igualmente eficientes em inibir a metanogênese nas concentrações aqui empregadas, sugerindo a eficiência desta prática em mitigar a emissão de CH<sub>4</sub> entérico em ruminantes.

#### **4. CONCLUSÃO**

Os níveis de emissão de CH<sub>4</sub> observados neste experimento não foram influenciados pelos diferentes coprodutos do algodão utilizados na formulação dos concentrados. Os resultados observados são sugestivos de que o gossipol no rúmen não exerce influência sobre o processo de metanogênese.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official Methods of Analysis**, 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025 p.

BEAUCHEMIN, K.A.; MCGINN, S.M.; BENCHAAAR, C. et al. Crushed sunflower, flax, or canola seeds in lactating dairy cow diets: Effects of methane production, rumen fermentation, and milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p.2118-2127, 2009.

BLAUWIEKEL, R.; XU, S.; HARRISON, J.H. et al. Effect of whole cottonseed, gossypol, and ruminally protected lysine supplementation on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 7, p. 1358-1365, 1997.

BOTSOGLOU, N.A. Determination of “free” gossypol in cottonseed and cottonseed meals by second-derivative ultraviolet spectrophotometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 39, n. 3, 1991.

CZERKAWSKI, J.W.; BLAXTER, K.L.; WAINMAN, F.W. The metabolism of oleic, linoleic, and linolenic acids by sheep with reference to their effects on methane production. **British Journal of Nutrition**, v. 20, p. 349-362, 1966.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. **Livestock’s long shadow: Environmental issues and options**. Food and Agriculture Organization, Rome, 2006. 399 p.

GIOIELLI, L.A. Óleos e gorduras vegetais: Composição e tecnologia. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 5, n. 2, p. 211-232, 1996.

GRAINGER, C.; WILLIAMS, R.; CLARKE, T. et al. Supplementation with whole cottonseed causes long-term reduction of methane emissions from lactating dairy cows offered a forage and cereal grain diet. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 6 p. 2612-2619, 2010.

HARLAN, D.W.; HOLTER, J.B.; HAYES, H.H. Detergent fiber traits to predict productive energy of forages fed free choice to nonlactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 1337-1353, 1991.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Climate Change 2007: **The Physical Science Basis**, 2007. 996 p.

ISMARTOYO; ACAMOVIC, T.; STEWART, C.S. The effect of gossypol on the rumen microbial degradation of grass hay under consecutive batch culture (CBS). In: WINTER MEETING OF THE BRITISH SOCIETY OF ANIMAL PRODUCTION, 1993, Scarborough, UK. **Anais...** Scarborough, British Society of Animal Production, 1993.

JENKINS, T.C. Advances in ruminant lipid metabolism. **Journal of Dairy Science**, v. 76, p. 3851-3863, 1993.

JOHNSON, K.; HUYLER, M.; WESTBERG, H. et al. Measurement of methane emissions from ruminant livestock using a SF<sub>6</sub> tracer technique. **Environmental Science and Technology**, v. 28, p. 359-362, 1994.

JOHNSON, K.A. & JOHNSON, D.E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2483-2492, 1995.

JOHNSON, K.A.; KINCAID, R.L.; WESTBERG, H.H. et al. The Effect of oilseeds in diets of lactating cows on milk production and methane emissions. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 1509 – 1515, 2002.

LASSEY, K.R.; ULYATT, M.J.; MARTIN, R.J. et al. Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand. **Atmospheric Environment**, v. 31, n. 18, p. 2905-2914, 1997.

LIMA, P.M.T.; MOREIRA, G.D.; LOPES, A.C. et al. Adaptations of the methane determination SF<sub>6</sub> tracer technique from bovine to sheep in Brazil. In: XXVI WORLD BUIATRICS CONGRESS - WBC, 2010, Santiago, Chile. **Anais...** Santiago, World Buiatrics Congress, 2010.

MARTIN, C.; ROUEL, J.; JOUANY, J.P. et al. Methane output and diet digestibility in response to feeding dairy cows crude linseed, extruded linseed, or linseed oil. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 2642-2650, 2008.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative Study. **Journal of AOAC International**, v. 85, n. 6, 2002.

MOREIRA, G.D.; LIMA, P.M.T.; BORGES, B.O. et al. Tropical tanniniferous legumes used as an option to mitigate sheep enteric methane emission. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, n. 3, p. 879-882, 2013.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC, **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. National Academic Press, Washington, D.C., 2001. 408 p.

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

OMINSKI, K.H. & WITTENBERG, K.M. **Strategies for reducing enteric methane emissions in forage-based beef production systems**. In: THE SCIENCE OF CHANGING CLIMATES- IMPACT ON AGRICULTURE, FORESTRY AND WETLANDS. Alberta, Canadá, 2004.

PAIM, T.P.; LOUVANDINI, H.; MCMANUS, C.M. et al. Uso de subprodutos do algodão na nutrição de ruminantes. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, v. 13, n. 1/2/3, p. 24 – 37, 2010.

PINARES-PATIÑO, C.S.; HOLMES, C.W.; LASSEY, K.R. et al. Measurement of methane emission from sheep by the sulphur hexafluoride tracer technique and by the calorimetric chamber: Failure and success. **Animal**, v. 2, n. 1, p. 141-148, 2008.

PRIMAVESI, O.; PEDREIRA, M.S.; FRIGHETTO, R.T.S. et al. **Manejo alimentar de bovinos leiteiros e sua relação com produção de metano ruminal**. Embrapa Pecuária Sudeste – CPPSE, Circular Técnica, 39, 2004a. 21 p.

PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.T.S.; PEDREIRA, M.S. et al. **Técnica do gás traçador SF<sub>6</sub> para medição de campo do metano ruminal em bovinos: Adaptações para o Brasil**. Embrapa Pecuária Sudeste – CPPSE, Documentos, 39, 2004b. 76 p.

RISCO, C.A.; HOLMBERG, C.A.; KUTCHES, A. Effect of graded concentrations of gossypol on calf performance: Toxicological and pathological considerations. **Journal of Dairy Science**, v. 75, p. 2787-2798, 1992.

ROGERS, G.M.; POORE, M.H.; PASCHAL, J.C. Feeding cotton products to cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 18, p. 267-294, 2002.

SCHNEIDER, I.C.; AMES, M.L.; RASMUSSEN, M.A. et al. Fermentation of cottonseed and other feedstuffs in cattle rumen fluid. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, p. 2267-2273, 2002.

ULYATT, M.J.; LASSEY, K.R.; SHELTON, I.D. et al. Methane emission from sheep grazing four pastures in late summer in New Zealand. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 48, p. 385-390, 2005.

## CAPÍTULO 4

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se os resultados verificados neste trabalho, pôde-se confirmar que os coprodutos do algodão constituem-se boas opções de alimentos para suplementação de ovinos de corte, desde que sejam observadas algumas circunstâncias. Os teores de gossipol incluídos nas dietas mostraram-se seguros para o consumo dos animais, não tendo sido verificada nenhuma alteração condizente com quadro de intoxicação durante todo o período experimental. Portanto, desde que sejam respeitados os níveis de inclusão aqui empregados no sistema de *creep feeding*, o consumo desta molécula é seguro para cordeiros de corte em amamentação.

Em locais onde há disponibilidade destes coprodutos, torna-se economicamente interessante a utilização dos mesmos na pecuária, uma vez que o seu custo de obtenção é mais baixo que o de alimentos tradicionais como milho e soja, e observou-se neste trabalho, que o nível de desempenho dos animais consumindo estes alimentos foi bastante similar ao dos animais suplementados com concentrados formulados a base de coprodutos do algodão, evidenciando-se então, a vantagem econômica na utilização destes últimos.

Com relação à emissão de CH<sub>4</sub>, observou-se que o gossipol não exerce efeito sobre o processo de metanogênese. No entanto, foram observados resultados sugestivos de que tenha ocorrido inibição da metanogênese devido ao elevado teor de ácidos graxos na dieta dos animais. Dessa forma, considerando-se os fatos de que o caroço de algodão é uma semente oleaginosa, portanto apresenta conteúdo elevado de ácidos graxos, e que o

desempenho dos animais consumindo esta semente foi satisfatório, o uso deste alimento constitui-se uma alternativa econômica na busca por bons índices de produtividade animal associados à redução do impacto ambiental da ovinocultura.