

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA**

LINANDER DE LIMA CAMPOS

**Efeitos da suplementação com caroço de algodão sobre desempenho,
metabolismo de nutrientes e qualidade da carne de ovinos**

Piracicaba

2017

LINANDER DE LIMA CAMPOS

**Efeitos da suplementação com caroço de algodão sobre desempenho,
metabolismo de nutrientes e qualidade da carne de ovinos**

Versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

**Dissertação apresentada ao Centro de Energia
Nuclear na Agricultura da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de Mestre em
Ciências**

**Área de Concentração: Energia Nuclear na
Agricultura e no Ambiente**

Orientador: Prof. Dr. Adibe Luiz Abdalla

Piracicaba

2017

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Campos, Linander de Lima

Efeitos da suplementação com caroço de algodão sobre desempenho, metabolismo de nutrientes e qualidade da carne de ovinos / Linander de Lima Campos; orientador Adibe Luiz Abdalla. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2017.

94 p. : il.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

1. Análise de alimentos para animal 2. Biomoléculas 3. Dieta animal 4. Nutrição animal 5. Qualidade dos alimentos 6. Segurança alimentar 7. Suplementos concentrados para animais I. Título

CDU 637.05 : 636.087

DEDICATÓRIA

Dedico este primeiramente a Deus, que iluminou meu caminho durante esta jornada, à todos os professores que me acompanharam durante a vida acadêmica, e as pessoas que de alguma maneira contribuíram para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por estar sempre iluminando meus caminhos.

Aos meus pais, Marden Assis Campos e Maria Aparecida de Lima Campos por todo o amor, incentivo e segurança depositado em mim.

A meus irmãos: Leonaldo, Ledson, Lewton e Lenilson; e toda família por todo o carinho e confiança.

Ao meu grande amor e melhor amiga, Natasha Kelly Mantuan, por todo auxílio no experimento, nas análises laboratoriais e pelo companheirismo e apoio nos momentos mais difíceis deste caminho.

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) pela oportunidade e infraestrutura concedida para o desenvolvimento desta pesquisa.

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP) pela infraestrutura e aprendizado.

Ao meu orientador, Professor Doutor Adibe Luiz Abdalla pela sua paciência, dedicação e generosidade ao longo do período do mestrado.

À Doutora Alessandra de Cássia Romero, agradeço muitíssimo por todo ensinamento e crucial auxílio na finalização deste trabalho.

Aos professores que contribuíram, e muito, na minha formação: Helder Louvandini, Carlos Tadeu dos Santos Dias, Clotilde Maria Korndörfer, Severino Matias de Alencar, agradeço.

Aos secretários (as) da Pós-Graduação: Alzira, Daiane, Fábio, Gilson, Neuda e Sonia por toda boa vontade e prontidão em ajudar.

Aos Técnicos do Laboratório de Nutrição Animal: Maria Regina S. R. Peçanha, Lécio A. Castilho e Karina Scotton, muito obrigado por tudo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela bolsa concedida, e condição para a realização desta.

Aos colegas de trabalho: Adibe L. Abdalla Filho, Alline M. Schumann, Ana C. K. S. Issakowicz, Andressa Natel, Carolina Jimenez, Dinesh Dhanasekaran, Egon Hion Ieda, Felipe Ortiz, Gabriel Sakita, Gleison de Souza, Juliano Issakowicz, Letícia De Abreu Faria, Paulo T. Lima, Pierre Crouz, Ronaldo Lucas, Sammy Cavalcante, Suzana Coimbra, Tairon Pannunzio, Tamires Sanches, Tatiane Lissoni, Thiago Bompadre, Willian Costa, todos os estagiários e aqueles que não foram citados, mas com certeza sempre lembrados.

E finalmente a todos que colaboraram direta ou indiretamente na elaboração desta Dissertação, os meus sinceros agradecimentos!

Muito obrigado!

“O caminho da sabedoria é não ter medo de errar.”

Brida (1990)

Paulo Coelho

RESUMO

CAMPOS, L. L. **Efeitos da suplementação com caroço de algodão sobre desempenho, metabolismo de nutrientes e qualidade da carne de ovinos.** 2017. 94 p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a dieta de ovinos a base de caroço de algodão sobre parâmetros de desempenho, metabolismo de nutrientes, emissão de metano e qualidade da carne, bem como o efeito acumulativo e sinais de toxicidade causados pela ingestão de concentrações elevadas de gossipol livre presente na dieta dos animais, garantindo a segurança alimentar. O experimento teve duração de 70 dias, com 16 animais machos deslanados, castrados, da raça Santa Inês, com massa corporal inicial de $44 \pm 4,7$ kg e idade média de 18 ± 2 meses, divididos em Tratamento Controle (TC) e Tratamento com Caroço de Algodão (TCA). As dietas foram oferecidas diariamente em dois períodos, constituída por 40% de feno de Tifton (*Cynodon spp*) e 60% de concentrado (50 % milho moído e 50% de soja em grão, e 100% de caroço de algodão integral, respectivamente para TC e TCA), além da oferta de água e mistura mineral *ad libitum*. O experimento *in vivo* foi dividido em três períodos, ensaio de desempenho (10 dias de adaptação aos tratamentos e 45 de acompanhamento), ensaio de digestibilidade aparente (5 dias de adaptação e 5 dias de coletas) e ensaio de produção de metano entérico (2 dias de adaptação e 3 dias de coletas). Foram realizadas análises bromatológicas para caracterização dos componentes das dietas, sobras e excrementos, para inferir o consumo e ganho de peso dos animais; avaliação dos parâmetros ruminais de AGGC, pH, N-NH₃ e Gossipol livre; e estimativa da produção microbiana, através dos derivados de purinas. Decorridos os 70 dias, os animais permaneceram em jejum de sólidos (16h), em seguida foram abatidos e as carcaças avaliadas. Foram determinados os parâmetros físico-químico, de rendimento da carcaça, avaliação centesimal, qualidade da carne e gossipol livre. A inclusão de 60% do caroço de algodão no concentrado proporcionou aumento na ingestão, na digestibilidade média de nutrientes e no metabolismo de nitrogênio; permitindo um ambiente propício às atividades dos microrganismos ruminais, evidenciado pelos parâmetros ruminais AGCC, pH e N-NH₃ e produção CH₄. No entanto, os animais apresentaram menor ganho de peso e rendimento em relação a dieta controle. Os critérios de qualidade da carcaça e na composição centesimal, não houve diferença. Tendo em conta a qualidade da carne de ovinos Santa Inês, sugere-se que a inclusão de até 60% da alimentação dos animais com caroço de algodão na substituição de milho e soja, no período de terminação, estaria seguro sem causar intoxicação ou alterações na carcaça e, portanto, sem riscos para a saúde humana; contribuindo assim para a produção de alimentos de forma sustentável e segura.

Palavras-chave: Caroço de algodão. Ruminantes. Gossipol. Qualidade da carne.

ABSTRACT

CAMPOS, L. L. **Effects of cottonseed supplementation on performance, nutrient metabolism and meat quality of sheep**. 2017. 94 p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

The aim of this study was to evaluate sheep fed with whole cottonseed on performance parameters, nutrient metabolism, methane emission and meat quality, either the toxicity effect caused by the ingestion of high amount of free gossypol present in animals feed, ensuring food security. The experiment lasted 70 days, using 16 Santa Inês' sheep, with initial body mass of $44 \pm 4,7$ kg and mean age of 18 ± 2 months, distributed in Control Treatment (TC) and whole cottonseed Treatment (TCA). The feed were offered daily in two periods, consisting of 40% of Tifton hay (*Cynodon spp*) and 60% of concentrate (50% corn grains and 50% soybean meal, and 100% whole cottonseed, respectively for TC and TCA), also water and minerals were supplied *ad libitum*. The *in vivo* study was divided into three periods, performance assay (10 days of adaptation to treatments and 45 days of assay), apparent digestibility assay (5 days of adaptation and 5 days of assay) and enteric methane emissions (2 days of adaptation and 3 days of assay). Bromatological analyzes of feeds, leftovers and excrements were realized to characterize the components, and to determine consumption and weight gain of the animals; Evaluation of ruminal parameters of short chain fatty acids (SCFA), pH, ammonia nitrogen (NH₃-N) and free gossypol; also estimation of microbial production through the purine derivatives content in urine. After 70 days, the animals remained fasted (16h), then slaughtered and carcasses were evaluated. Physicochemical parameters, carcass yield, centesimal evaluation, meat quality and free gossypol were determined. The inclusion of 60% of whole cottonseed in the concentrate provided an increase in the intake, average digestibility of nutrients, also the nitrogen metabolism; allowing an environment conducive to the activities of ruminal microorganisms, evidenced by ruminal parameters SCFA, pH, NH₃-N and CH₄ production. However, the animals had lower weight gain in relation to the control diet. The criteria of carcass quality and centesimal composition did not differ between diets. The presence of free gossypol was not detected neither in meat nor in liver samples. Taking into account the quality of Santa Inês' meat, it is suggested that the inclusion up to 60% of whole cottonseed animals' feed, in the confinement termination period would be safe when in substitution of corn and soybeans, without causing intoxication or changes in the carcass, and therefore without risks to human health; contributing for the production of food in a secure, safety and sustainable way.

Keywords: Cottonseed. Ruminant. Gossypol. Meat quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Estimativas e projeções da população mundial (1950 – 2015).....	25
Figura 2.2. Estimativas e projeções da ingestão calórica per capita/dia entre países desenvolvidos versus países subdesenvolvidos e em desenvolvimento.....	26
Figura 2.3. Percentual da produção animal no território nacional.....	29
Figura 2.4. Área plantada de algodão em pluma no Brasil durante 2015/2016	32
Figura 3.1. Formulação das dietas Tratamento Controle e Carozo de Algodão.....	45
Figura 3.2. Área de avaliação de desempenho dos animais	47
Figura 3.3. Área de ensaio de digestibilidade aparente	48
Figura 3.4. Materiais coletados para análise durante ensaio de digestibilidade aparente	49
Figura 3.5. Análises realizadas durante o ensaio de digestibilidade aparente.....	50
Figura 3.6. Procedimento da análise bromatológica (Matéria seca, Matéria Mineral)	51
Figura 3.7. Procedimentos das análises bromatológicas (FDN, FDA e Lignina)	51
Figura 3.8. Procedimento da análise bromatológica (teor de Nitrogênio total)	52
Figura 3.9. Procedimento da análise bromatológica (Extrato Etéreo).....	53
Figura 3.10. Procedimento de análises de gossipol livre em caroço de algodão.....	54
Figura 3.11. Procedimento de análises de derivados de purinas	55
Figura 3.12. Colheita do liquido ruminal e análises realizadas.....	56
Figura 3.13. Procedimento de análises de AGCC em aparelho de cromatografia gasosa.....	57
Figura 3.14. Procedimento de análises de Nitrogênio amoniacal (NH ₃).....	58

Figura 3.15. Procedimento de análises de gossipol livre em líquido ruminal	58
Figura 3.16. Câmaras semi-abertas de respiração / Quantificação de metano.....	59
Figura 3.17. Sistema de coleta, armazenamento e determinação da concentração de metano	60
Figura 4.1. Obtenção do rigor mortis, rendimento da carcaça e ph	79
Figura 4.2. Análise físico-química de cor da carne (músculo <i>longissimus dorsi</i>)	79
Figura 4.3. Análises centesimal da carne (músculo <i>longissimus dorsi</i>).....	80
Figura 4.4. Procedimentos para a análise gossipol livre (tecido muscular e fígado).....	81

LISTAS DE TABELAS

Tabela 2.1. - Consumo e projeções (2010-2050) de produtos de origem animal.....	27
Tabela 2.2 - Produção mundial de algodão	31
Tabela 2.3 - Produção nacional de algodão (por regiões)	33
Tabela 3.1. - Composição bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais.....	46
Tabela 3.2. - Consumo médio e percentual de digestibilidade média de nutrientes.....	62
Tabela 3.3. - Balanço de nitrogênio entre os animais dos tratamentos TC e TCA.....	64
Tabela 3.4. - Avaliação de desempenho dos animais.....	65
Tabela 3.5. - Parâmetros ruminais de pH, N-NH ₃ e AGCC.....	66
Tabela 3.6. - Concentração de derivados de purinas e estimativa de absorção de nitrogênio microbiano	68
Tabela 3.7. - Produção entérica de Metano (CH ₄) pelos animais confinados	69
Tabela 4.1 - Características e rendimentos de carcaça de ovinos entre os Tratamentos	82
Tabela 4.2 - Pesos e porcentagem dos cortes comerciais dentro das carcaças direita de ovinos entre os tratamentos controle e caroço de algodão	84
Tabela 4.3. - Análise físico-química da carcaça	85
Tabela 4.4. - Avaliação centesimal da carne (carcaça direita)	87
Tabela 4.5. Consumo de caroço de algodão e gossipol durante experimento (70 dias).....	89

LISTA DE ABREVIATURAS

ABRAPA	Associação Brasileira dos Produtores de Algodão
AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Association of Official Agricultural Chemists
CENA	Centro de Energia Nuclear na Agricultura
CHOT	Carboidratos totais
CH ₄	Metano
cm	Centímetro
CMS	Consumo de matéria seca
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CNF	Carboidratos não fibrosos
CO ₂	Gás carbônico
C ₃₀ H ₃₀ O ₈	Gossipol
CV	Coefficiente de variação
DVMO	Degradabilidade verdadeira da matéria orgânica
d	Dia
EE	Extrato Etéreo
EFSA	European Food Safety Authority
EM	Energia metabolizável
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Food Agriculture Organization
FB	Fibra bruta
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro (FDN)
G	Gramas
GC	Cromatografia Gasosa
GEE	Gases de Efeito Estufa
GL	Gossipol Livre

GT	Gossipol Total
H	Horas
He ₂	Gás hélio
HMT	Hematocrito
H ₂ SO ₄	Ácido Sulfúrico
H ₃ BO ₃	Ácido bórico
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
Kcal	Quilocalorias
Kg	Quilograma
L	Litro
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MDIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
m ³	Metros cúbicos
mg	Miligrama
min	Minuto
mL	Mililitro
MM	Matéria mineral
MO	Matéria orgânica
Mol	Mole
MS	Matéria seca
mm	Milímetro
N	Normalidade
(N)	Nitrogênio
NDT	nutrientes digestíveis totais
NH-H ₃	Nitrogênio amoniacal
NRC	National Research Council
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
OPG	Ovos por grama de fezes
PB	proteína bruta
pH	Potencial hidrogeniônico

pKa	Valor negativo do logaritmo da constante de dissociação de um ácido
PPM	Pesquisa Pecuária Municipal
PV	Peso vivo
's	Anos
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SP	São Paulo
TC	Tratamento Controle
TCA	Tratamento Carozo de Algodão
Ton	Toneladas
USDA	United States Department of Agriculture
USP	Universidade de São Paulo
US\$	Dollars Americanos
°C	Graus Celsius
%	Porcentagem
<	Menor que
±	Mais ou menos
μL	Microlitro
μm	Micrometro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 REVISÃO DE LITERATURA	25
2.1. Estimativas e Projeção de crescimento populacional global.....	25
2.2. Transição alimentar no Brasil e no mundo.....	26
2.3. Projeções e parâmetros de consumo.....	26
2.4. Consumo e projeção total de produtos de origem animal.....	27
2.5. Produção e mercado de carnes no Brasil.....	28
2.6. Impacto ambiental da produção de alimentos.....	30
2.7. Algodão (origens, produção, utilização na alimentação de ruminantes.....	30
2.7.1. Produção de algodão no Brasil e no mundo.....	30
2.7.2 Caroço de algodão na alimentação de ruminantes.....	33
2.7.3 Gossipol.....	34
2.7.3.1 Reações químicas do gossipol.....	34
2.7.3.2 Casos de toxicidade por gossipol na alimentação de animais ruminantes.....	35
2.7.3.3 Casos de toxicidade por gossipol na alimentação humana.....	35
Referências.....	36
3 DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE, METABOLISMO DE NUTRIENTES E PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO DE OVINOS SUPLEMENTADOS COM CAROÇO DE ALGODÃO	41
3.1. Introdução.....	43
3.2. Materiais e Métodos.....	44
3.2.1. Área e período experimental.....	44
3.2.2. Animais e tratamentos experimentais.....	44
3.2.3 Manejo pré-experimental.....	45
3.2.4 Formulação das dietas.....	45
3.2.5. Avaliação bromatológica dos alimentos constituintes das dietas.....	46

3.3. Avaliação de desempenho.....	47
3.4. Ensaio de digestibilidade aparente.....	48
3.5. Análises realizadas durante o ensaio <i>in vivo</i>	50
3.5.1. Análises de MS, MM e MO.....	51
3.5.2. Análises de FDN, FDA e lignina.....	51
3.5.3. Análises do teor de nitrogênio (N) total.....	52
3.5.4. Análise de extrato etéreo.....	53
3.5.5. Gossipol Livre em caroço de algoão (GL).....	53
3.5.6. Derivados de purinas.....	54
3.5.7. Colheita de líquido ruminal.....	55
3.5.7.1. Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC)	56
3.5.7.2. Nitrogênio amoniacal (NH-H ₃).....	57
3.5.7.3. Gossipol Livre (GL) em líquido ruminal	58
3.6. Quantificação da emissão de metano entérico (CH ₄) em câmaras semi-abertas.....	59
3.7. Análise Estatística	60
3.8. Resultados e Discussão	61
3.9. Conclusão.....	70
Referências.....	71
4 QUALIDADE DA CARNE DE OVINOS.....	75
4.1 Introdução	77
4.2 Materiais e Métodos.....	78
4.2.1. Procedimentos de abate e análises realizadas	78
4.2.1.1 Umidade e cinzas	80
4.2.1.2 Proteína bruta	80
4.2.1.3 Extrato etéreo	81
4.2.1.4 Análise de gossipol	81
4.3. Análise Estatística.....	82
4.4. Resultados e Discussão	82
4.5. Conclusão.....	90
Referências.....	90

1. INTRODUÇÃO

A perspectiva evolucionista da espécie humana, a partir de evidências provenientes de 2,5 milhões de anos atrás, evidenciaram as transformações nas estratégias de sobrevivência, juntamente à necessidade de suprir as carências nutricionais, levou nossos ancestrais a uma série de mudanças no comportamento alimentar, com o notório consumo de alimentos de origem animal, ricos em aminoácidos essenciais, energia e outros nutrientes; influenciando decisivamente no desenvolvimento da espécie (LEONARD et al., 2007).

As alterações no perfil nutricional da dieta nos tempos atuais continuam a ser influenciada, principalmente devido ao aumento populacional e da renda nos países em desenvolvimento. Refletindo em mudanças na disponibilidade de nutrientes, principalmente a partir de alimentos de origem animal, que apresentam consideravelmente mais nutrientes de alto valor biológico, em relação à maioria dos alimentos de origem vegetal, contendo ainda, uma vasta série de micronutrientes e vitaminas essenciais para uma boa nutrição (MARTINS et al., 1977; FAGANELLO, 2002; FAO, 2017).

De acordo com as projeções populacionais da Organização das Nações Unidas (ONU), a população mundial aumentará cerca de 34% até 2050. Desta maneira, passaríamos dos atuais 6,8 bilhões para cerca de 9,1 bilhões de pessoas. A procura total de alimentos global para consumo humano e ração animal terá que aumentar em torno de 70% para suprir a demanda, ou seja, serão necessários a quantidade adicional de, aproximadamente, 1.000 milhões de toneladas de cereais e 200 milhões de toneladas de proteína animal produzidas.

O principal desafio e necessidade para os próximos anos será como aumentar a produção de alimentos de forma sustentável, para atender à progressiva demanda. Pois, a capacidade agrícola e eficiência na produção de alimentos no mundo dependem diretamente da disponibilidade de terras cultiváveis, o empenho de tecnologias apropriadas. Contudo, sem prejudicar o meio ambiente (FAO, 2016a).

Neste panorama, os animais ruminantes, principalmente bovinos, ovinos e caprinos, sobressaem sobre outros animais domesticados pelo homem, como grandes fornecedores de proteína destinados à alimentação humana. Em virtude do eficiente processo evolutivo, de sua flora microbiana, que permite a digestão de carboidratos complexos, a hidrólise e biohidrogenação dos lipídeos e a produção de proteína microbiana empregada nos processos de síntese pelo animal. Enfim, ingerem e transformam principalmente alimentos ricos em

fibra e que não podem ser eficientemente aproveitados pelos humanos e outros animais não ruminantes em produtos de altos valores nutricionais (FAO, 2016b).

Entre os insumos utilizados na alimentação dos ruminantes, o caroço de algodão, um coproduto obtido a partir da indústria algodoeira, constitui uma excelente opção de alimento alternativo para uso em confinamentos, por associar alto teor de proteína, fibra, energia, entre outras qualidades nutricionais, possibilitando, ainda, uma considerável redução dos custos com alimentação de pequenos ruminantes (COSTA et al., 2011).

Entretanto, o caroço de algodão apresenta um pigmento polifenólico altamente variável, de acordo com a espécie, condições de plantio, armazenamento e etc., denominado gossipol, podendo ser encontrado na forma conjugada (ligada), menos tóxico e indisponível; ou livre, biodisponível e potencialmente tóxico para espécies não ruminantes e ruminantes quando alimentados em concentrações elevadas e períodos prolongados (EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY - EFSA, 2008).

Neste sentido, a avaliação da dieta de pequenos ruminantes (ovinos) a base do caroço de algodão sobre parâmetros de desempenho, metabolismo de nutrientes, produção de metano entérico e qualidade da carne torna-se necessária para garantir a segurança alimentar dos animais e dos indivíduos que consomem os produtos oriundos destes animais. Considerando o efeito acumulativo, causados pela ingestão de concentrações elevadas de gossipol livre presente na dieta dos ruminantes, os objetivos deste estudo foram:

- Avaliar a digestibilidade, desempenho e quantificar o metano entérico produzido pelos animais suplementados com caroço de algodão integral com linter;
- Investigar o efeito de tempo sobre os níveis de gossipol livre em líquido ruminal
- Identificar a presença de gossipol livre em tecido muscular e fígado.

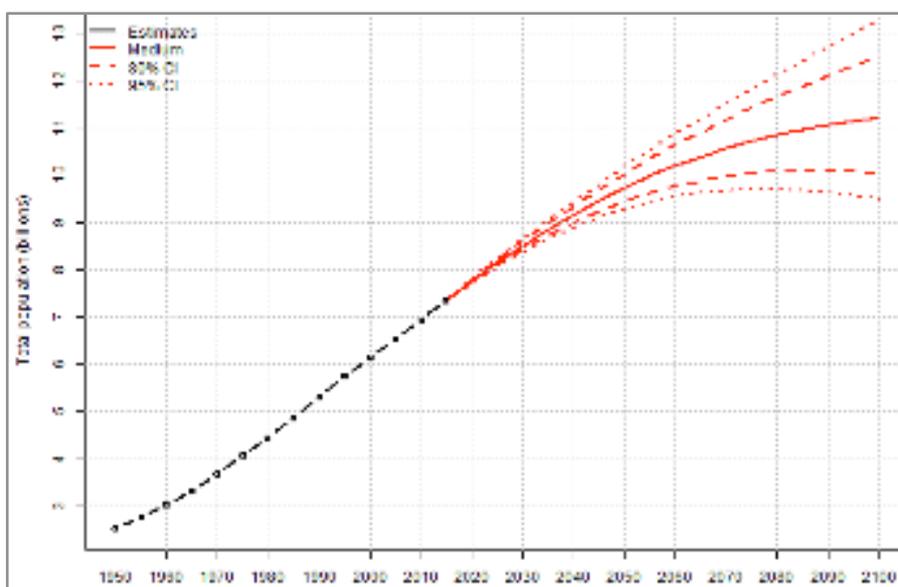
A dissertação está estruturada na forma de capítulos, iniciando-se com a introdução e revisão de literatura, na qual serão evidenciados os principais pontos sobre a alimentação humana, produção de alimentos, a questão ambiental no que diz respeito à alimentação animal e emissão de metano entérico. O terceiro capítulo relaciona-se ao método experimental e de análise dos ensaios de metabolismo, digestibilidade aparente, e as análises adicionais de quantificação do metano entérico dos animais, derivados de purinas, ácidos graxos de cadeia curta, nitrogênio amoniacal e gossipol livre. No quarto capítulo serão expostas as características quanto à qualidade da carne, avaliação físico-química e centesimal, e a determinação de gossipol livre no fígado e da carcaça.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Estimativas e Projeção de crescimento populacional global

A população mundial cresce a taxa de 1,18% ao ano, ou seja, o adicional de aproximadamente 83 milhões de pessoas por ano, fato que conduzirá o planeta ao acréscimo de um bilhão de pessoas nos próximos 15 anos, atingindo 8,5 bilhões em 2030, aumentando para cerca de 9,7 bilhões em 2050 e os prováveis 11,2 bilhões em 2100, conforme demonstrado na Figura 2 (ONU, 2015).

Figura 2.1. Estimativas e projeções da População mundial (1950-2015). Projeção de variante média e intervalos de confiança de 80 - 95% (2015 - 2100)



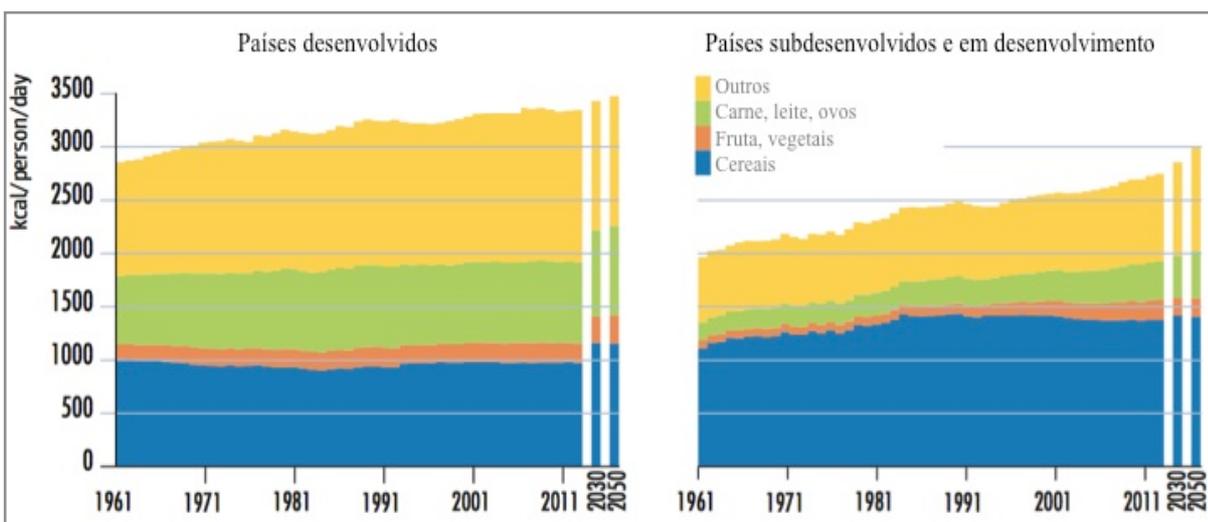
Fonte: Organização das Nações Unidas (ONU), Departamento de Assuntos Econômicos, Sociais, e Divisão de População, 2015.

O principal desafio e necessidade será como aumentar a produção de alimentos de forma sustentável pelas próximas décadas, para atender à progressiva demanda, principalmente nos países emergentes ou em desenvolvimento, sem que a produção de alimentos limite-se apenas à quantidade, mas em valores nutricionais, como vitaminas, minerais e micronutrientes; levando em consideração as mudanças climáticas, a necessidade de conservação da biodiversidade e redução da pressão sobre recursos naturais e ecossistemas no planeta (FAO, 2016b).

2.2. Transição alimentar no Brasil e no mundo

A disponibilidade média energética/proteica alimentar nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento vem diminuindo gradualmente durante as décadas. No entanto, continua a ser consideravelmente inferior, quando comparada aos países desenvolvidos. O crescimento econômico, social e demográfico, principalmente nos países emergentes, incluindo o Brasil, deu origem a uma classe média global, que consequentemente determinou as transições nos hábitos alimentares dos indivíduos, com a maior procura e consumo de alimentos de origem animal, conforme figura 2.2 (FAO, 2017; GARCIA, 2003; PINHEIRO, 2001).

Figura 2.2. Estimativas e projeções da ingestão calórica per capita/dia entre países desenvolvidos versus países subdesenvolvidos e em desenvolvimento.



Fonte: FAO/FAOSTAT Global Perspectives Studies, 2017.

2.3. Projeções e parâmetros de consumo

As diretrizes de alimentação e nutrição internacionais a respeito dos parâmetros de consumo energético e protéico não diferenciam fontes vegetais e animais. E recomendam, apenas a ingestão de energia necessária por um adulto entre 1.680 a 1.990 quilocalorias (kcal) total/dia. Enquanto que os níveis “seguros” de consumo de proteína em torno de 58g por adulto/dia. Definindo, desta maneira, a necessidade média de proteína dos indivíduos da população acrescida do dobro do desvio-padrão (OMS/FAO/ONU, 2007).

Porém, a desnutrição persiste como uma emergência de saúde mundial entre bilhões de pessoas, pois a disponibilidade de alimentos não significa apenas ingestão alimentar adequada, mas o suprimento das deficiências de nutrientes e vitaminas (FAO, 2015).

Os alimentos de origem animal são grandes aliados na busca por uma nutrição humana adequada, por serem importantes fontes de calorias e proteína de alto valor biológico, contendo uma grande variedade de aminoácidos essenciais, micronutrientes, como ferro, zinco, cálcio, vitaminas do complexo B e compostos bioativos (FAO, 2016a).

2.4. Consumo e projeção total de produtos de origem animal

Números baseados nas projeções da FAO (2006), sobre o consumo alimentar pela população mundial entre 2010 à 2050, apontam para uma contínua expansão no consumo e procura por produtos de origem animal (carnes e produtos lácteos), principalmente nos países em desenvolvimento, e demonstra claramente o inevitável aumento substancial pelas próximas décadas no planeta (Tabela 2.1).

Tabela 2.1. Consumo e projeções (2010-2050) de produtos de origem animal

Mundialmente	2010	2020	2030	2050	2010/2050
Carnes (todas)	268.7	319.3	380.8	463.8	173%
Bovina	67.3	77.3	88.9	106.3	158%
Ovina	13.2	15.7	18.5	23.5	178%
Suína	102.3	115.3	129.9	140.7	137%
Aves	85.9	111.0	143.5	193.3	225%
Laticínios	657.3	755.4	868.1	1.038.4	158%
Países em desenvolvimento					
Carnes (todas)	158.3	200.8	256.1	330.4	209%
Bovina	35.1	43.6	54.2	70.2	200%
Ovina	10.1	12.5	15.6	20.6	204%
Suína	62.8	74.3	88.0	99.2	158%
Aves	50.4	70.4	98.3	140.4	279%
Laticínios	269.2	379.2	485.3	640.9	216%

Fonte: FAO, 2006. Números em milhões de toneladas, baseados em World Prospects: 2002.

No Brasil segundo Viana (2008), são poucas as informações oficiais em relação ao abate e consumo de carne de ovinos, e a concretização dos dados fundamenta-se principalmente em fontes regionais. Apesar das poucas informações oficiais, o consumo é representado, na maioria das vezes, pelo estado de São Paulo, devido seu maior potencial de consumo em relação à densidade demográfica, e principalmente pela contribuição em investimentos e expansão do seguimento pecuário.

Segundo pesquisa realizada por Firetti (2010), sobre a concepção dos consumidores paulistas em relação à carne ovina no estado, constatou-se que a mesma corresponde ao terceiro maior produto cárneo consumido, estando atrás apenas do consumo de carne bovina e suína. O consumo apresentou uma ligeira expansão nos últimos anos, passando a per capita/ano de cerca de 0,7 Kg ao patamar de 1,0 kg, em 2013 (SEBRAE-SP, 2013). Porém, em outras regiões ou capitais do país demonstraram dados divergentes, aos encontrados no estado de São Paulo, com: 0,59 kg per capita/ano em Fortaleza-CE, 0,43 kg em Natal-RN, 0,31 a 0,42 Kg em Campo Grande-MS e 0,46 kg no Distrito Federal (SORIO, 2009).

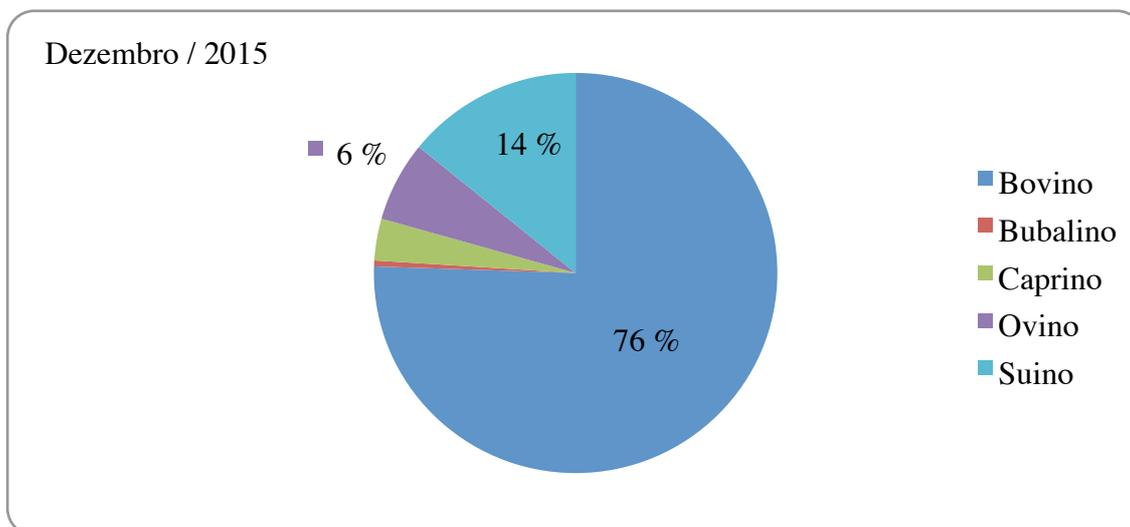
2.5. Produção e mercado de carnes no Brasil

O panorama atual aponta para um mercado de carnes em expansão, com a produção total de carnes em 2014/15 estimada em cerca de 25,8 milhões de toneladas e a projeção para o final da próxima década de produção de aproximadamente 33,7 milhões de toneladas de carnes, principalmente frango, bovina e suína (CONAB, 2015).

A produção de carne ovina no Brasil não consegue atender à demanda interna, que de acordo com a última pesquisa pecuária municipal (PPM) de 2015, o país apresentou a produção de ovinos de aproximadamente 18,4 milhões de cabeças, ou cerca de 6% de todo rebanho de animais criados no território nacional, representando o terceiro maior produto de origem animal, conhecido carne vermelha, para consumo humano produzido, conforme a figura 2.3 (IBGE, 2016).

O Brasil importa cerca de 70% da carne ovina para abastecer o mercado interno; sendo o Uruguai responsável por 91,4% das importações realizadas no setor, enquanto que 5% proveniente da Argentina, Chile e Nova Zelândia representam cerca de 3,6% do total comercializado (BRASIL, 2015a; 2015b).

Figura 2.3. Percentual da produção animal no território nacional



Fonte: Adaptada de Pesquisa Pecuária Municipal (2015) e IBGE (2016).

A incrementação na produção, no fornecimento de suprimentos alimentares para a produção animal, sobre os recursos naturais e, sobretudo, no controle de pragas e doenças torna-se uma necessidade na expansão de produtividade (FAO, 2006).

De acordo com Hindo (2006), a criação de ovinos no Brasil, demanda alguns conhecimentos e melhorias por parte dos criadores para garantir a qualidade dos animais e seus produtos, sendo essencial a escolha ou determinação do sistema de produção adequado a cada realidade vivenciada pelo pecuarista.

Segundo Santos; Rodrigues; Lisboa Filho (2006) o processo produtivo e a lucratividade são influenciados sobretudo pelos insumos utilizados na alimentação dos animais, que podem representar entre 50 a 70% dos gastos gerais da produção.

Barros, Alves e Vasconcelos (2003) também constataram o elevado custo de produção, no sistema de confinamento, destacando que os concentrados equivalem a cerca de 70% de todo gasto com alimentação, e sugeriram o uso de outras fontes alimentares que possuam adequadas qualidades nutricionais e menor custo de aquisição, como os coprodutos e resíduos agro-indústriais.

De maneira geral, o coproduto da indústria algodoeira aparece como elemento de destaque na utilização para fins de confinamento de ovinos e outros ruminantes, afim de alcançar melhor desempenho e digestibilidade dos animais, e conseqüentemente um aumento de produtividade, com a elevação na oferta de produtos (carnes e laticínios), beneficiados com o menor custo de produção.

2.6. Impacto ambiental da produção de alimentos

O aumento na produção de alimentos gera impactos diretos no meio ambiente, produzindo gases de efeito estufa (GEE), influenciando diretamente no aquecimento global.

De acordo com o relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) publicado em 2014, as emissões de GEE resultantes da "agricultura, florestas e outros usos do solo" vêm influenciando não apenas o abastecimento de alimentos, mas também a qualidade, o acesso e aproveitamento dos mesmos, como nunca na história da humanidade, determinando os aspectos da segurança alimentar e nutricional global.

A adoção de mudanças quanto às práticas sustentáveis na agricultura e pecuária, que favoreça o aumento de produção e ao mesmo tempo promova a mitigação de GEE por unidade de alimento produzido, será essencial para o futuro do planeta. Levando em consideração, ainda, o fato de que as emissões de gases de efeito estufa pelos animais representam, acima de tudo, uma importante perda de energia alimentar, que inevitavelmente poderia ser direcionada para a produção de carne e leite (ECKARD et al., 2010).

A utilização de coprodutos, como o caroço de algodão (*Gossypium* spp. L.), na alimentação de animais ruminantes tem o propósito de promover um aumento de produtividade, e ao mesmo tempo possibilitar a redução na emissão de gases de efeito estufa, como CH₄ e CO₂, produzidos pelos animais (ABDALLA et al., 2008).

2.7. Algodão (origens, produção, utilização na alimentação de ruminantes)

O algodoeiro é uma planta pertencente ao gênero *Gossypium*, da família *Malvaceae*, e teve sua provável origem na Índia, em seguida, expandiu-se para o Paquistão, Tailândia, China, Irã, Síria, Turquia e Grécia (Soto Blanco, 2008). No continente americano pressupõe-se, que tenha sua origem ou introdução apartir da América Central, possivelmente nas regiões que abrangem México e Guatemala, e posteriormente Nicarágua, Colômbia, Brasil e Argentina (CARVALHO, 1996).

2.7.1. Produção de algodão no Brasil e no mundo

O algodão representa uma das mais importantes culturas de fibras cultivadas do mundo, e propicia coprodutos, provenientes do processamento da fibra, como a semente integral coberta com linter, a torta e/ou farelo, entre outros (ARAUJO et al., 2003).

Atualmente, o algodão é produzido nos cinco continentes, em mais de 60 países, utilizando cerca de 35 milhões de hectares cultivados. Segundo a International Cotton Advisory Committee (ICAC), os cinco principais países produtores entre os anos de 2014 a 2017 foram Índia, China, Estados Unidos, Paquistão e Brasil, respectivamente (Tabela 2.2).

Tabela 2.2. Produção mundial (em milhões de toneladas) de algodão em pluma

Principais países	Safrá		
	2014/2015	2015/2016	2016/2017*
Índia	6562	5746	5766
China	6500	4753	4553
EUA	3553	2806	3514
Paquistão	2305	1514	1910
Brasil	1563	1348	1447
Uzbequistão	885	832	818
Turquia	724	630	664
Austrália	528	579	846
Turquemenistão	330	290	306
Total Geral	22950	18498	19824

Fonte: International Cotton Advisory Committee-Icac. 2016/2017. * Projeções de produção.

Para a safra 2016/2017, de acordo com a projeção da Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), em conjunto com a International Cotton Advisory Committee (ICAC), os nove principais produtores mundiais apresentarão juntos a produção total de cerca de 19.824 milhões de toneladas de algodão em pluma. E movimentará cerca de US\$ 12 bilhões e mais de 350 milhões de pessoas envolvidas direta e indiretamente em toda cadeia produtiva (ABRAPA, 2016; ICAC, 2016).

No cenário nacional, segundo levantamento 2015/2016 da companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o Brasil apresentou uma pequena redução de produção, no entanto, abrangeu a área plantada de aproximadamente 976,2 mil hectares, distribuídos principalmente entre as regiões Centro-oeste, Sudeste e Nordeste (Figura 2.4), as quais juntas alcançaram a colheita de aproximadamente 1288,8 milhões de toneladas de algodão em pluma (Tabela 2.3).

Figura 2.4 - Área plantada de algodão em pluma no Brasil durante 2015/2016



Fonte: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA).

O suprimento de algodão em pluma no ano de 2015 foi da oferta total do produto (estoque inicial + produção + importação) de aproximadamente 2.017 milhões de toneladas. A demanda total estimada (consumo interno + exportação) de 1.590 milhões de toneladas. E no encerramento do ano cerca de 427 milhões de toneladas, disponibilizados no mercado nacional (CONAB, 2015).

A safra 2015/2016 apresentou pequena redução de produção, ocorrida pela provável mudança do mercado mundial em relação ao produto, porém apresentou a produtividade total de 1289 milhões de toneladas. Onde, o Centro-Oeste destacou-se como maior região produtora, com cerca de 964 milhões de toneladas, seguido pela região Nordeste com 283 milhões de toneladas de algodão em pluma, conforme tabela 2.3 (CONAB, 2017).

Tabela 2.3. Produção regional de algodão em pluma, em milhões de toneladas

Regiões	Safrá		
	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Centro-Oeste	1152,2	1029,20	963,90
Nordeste	534,60	489,40	283,60
Norte	7,40	11,80	8,30
Sudeste	39,00	31,70	32,30
Sul	0,80	0,70	0,70
Total Geral	1734,00	1562,80	1288,80

Fonte: Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), 2017.

2.7.2. Caroço de algodão na alimentação de ruminantes

Considerando a disponibilidade do caroço de algodão no mercado produtor, proveniente da indústria algodoeira, seu baixo valor comercial, em relação a outros insumos, e o fato deste dispôr de alto teor de energia e proteína, além de significativa digestibilidade, devido ao fato dos animais ruminantes terem a capacidade de detoxificar consideráveis quantidades de gossípol presentes no caroço através do processo de fermentação ruminal, possibilita que este coproduto torne-se uma conveniente opção na alimentação destes animais, mantidos em confinamento (TEIXEIRA; BORGES, 2005).

A composição bromatológica do caroço de algodão pode sofrer variações devido aos fatores ambientais, de produção e solo. Para Valadares Filho et al. (2006) o caroço de algodão produzido na região de Minas Gerais apresentou valores de 23% de proteína bruta (PB), 19% de dExtrato Etéreo (EE), 46% de fibra em detergente neutro (FDN), 36% de fibra em detergente ácido (FDA) e 82% de nutrientes digestíveis totais (NDT).

No entanto, o caroço de algodão apresenta um fator antinutricional, conhecido como gossípol, que protege a cultura e possibilita certo grau de resistência contra pragas e outros intempéries ambientais (CARVALHO, 1996).

2.7.3. Gossipol

O gossipol é um pigmento polifenólico de cor amarela, produzido nas glândulas localizadas nas raízes, folhas, caule e sementes do algodão; e atua como protetor ao ataque de microorganismos, insetos e outros predadores (ABDURAKHIMOV et al., 2009; KONG et al., 2010; EVANGELISTA et al., 2011).

A molécula foi isolada pela primeira vez em 1899, e teve o nome idealizado pela associação entre o nome científico do gênero do algodão (*Gossypium*) e a terminação “ol” oriunda de fenol, apresenta fórmula molecular de $C_{30}H_{30}O_8$ e peso molecular de 518.54 g/mol (CHEEKE, 1998).

A substância potencialmente tóxica para espécies não ruminantes e ruminantes de acordo com o tempo e dosagem de utilização ou exposição, é diferenciada pelas duas formas isoméricas distintas, (+) e (-) gossipol, considerado o mais tóxico (GADELHA, 2014).

A toxina está presente especialmente na parte interna da semente de algodão, confinada em glândulas, em corpos ovo esferoidal com diâmetros entre 100 e 400 μm . As glândulas representam, em geral, 2,4 a 4,8% do miolo da semente, o gossipol e outros pigmentos representam cerca de 20 a 39% da massa das glândulas (SINGLETON, 1973).

O caroço de algodão integral pode conter entre 0,3 e 20 g/kg de matéria seca (MS) de gossipol total. Enquanto que os caroços submetidos a prensagem mecânica possuem entre 200-500 mg de gossipol livre/kg, quando extraídas com solvente pré-prensado entre 200-700 e quando extraídas com solvente, entre 1000-5000 mg/kg de MS (EUROPEAN COMMISSION, 2003).

2.7.3.1. Reações químicas do gossipol

O gossipol é solúvel em solventes orgânicos de polaridade intermediária, tais como metanol, acetona, éter e clorofórmio, e não espontaneamente solúvel em água ou hexano. A molécula é altamente reativa com uma abundância de reagentes, devido à existência de grupos hidroxilo fenólico e aldeído (CHEEKE, 1989).

O gossipol conjugado (ligado) é considerado fisiologicamente inativo ou não tóxico, pois permanece ligado às proteínas; no entanto, pode diminuir ou tornar indisponível algumas proteínas e aminoácidos, tais como a lisina. O gossipol livre (GL) é o que apresenta importância toxicológica e antinutricional no organismo animal (EFSA, 2008).

2.7.3.2. Casos de toxicidade por gossipol na alimentação de animais ruminantes

As diretrizes quanto as recomendações de doses máximas de gossipol livre encontradas na literatura são bastante diversas. Os animais ruminantes adultos apresentam menor sensibilidade ao gossipol, quando comparados aos monogástricos, devido à afinidade desta substância às proteínas do fluido ruminal. Conseqüentemente a ingestão elevada e crônica do gossipol livre provoca sinais de toxicidade (PAIM et al., 2010; BARBOSA; GATTÁS, 2004; LINDSEY; HAWKINS; GUTHRIE, 1980).

Estudos constataram que a utilização de níveis elevados de gossipol, presente na dieta de pequenos ruminantes, acima de 20 mg/Kg de peso vivo, pode trazer sérios problemas aos animais, como: perda de apetite, depressão da atividade respiratória, anemia, hipertrofia do fígado, necrose muscular cardíaca e problemas reprodutivos, repercutindo no desempenho e conseqüentemente na qualidade da carne produzida (BARBOSA; GATTÁS, 2004).

Em cordeiros machos que receberam cerca de 20 mg/ por kg de peso vivo/dia de gossipol livre durante 54 dias, foram observados o acúmulo de GL (em maior quantidade) no fígado, rins e no coração; determinando uma marcante elevação da atividade da enzima lactato desidrogenase e um aumento na concentração de uréia plasmática, o que pode indicar uma possível intoxicação por gossipol, apesar de nestes estudos, não serem observados sinais clínicos de intoxicação (KANDYLIS et al., 1999; NIKOKYRIS et al., 1999).

2.7.3.3. Casos de toxicidade por gossipol na alimentação humana

Foram relatados incidentes de infertilidade na China, nos anos de 1930 e 1940, e casos de fadiga e sensação de queimação na face e outras partes corporais expostas nos anos de 1960, devido a ingestão em larga escala do óleo de algodão para consumo humano sem aquecimento ou contaminado com gossipol (CHEEKE, 1989).

Para Liu (1985) e Coutinho (2002), a administração de 20 mg de gossipol não promoveu alterações na pressão arterial ou parâmetros bioquímicos dos indivíduos, no entanto, ocorreram efeitos colaterais como hipocalemia em cerca de 10% dos usuários.

A utilização de gossipol na área de antifertilidade masculina e terapêutico ginecológico pesquisados foram interrompidos devido à irreversível ação anti-espermatogênica, independentemente da concentração (DODOU, 2005; YU et al., 1998).

Referências

ABDALLA, A. L. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. spe, p. 260-268, 2008.

ABDURAKHIMOV, R. Sh. et al. Effect of cotton-seed biocidal peptides and gossypol on resistance to biotic factors. **Chemistry of Natural Compounds**, New York, v. 45, n. 2, p. 213-216, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO - ABRAPA. **Algodão no mundo**. Goiânia, 2016. Disponível em: <http://www.abrapa.com.br/paginas/dados/algodao-no-mundo.aspx>. Acesso em: 10 jan. 2017.

ARAÚJO, F. C.; MEDEIROS, J. X. Análise dos modos de governança da cadeia produtiva de ovinos no Distrito Federal: estudo de caso do frigorífico AICO por meio da análise multicritério. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 41., 2003, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SOBER, 2003.

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

BARROS, N. N.; ALVES, J. U.; VASCONCELOS, V. R. **Produzindo cordeiros de qualidade para o abate**. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2003. 8 p. (Circular Técnica, 28).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Dados: Importação e Exportação**. Brasília, DF, 2015a. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/Portal/acesso-a-informacao>. Acesso em: 20 jan. 2017.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Estatísticas de comércio exterior**. Brasília, DF, 2015b. Disponível em: www.mdic.gov.br. Acesso em: 20 jan. 2017.

CARVALHO, P. P. Pragas principais e seu controle. In: CARVALHO, P. P. (Ed.). **Manual do algodoeiro**. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 1996. p. 89-106.

CHEEKE, P. R. **Toxicants of plant origin: alkaloids**. Boca Raton: CRC Press, 1989.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 19 abr. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo levantamento, julho 2016**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 15 jul. 2017.

COSTA, Q. P. B. et al. Desempenho e características da carcaça de bovinos alimentados com dietas com caroço de algodão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, n. 3, p. 729-735, 2011.

COUTINHO, E. M. Gossypol: a contraceptive for men. **Contraception**, Los Altos, v. 65, n. 4, p. 259-263, 2002.

DODOU, K. Investigations on gossypol: past and present developments. **Expert Opinion on Investigational Drugs**, London, v. 14, n. 11, p. 1419-1434, 2005.

ECKARD, R. J.; GRAINGER, C.; DE KLEIN, C. A. M. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: a review. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 130, n. 1, p. 47-56, 2010.

EUROPEAN COMMISSION. **Opinion of the Scientific Committee on Animal Nutrition on undesirable substances in feed**. Brussels, 2003. 87 p.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Gossypol as Undesirable Substance in Animal Feed. **The EFSA Journal**, Parma, v. 908, p. 1-55, 2008.

EVANGELISTA JUNIOR, W. S. et al. Effect of gossypol on survival and reproduction of the zoophytophagous stinkbug *Podisus nigrispinus* (Dallas). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v. 55, n. 2, p. 267-271, 2011.

FAGANELLO, C. R. F. **Disponibilidade de energia e nutrientes para a população das regiões metropolitanas de Recife e São Paulo**. 2002. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FAO. **Global Plan of Action for Animal Genetic Resources and The Interlaken Declaration adopted by the International Technical Conference on Animal Genetic Resources for Food and Agriculture, Interlaken, Switzerland**. Rome, 2007. Disponível em: www.fao.org/3/a-a1404e.pdf. Acesso em: 23 fev. 2017.

FAO. **Second Global Plan of Action for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture**. Rome, 2011. Disponível em: www.fao.org/docrep/015/i2624e/i2624e00.pdf. Acesso em: 25 fev. 2017.

FAO. **Building a common vision for sustainable food and agriculture-principles and approaches**. Rome, 2014. Disponível em: www.fao.org/3/a-i3940e.pdf. Acesso em: 15 nov. 2016.

FAO. **The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture**. Rome, 2015a. Disponível em: www.fao.org/3/a-i4787e.pdf. Acesso em: 11 nov. 2016.

FAO. **The contributions of livestock species and breeds to ecosystem services**. Rome, 2016a. Disponível em: www.fao.org/3/a-i6482e.pdf. Acesso em: 15 jan. 2017.

FAO. **The State of the World's Biodiversity for Food and Agriculture**. Rome, 2016b. Disponível em: www.fao.org/nr/cgrfa/biodiversity/sowbfa/en. Acesso em: 15 jan. 2017.

FAO. **The Future of Food and Agriculture: Trends and Challenges**. Rome, 2017. Disponível em: www.fao.org/3/a-i6583e.pdf. Acesso em: 10 maio 2017.

FIRETTI, R. et al. Percepção de consumidores paulistas em relação à carne ovina: análise fatorial por componentes principais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2010.

GADELHA, I. C. N. et al. Gossypol toxicity from cottonseed products. **The Scientific World Journal**, Boynton Beach, v. 2014, 2014. doi: 10.1155/2014/231635.

HINDO, E. Os pequenos ruminantes são o futuro. **O Berro**, Uberaba, n. 96, p. 70-74, nov. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Pecuária Municipal**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: www.sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil. Acesso em: 10 abr. 2017.

INTERNATIONAL COTTON ADVISORY COMMITTEE - ICAC. **Global cotton production**. Washington, DC, 2016. Disponível em: <https://www.icac.org>. Acesso em: 19 dez. 2016.

IPCC. **Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas**. Relatório do IPCC: a mudança climática cria riscos generalizados, mas existem oportunidades para respostas eficazes. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.ipcc-wg2.gov/AR5>. Acesso em: 16 nov. 2016.

KANDYLIS, K.; NIKOKYRIS, P. N.; DELIGIANNIS, K. Performance of growing–fattening lambs fed diets containing different proportions of cotton seed meal. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 79, n. 12, p. 1613-1619, 1999.

KONG, G. et al. Effects of pigment glands and gossypol on growth, development and insecticide-resistance of cotton bollworm (*Heliothis armigera* (Hübner)). **Crop Protection**, Amsterdam, v. 29, n. 8, p. 813-819, 2010.

LEONARD, W. R.; SNODGRASS, J. J.; ROBERTSON, M. L. Effects of brain evolution on human nutrition and metabolism. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 27, p. 311-327, 2007.

LINDSEY, T. O.; HAWKINS, G. E.; GUTHRIE, L. D. Physiological responses of lactating cows to gossypol from cottonseed meal rations. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 63, n. 4, p. 562-573, 1980.

LIU, G.-Z.; LYLE, K. C.; CAO, J. Trial of gossypol as a male contraceptive. In: SEGAL, S. J. (Ed.). **Gossypol**. A contraceptive to men. New York: Plenum Press, 1985. p. 9-16.

MARTINS, I. S.; CAVALCANTI, M. L. F.; MAZZILLI, R. N. Relação entre consumo alimentar e renda familiar na cidade de Iguape, S. Paulo (Brasil). **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 27-38, 1977.

NIKOKYRIS, P. N.; KANDYLIS, K.; DELIGIANNIS, K. Effects of varying levels of dietary free gossypol in whole cotton seed on physiological responses of growing–fattening lambs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 79, n. 14, p. 1969-1981, 1999.

OMS. World Report on Health Policy and Systems Research. Geneva, 2007. Disponível em: <http://www.who.int/about/copyright/en/>. Acesso em: 22 nov. 2016.

ONU. Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais, Divisão de População. **The 2015 Revision of World Population Prospects**. Washington, DC, 2015. Disponível em: www.esa.un.org/unpd/wpp. Acesso em: 01 maio 2017.

PAIM, T. do P. et al. Uso de subprodutos do algodão na nutrição de ruminantes. **Ciência Veterinária nos Trópicos**, Recife, v. 13, n. 1-3, p. 24-37, 2010.

SAVASTANO, S. **Caroço de algodão na alimentação bovina**. São Paulo: Cati, 2007. Disponível em: http://www.cati.sp.gov.br/Cati/_tecnologias/bovinocultura/caroco_algodao.php. Acesso em: 18 jul. 2015.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. São Paulo, 2013. Disponível em <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/segmentos>. Acesso em: 18 dez. 2016.

SINGLETON, V. L.; KRATZER, F. H. Plant phenolics. In: NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Toxicants occurring naturally in foods**. Washington, DC: The National Academies Press, 1973. p. 309-345.

SORIO, A. **Carne ovina: panorama do mercado no Brasil e América Latina – como aproveitar as oportunidades?** Piracicaba, 2013. Disponível em: <http://www.farmpoint.com.br/iii-simposio/palestras/1.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2016.

SOTO-BLANCO, B. Gossipol e fatores antinutricionais da soja. In: SPINOSA, H. S.; GÓRNIK, S. L.; SOTO-BLANCO, B. (Ed.). **Toxicologia aplicada à veterinária**. Manole, São Paulo: Manole, 2008. p. 531-545.

STRØM-HANSEN, T.; CORNETT, C.; JAROSZEWSKI, J. W. Interaction of gossypol with amino acids and peptides as a model of enzyme inhibition. **Chemical Biology & Drug Design**, Oxford, v. 34, n. 4, p. 306-310, 1989.

TEIXEIRA, D. A.; BORGES, I. Efeito do nível de caroço integral de algodão sobre o consumo e digestibilidade aparente da fração fibrosa do feno de braquiária (*Brachiaria decumbens*) em ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 57, n. 2, p. 229-233, 2005.

VALADARES FILHO, S. de C. et al. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos**. Viçosa, MG: UFV, Suprema Gráfica Ltda, 2006.

VIANA, J. G. A. Panorama geral da ovinocultura no mundo e no Brasil. **Revista Ovinos**, Porto Alegre, v. 4, n. 12, p. 44-47, 2008.

WILLARD, S. T. et al. Effects of free gossypol in the diet of pregnant and postpartum Brahman cows on development and cow performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 496-507, 1995.

YU, Z.-H.; CHAN, H.-C. Gossypol as a male antifertility agent—why studies should have been continued. **International Journal of Andrology**, Copenhagen, v. 21, n. 1, p. 2-7, 1998.

3. DESEMPENHO, DIGESTIBILIDADE, METABOLISMO DE NUTRIENTES E PRODUÇÃO DE METANO ENTÉRICO DE OVINOS SUPLEMENTADOS COM CAROÇO DE ALGODÃO

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a dieta de ovinos a base de caroço de algodão sobre parâmetros de desempenho, metabolismo de nutrientes, produção de metano entérico e o efeito acumulativo causados pela ingestão de concentrações elevadas de gossipol livre. O experimento teve duração total de 70 dias consecutivos, com a utilização de 16 animais da raça Santa Inês, com massa corporal inicial de $44 \pm 4,7$ kg e idade média de 18 ± 2 meses, divididos em Tratamento Controle (TC) e Tratamento com Caroço de Algodão (TCA). As dietas foram oferecidas diariamente em dois períodos, constituída por 40% de feno de Tifton (*Cynodon spp*) e 60% de concentrado (50 % milho moído e 50% de soja em grãos, e 100% de caroço de algodão integral, respectivamente para TC e TCA). O ensaio *in vivo* foi dividido em três períodos, ensaio de desempenho (10 dias de adaptação aos tratamentos e 45 dias de acompanhamento), ensaio de digestibilidade aparente (5 dias de adaptação dos animais às gaiolas para metabolismo e 5 dias de colheitas) e ensaio de produção de metano entérico (2 dias de adaptação dos animais às câmara de troca de gases e 3 dias de colheitas). Ao final, foram realizadas análises bromatológicas dos componentes das dietas, sobras e excrementos, para determinar o consumo e ganho de peso dos animais; avaliação dos parâmetros ruminais de AGGC, pH, N-NH₃ e gossipol livre; e estimativa da produção microbiana, através dos derivados de purinas na urina. Houve efeito de tratamento ($P < 0,05$) para todas variáveis em relação ao consumo. Os valores de pH, N-NH₃ e AGCC do líquido ruminal não apresentaram diferenças ($P > 0,05$). Não foram evidenciados a presença da molécula de gossipol livre nas amostras de líquido ruminal. As concentração dos derivados de purinas (mmol/d) excretados na urina durante o período de digestibilidade, assim como a estimativa de N-microbiano (g N/dia) absorvidos pelos ovinos dos tratamentos não apresentaram diferença significativa. A produção entérica média de CH₄ pelos animais de cada tratamento apresentaram valores diferentes entre si, em todas as variáveis analisadas. Durante o período de desempenho, os ganhos de peso inicial e final não sofreram diferença ($P > 0,05$) entre tratamentos. No entanto, ficou constatado diferença ($P < 0,05$) entre os tratamentos em relação aos ganhos de peso total e ganho diário de peso total e médio diário. Conclui-se que a inclusão do caroço de algodão, substituindo o milho e soja em grão, em dietas com 60% de concentrado, proporcionou aumento na ingestão de alimentos, na digestibilidade média de nutrientes, e no metabolismo de nitrogênio, e não causou a redução de consumo, no entanto, os animais apresentaram ganho de peso menor em relação à dieta controle utilizada.

Palavras-chave: Ensaio *in vivo*. Consumo. Gossipol livre. Metano (CH₄).

Abstract

The aim of this study was to evaluate the sheep fed by whole cottonseed on performance parameters, nutrient metabolism, enteric methane production, and the cumulative toxicity effect caused by the ingestion of high concentrations of free gossypol present in the animal's feed. The experiment lasted 70 days, with 16 Santa Inês' sheep, with initial body mass of $44 \pm 4,7$ kg and mean age of 18 ± 2 months, separated on Control Treatment (TC) and Treatment by whole cottonseed (TCA). The diets were offered daily in two periods, consisting of 40% of Tifton hay (*Cynodon spp*) and 60% of concentrate (50% corn grains and 50% soybean meal, and 100% whole cottonseed, respectively), also water supply and mineral *ad libitum*. Distributed into three periods, performance test (10 days of adaptation to treatments and 45 days of performance parameters), apparent digestibility assay (5 days of adaptation and 5 days of collection) and enteral methane production test (2 days adaptation and 3 days of collection). At least, it was carried out bromatological analyzes to characterize the components of the diets, leftovers and excrements, in order to infer the consumption and weight gain of the animals; Evaluation of ruminal parameters of SCFA, pH, $\text{NH}_3\text{-N}$ and free gossypol; also estimation of microbial production through the purine derivatives. There were treatment effect ($P < 0.05$) for all variables in relation to consumption. The values of pH and $\text{NH}_3\text{-N}$ and SCFA of the ruminal liquid did not present differences ($P > 0.05$). Was not evidence of the free gossypol molecule presence in ruminal fluid samples. The concentration of the purine derivatives (mmol/d) excreted in the urine during the digestibility period, as well as the N-microbial (g N/day) concentration absorbed by the sheep of the treatments did not show a significant difference. The mean enteric production of CH_4 by the animals of each treatment presented different values among them, in all variables analyzed. During the performance period, the initial and final weight gains did not differ ($P > 0.05$) between treatments. However, it was observed a difference ($P < 0.05$) between the treatments in relation to the gains of total weight and daily gain of total and average daily weight. It was concluded that the inclusion of cottonseed, replacing corn and soybean grains, in diets using 60% concentrate, provided an increase in feed intake, in the average digestibility of nutrients, the nitrogen metabolism, and did not cause the reduction of consumption, however, the animals had lower weight gain in relation to the diet.

Keywords: *In vivo* test. Consumption. Free gossypol. Methane (CH_4).

3.1. Introdução

Os ruminantes são uma das mais abundantes espécies animais do planeta, devido as adaptações evolutivas e anatômicas do sistema digestivo, que possibilita a retenção pré-gástrica seguida de fermentação pelos microrganismos simbiotes, propiciando maior eficiência no aproveitamento da energia dos alimentos fibrosos (VAN SOEST, 1994). Os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) resultantes da fermentação ruminal de carboidratos e algumas proteínas são as principais fontes de energia e estímulo para o desenvolvimento ruminal dos animais, destacando-se como os principais componentes o ácido acético, ácido propiônico e ácido butírico (BERCHIELLI; VEGA-GARCIA; OLIVEIRA, 2006).

A taxa de ruminação é mais restritiva que a capacidade digestiva, da fermentação ou do volume gastrointestinal, e 50-70% do nitrogênio microbiano equivale à proteína disponível para o organismo animal, gerando amônia como sub-produto, o restante é relacionado à estruturas da parede celular e ácidos nucléicos (UDÉN; VAN SOEST, 1982).

A fermentação ruminal ocasiona a produção entérica de gases de efeito estufa como metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2); representando perda expressiva de energia alimentar, a qual poderia fazer parte do metabolismo e, conseqüentemente, convertida em carne e outros produtos de origem animal (ECKARD et al., 2010; ABDALLA et al., 2012).

Porém, a capacidade de aproveitar o alimento no processo digestivo sofre diferenças com relação à eficiência metabólica entre os animais. O valor nutritivo de um alimento pode ser avaliado como medida da produtividade em três componentes principais: digestibilidade, consumo alimentar e eficiência energética (CRAMPTON et al., 1960).

Ao longo das décadas um expressivo aumento de produtividade ocasionada, principalmente, pela redução dos gastos energéticos com as atividades de manutenção do metabolismo e o incremento na eficiência alimentar proporcionada, entre outros fatores, pela utilização de concentrados na dieta dos ruminantes (GOMES; FEIJÓ; CHIARI, 2017).

As sementes comumente utilizadas nos concentrados, usualmente possuem uma grande quantidade de nutrientes, além de toxinas e agentes antinutricionais em algumas delas, como o gossipol presente no caroço de algodão (ABDALLA et al., 2008). Para Rufino Junior et al. (2015), a multiplicidade de fatores antinutricionais nos insumos alimentares, detêm grandes possibilidades de utilização, propiciado pela especializada e diversificada microbiota ruminal.

Este estudo buscou avaliar a suplementação a base de caroço de algodão na dieta de ovinos sobre parâmetros de desempenho, digestibilidade e produção de metano entérico.

3.2. Materiais e Métodos

3.2.1. Área e período experimental

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da Universidade de São Paulo (USP), localizado no município de Piracicaba-SP, situado na latitude 22°43'31"S, longitude 47°38'57"W e altitude de 547 metros acima do nível do mar.

O experimento *in vivo* teve duração de 70 dias consecutivos, após o manejo pré-experimental de 10 dias para evermifugação e adaptação dos animais à dieta com 40% de feno de Tifton (*Cynodon* spp) e 60% de concentrado (70 % milho em grãos e 30% farelo de soja), com a introdução gradativa das dietas experimentais. A partir de então, o ensaio foi dividido em três períodos, ensaio de desempenho (10 dias de adaptação aos tratamentos e 45 dias de acompanhamento), ensaio de digestibilidade aparente (5 dias de adaptação dos animais às gaiolas para metabolismo e 5 dias de coletas) e ensaio de produção de metano entérico (2 dias de adaptação dos animais às câmara de troca de gases e 3 dias de coletas).

Os animais permaneceram em instalação coberta, alocados em baias com piso de borracha, gaiolas ou câmaras individuais, de acordo com o período experimental, providas de comedouros individuais, bebedouros e saleiros. Todos os procedimentos com os animais foram previamente aprovados pela Comissão Interna de Ética Ambiental e Experimentação Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Protocolo n° 009-2016.

3.2.2. Animais e tratamentos experimentais

Foram utilizados 16 animais ovinos machos deslanados, castrados, da raça Santa Inês, com massa corporal de $44 \pm 4,7$ kg e idade média inicial de 18 ± 2 meses. Os animais foram devidamente identificados e distribuídos aleatoriamente em dois grupos: Tratamento Controle (TC) e Tratamento com Caroço de Algodão (TCA), constituído por milho seco e soja em grão tostada, e caroço de algodão integral com linter, respectivamente.

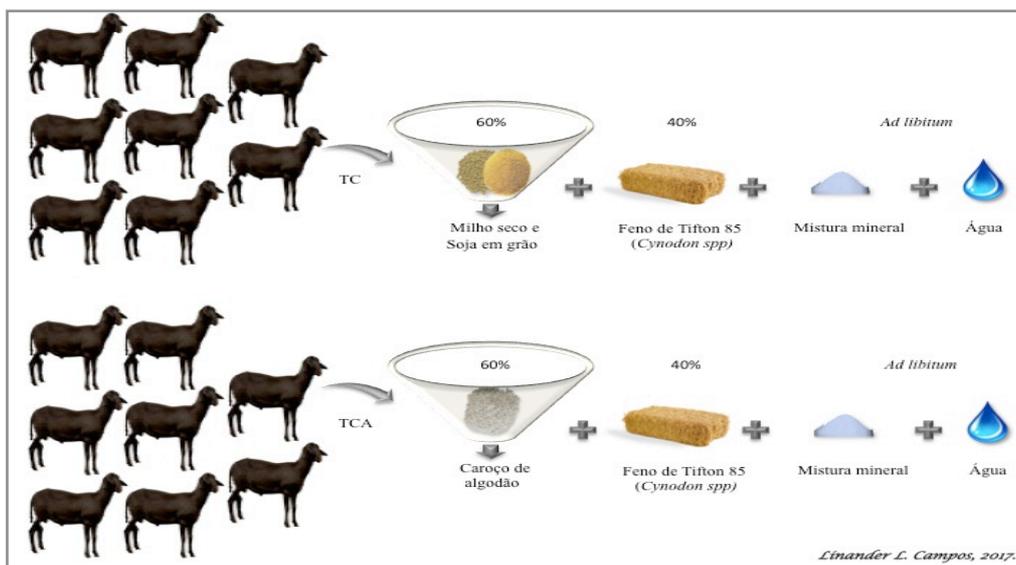
3.2.3. Manejo pré-experimental

Como manejo pré-experimental os animais passaram por exames parasitológicos, por meio de OPG (ovos por grama de fezes), segundo metodologia modificada, conforme descrita por Gordon e Withlock (1939), com o intuito de melhorar o controle e a prevenção das helmintoses, bem como quantificar o grau de infecção dos animais e instituir as estratégias de controle. Desta maneira, os animais que somaram contagem acima de 500 ovos receberam a administração por via oral de anti-helmíntico, de acordo com a dosagem recomendada pelo fabricante. Foram realizadas duas coletas sanguíneas, por venopunção da jugular, em tubos a vácuo (vacutainer[®]) de 5 mL, contendo o anticoagulante ácido etilenodiaminotetraacético (K2 EDTA, BD, Franklin Lakes, NJ, USA), para a avaliação dos níveis de hematócritos (HMT), por meio do aparelho veterinário Davol poch-100 iV.

3.2.4. Formulação das dietas

As dietas foram formuladas considerando o limite de 3% do peso corporal, com o intuito de atender às exigências de proteína e energia metabolizável dos animais, seguindo as recomendações da National Research Council - NRC (2007). Ambos os grupos foram alimentados com dieta constituída basicamente de 60% de concentrado e 40% de volumoso, conforme Figura 3.1.

Figura 3.1. Formulação das dietas TC=Tratamento Controle e TCA=Tratamento Caroco de Algodão



O concentrado TC era composto de milho seco em grão triturado em partículas de 3 mm (50%) e soja em grão tostada (50%); o concentrado TCA era composto por caroço de algodão integral com linter (100%). O volumoso de ambos os tratamentos era constituído de feno de Tifton 85 (*Cynodon spp*), picado em partículas de, aproximadamente, 3 mm. A oferta hídrica em temperatura ambiente e mistura mineral para ovinos foi *ad libitum*. A dieta foi ofertada diariamente em dois períodos (8h e 16h), ajustada individualmente em função da sobra coletada diariamente, considerando a modulação de 10% da quantidade oferecida anteriormente, garantindo o consumo voluntário máximo dos animais.

3.2.5. Avaliação dos alimentos constituintes das dietas

Foram realizadas análises bromatológicas para caracterização dos ingredientes das dietas, como: matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), determinadas segundo a metodologia de Silva e Queiroz (2002) e AOAC (2011); determinações da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) e lignina, realizadas conforme metodologia de Van Soest et al. (1991), adaptada por Mertens (2002), segundo AOAC (2011), conforme Tabela 3.1. A extração do gossipol livre em caroço de algodão foi realizada segundo Wang (1987), com modificações por Romero (2013), os resultados corrigidos através da diferença da porcentagem de linter, obtida pela diferença de peso após a secagem do caroço com e sem linter, realizada por 16 h à 55°C.

Tabela 3.1. Composição bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais

Alimento	MS 105°C	MO*	PB*	FDN*	FDA*	Lignina*	E.E	GL
Feno tifton 85	900,6	952,9	69,5	865,1	476,4	613,0	28,2	-
Milho seco moido	869,6	983,7	92,4	564,5	617,2	37,9	68,3	-
Soja em grão	888,0	950,9	384,0	339,5	211,1	66,8	214,0	-
Caroço algodão	914,6	961,0	276,8	534,3	374,9	265,8	204,1	1,78
Composição dos tratamentos (60:40)								
TC	905,5	956,3	223,1	371,3	183,3	45,8	196,7	-
TCA	917,7	954,9	253,6	602,3	446,9	264,3	211,6	1,78

MS=Matéria seca, expressa em g/kg de matéria verde; MO=Matéria orgânica; PB=Proteína bruta; FDN=Fibra em detergente neutro; FDA=Fibra em detergente ácido; Lignina; MM=Matéria mineral; E.E=Extrato etéreo. *Valores expressos em g/kg de matéria seca. GL= Gossipol livre (mg/g).

3.3. Avaliação de desempenho

Para avaliação do desempenho ou terminação dos animais confinados, foram utilizadas baias de estrutura metálica, medindo (100 × 150 cm), internamente revestida por estrado de borracha antiderrapante (100 x 100 cm), providas de comedouros, bebedouros e saleiros individuais, conforme Figura 3.17.

Os animais permaneceram em confinamento por 55 dias consecutivos, sendo 10 dias para adaptação dos mesmos à dieta e 45 dias para realização do ensaio de desempenho. O ambiente a que os animais foram submetidos apresentaram temperatura de $24,2 \pm 0,72$ °C e umidade relativa de $66,5 \pm 2,21$ %, mensurados em dois períodos regulares diários, utilizando-se termômetro digital, em três pontos distintos do ambiente.

Os animais foram pesados no dia 0 do experimento e a cada 15 dias, anteriormente à alimentação matinal, respeitando o intervalo de aproximadamente 16 horas a partir da última refeição oferecida no dia anterior durante o ensaio de desempenho.

Figura 3.2. Área de avaliação de desempenho dos animais



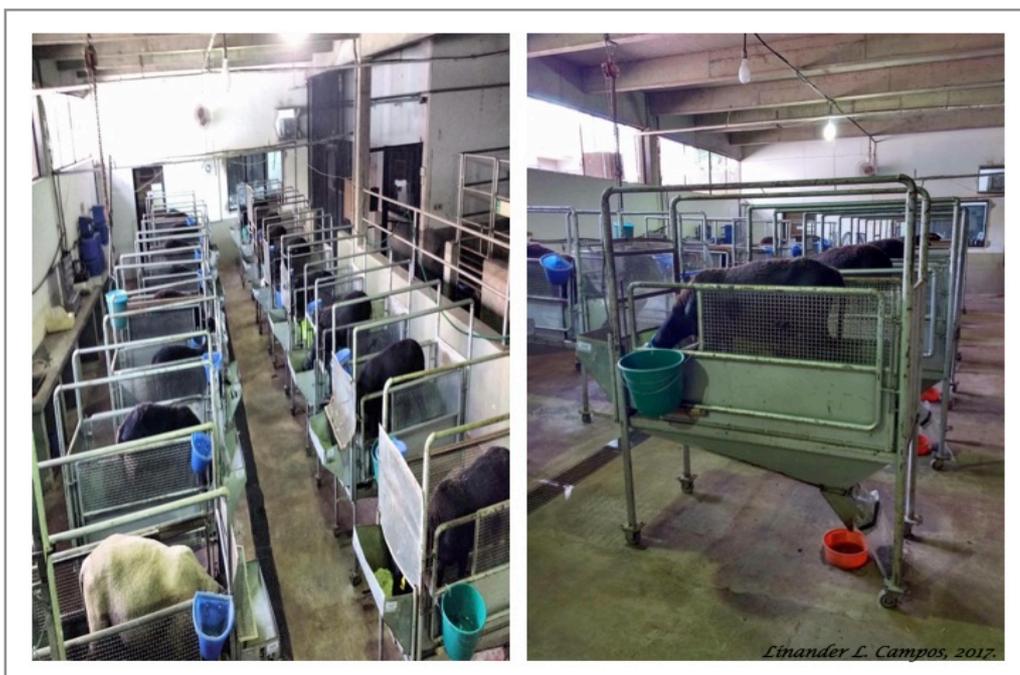
O consumo de matéria seca (CMS) foi determinado pesando-se diariamente as dietas e sobras do dia anterior, e realizadas amostragens diárias de 10% do material, o qual era formado uma amostra representativa quinzenal “pool” por animal, armazenada a -20 °C, para posterior determinação do ganho de peso diário (GMD) e o ganho de peso total (GTP) durante o período experimental, entre os tratamentos TC e TCA.

Ao final do período experimental, as amostras foram transferidas para bandejas de polietileno até atingirem temperatura ambiente (cerca de 25°C), em seguida secas em estufa com ventilação forçada à 60 °C até peso constante (aproximadamente 72 hs), pesadas e moídas em moinho tipo Willey (Marconi, Piracicaba, Brasil) com peneiras providas de crivos de 1,0 mm. A partir do material foram realizadas as análises bromatológicas, conforme realizado no ensaio de digestibilidade aparente.

3.4. Ensaio de digestibilidade aparente

Ao final do Ensaio de Desempenho, para a determinação do consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes da dieta, foram utilizadas gaiolas metabólicas metálicas, medindo 157 × 71 × 167 cm (volume 1,9 m³), providas de piso com sistema de fácil escoamento de sólidos e líquidos, adaptados com coletor de fezes e urina na parte inferior, além de tela separadora, evitando que as fezes e a urina se misturassem, e comedouros, bebedouros e saleiros individuais, conforme Figura 3.2.

Figura 3.3. Área de ensaio de digestibilidade aparente



Os animais permaneceram por 10 dias consecutivos nas gaiolas, sendo 5 dias para adaptação dos mesmos ao ambiente e 5 dias para realização do controle individual do consumo das dietas e excreção de fezes e urina. Os animais ficaram expostos à temperatura

ambiental média de ($24,2 \pm 0,72$ °C) e umidade relativa média ($66,5 \pm 2,21$ %), mensurados em dois períodos regulares diários (8h e 16h).

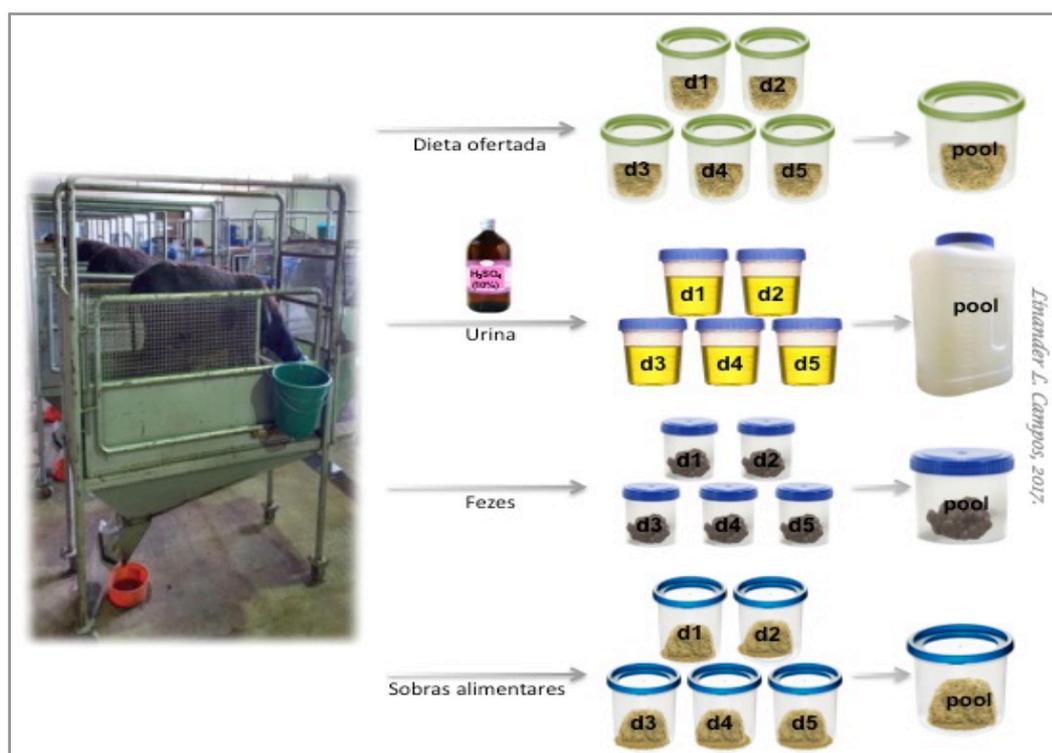
As coletas das dietas fornecidas, sobras e fezes foram realizadas a cada 24 hs. As sobras e fezes eram recolhidas em sacos plásticos descartáveis, pesadas e mantidos sob refrigeração. A urina excretada foi acondicionada em recipientes de polietileno, recebendo 100 mL de ácido sulfúrico 10% (H_2SO_4 10N), como regulador de pH (<3) e conservante.

Todo material foi devidamente mensurado e a alíquota de 10% reservada e congelada a -20 °C, para posterior análise bromatológica, derivados de purinas e nitrogênio total.

As dietas ofertadas, assim como, as sobras alimentares e fezes foram pesadas, utilizando-se balança digital com precisão de 5g (Fillizola BP 15 LED, Brasil). As sobras hídricas e urina mensuradas utilizando-se proveta de vidro graduada. Em seguida, as amostras foram homogêneas e retiradas uma alíquota representativa de 10% de cada material, o qual foi imediatamente armazenado em freezer a temperatura de -20 °C.

Ao final do período de experimento, as amostras sólidas e a urina foram descongeladas, até atingirem temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C), homogêneas e realizado uma mistura das amostras “pool” por animal e a conseguinte coleta de 10% do material para posterior análises, conforme Figura 3.3.

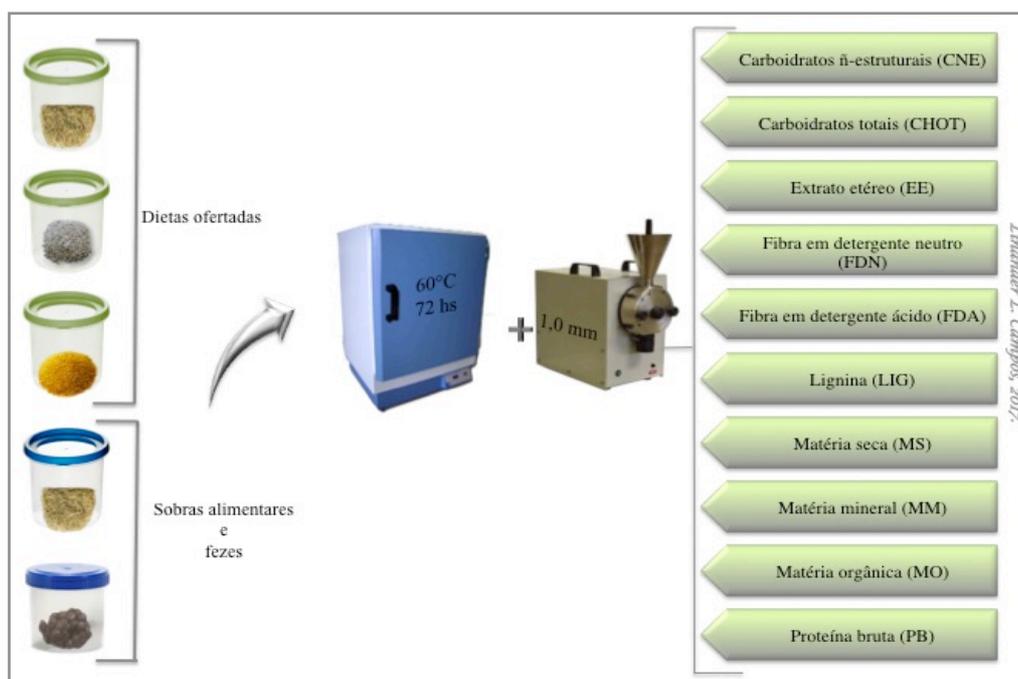
Figura 3.4. Materiais coletados para análise durante ensaio de digestibilidade aparente



3.5. Análises realizadas durante o ensaio *in vivo*

As amostras sólidas foram transferidas para bandejas de polietileno, pesadas novamente e levadas a pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 60°C até atingirem peso constante (aproximadamente 72h). Posteriormente, foram trituradas em moinho tipo Willey (Marconi, Piracicaba, Brasil) com peneiras providas de crivos de 1,0 mm, acondicionadas em embalagens plásticas, e conduzidas ao laboratório para realização da análise bromatológica (Figura 3.4). As amostras de urina após serem descongeladas foram imediatamente levadas ao laboratório para a realização das análises de nitrogênio total e derivados de purinas.

Figura 3.5. Análises realizadas durante o ensaio de digestibilidade aparente



A digestibilidade dos nutrientes no trato digestório foi calculada pela fórmula:

$$\% \text{ Coeficiente digestibilidade aparente de X} = \frac{\text{Consumo de X} - \text{Excreção de X}}{\text{Consumo de X}} * 100$$

Sendo: X = unidade dietética avaliada.

3.5.1. Análises de MS, MM e MO

Para todas as amostras dos materiais sólidos foram determinados os valores de matéria seca (MS) por secagem da amostra a 105°C por 24h e matéria mineral (MM) por incineração a 550°C por 5h, segundo metodologia de Silva & Queiroz (2002) e AOAC (2011), conforme Figura 3.5. A matéria orgânica (MO) foi calculada pela diferença entre MS e MM.

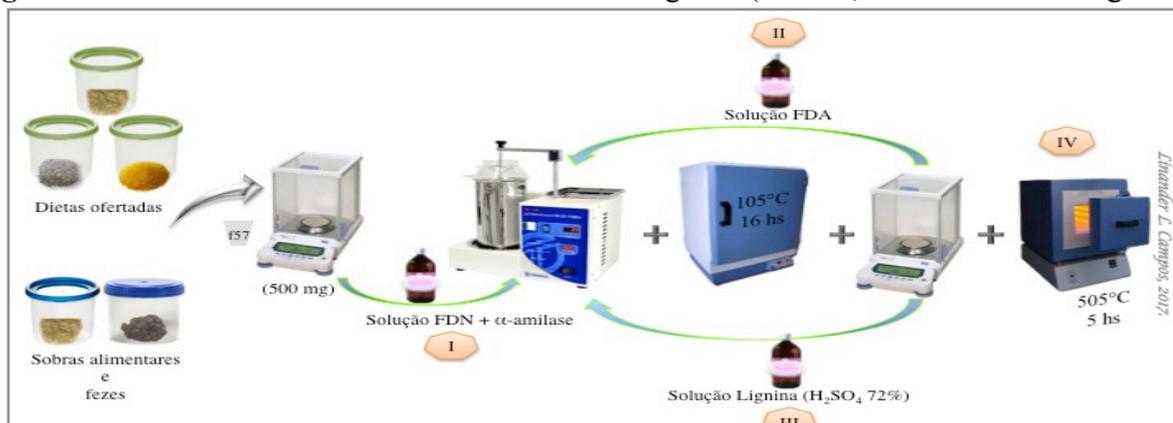
Figura 3.6. Procedimento da análise bromatológica (matéria seca, matéria mineral)



3.5.2. Análises de FDN, FDA e Lignina

A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram realizadas de acordo com a metodologia de Van Soest et al. (1991), adaptada por Mertens (2002), conforme AOAC (2011), utilizando-se saquinhos para determinação de fibras F57 (ANKON®), e procedimentos segundo fabricante do equipamento, analisador de fibra TE-149 (Tecnal, São Paulo, Brasil). Para a determinação de FDN as amostras permaneceram por um período prévio de aproximadamente 12h em solução detergente neutra com a adição de 2 mL de α -amilase, antes da realização dos procedimentos no equipamento, conforme Figura 3.6. Os valores de FDN e FDA foram corrigidos para cinzas.

Figura 3.7. Procedimentos das análises bromatológicas (I=FDN, II=FDA e III=Lignina)



3.5.3. Análise do teor de Nitrogênio (N) total

O teor de Nitrogênio (N) total das amostras sólidas e urina foram determinadas pelo método micro-Kjeldahl, segundo AOAC, (2011), utilizando destilador de nitrogênio/proteína com indicadores visuais de aquecimento/nível da caldeira (Tecnal® modelo TE-0364, Brasil).

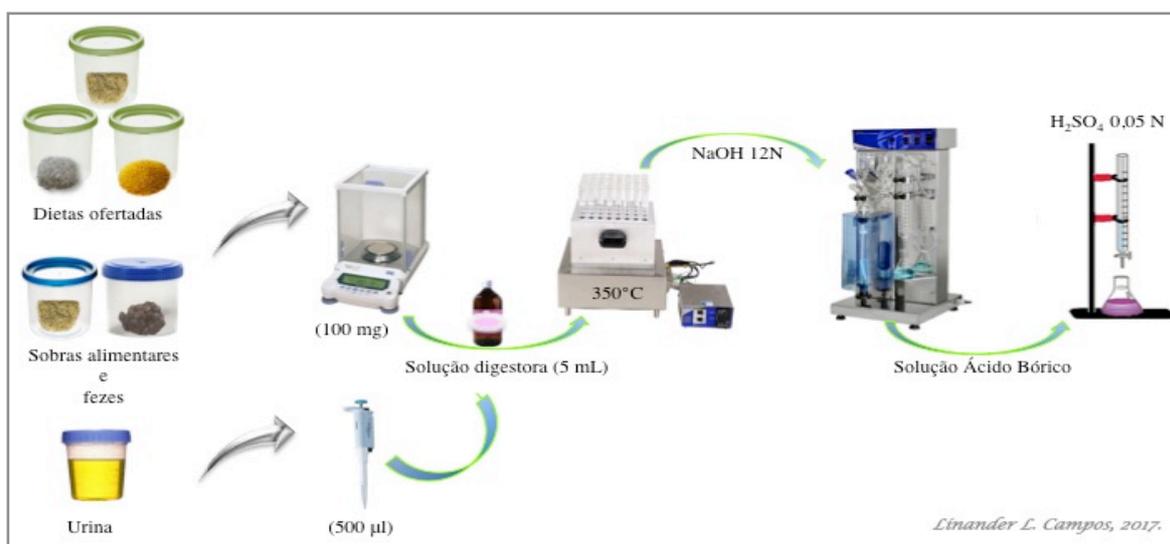
A digestão da amostra foi realizada em solução ácida, seguida pela destilação com solução de hidróxido de sódio (NaOH 12N), coletado após a evaporação em solução de ácido bórico 2% (H₃BO₃), seguida pela titulação com solução de ácido sulfúrico (0,05N), conforme Figura 3.7. O balanço de N foi calculado e total de proteína bruta (PB) pelas formulas:

$$N \text{ retido} = (N \text{ consumido}) - (N \text{ excretado})$$

$$PB = [(0,05 \times 0,014 \times 100) \times \text{ml } \text{ác. sulfúrico} / \text{peso da amostra (g)}] \times 6,25$$

Sendo: N retido = médias diárias de N, da dieta e absorvido pelo animal; N consumido = N ingerido da dieta oferecida; N excretado = N excretados nas fezes e na urina.

Figura 3.8. Procedimento da análise bromatológica (teor de Nitrogênio total)

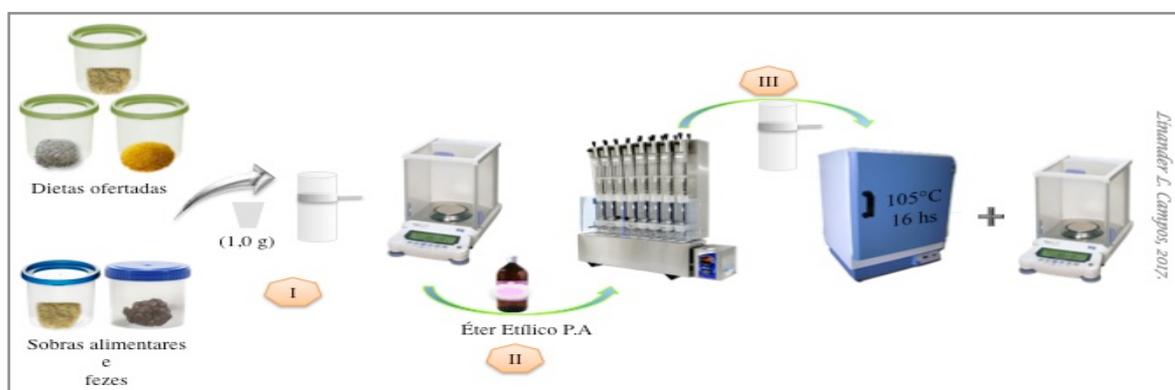


3.5.4. Análise de Extrato Etéreo

A determinação do extrato etéreo foi realizada segundo AOAC, 2011; através do sistema para determinação de gordura TE-044-8/50 - extrator Soxhlet (Tecnal, São Paulo, Brasil), e utilizando éter etílico P.A. como solvente, conforme Figura 3.8; conforme equação:

$$\%EE\ g = (P1 - P) / \text{peso amt (g)}$$

Figura 3.9. Procedimento da análise bromatológica (Extrato Etéreo)



3.5.5. Gossipol Livre em caroço de algodão (GL)

A análise de gossipol livre foi realizada segundo a metodologia de Wang (1987) e adaptado por Romero (2013), com modificações no volume dos solventes e detecção, através de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), em equipamento Agilent modelo 1100, munido de bomba quaternária, injetor automático de amostras, detector de arranjo de fotodiodos, termostato para coluna e coluna Zorbax C18 (250 x 4,6 mm), com tamanho de partícula de 5 µm.

Inicialmente realizou-se a retirada do linter das amostras, introduzindo os caroços de algodão em Becker de vidro, em seguida, embebidas em ácido sulfúrico à 100%, mantendo em constante movimentação, até retirada total do linter. Imediatamente após o processo, realizou-se 5 lavagens com água destilada e a secagem do material em estufa (55°C por 16 h). A extração procedeu-se através da maceração com a adição de 10 mL de acetona P.A., durante 16 horas, com a conseguinte filtração, utilizando-se papel filtro qualitativo Ø 12,5cm. Posteriormente, as amostras foram secas com nitrogênio, em banho maria em temperatura

constante de 40°C, e redissolvidas. Utilizando-se seringa, 1 mL as amostras foram filtradas utilizando Millex® 13 mm (FTFE - 0,45 µm), transferidas para *vials* (Agilent 1,5 mL) e levados à análise cromatográfica, conforme Figura 3.9 (ROMERO, 2013).

Figura 3.10. Procedimento de análises de gossipol livre em caroço de algodão



3.5.6. Derivados de Purinas

Após o último dia do ensaio de digestibilidade aparente, foram retirados aliquotas individuais de 10% do “pool” da urina por animal, para a estimativa da síntese de proteína microbiana *in vivo* através da determinação dos derivados de purina (DP), de acordo com o protocolo adaptado das metodologias de Pimpa e Balcells (2002), Balcells et al. (1992) e Czauderna e Kowalczyk (2000), e conforme realizado por Abdalla Filho (2015).

As amostras foram homogenizadas em sonicador (ultrassom) por 5 minutos a temperatura ambiente, em seguida, 5 mL dos materiais foram centrifugados por um período de 20 minutos a 582G e temperatura de 4°C. Coletou-se 2 mL da fração sobrenadante, e transferiu-se para recipiente de vidro (tubos), com a adição de 0,25 mL de solução de oxipurinol e 2,75 mL de solução de fosfato monobásico de amônio 0,0025 M, e a conseguinte homogeneização em agitador de tubos tipo vórtex (modelo AP 56 Phoenix, Max Labor®, Brasil). Com seringa, 1 mL de cada amostra foi filtrada, utilizando-se filtro Millex® 13 mm (FTFE - 0,45 µm), transferidos para vials (Agilent 1,5 mL) e realizadas análises em HPLC (Agilent 1100), equipado com bomba quaternária, degaseificador, injetor automático de amostras, termostato, detector de arranjo de fotodiodos (UV-Vis), termostato e coluna Zorbax ODS C18 (250 x 4,6 mm, partículas de 5 µm), conforme Figura 3.10.

Figura 3.11. Procedimento de análises de derivados de purinas



A estimativa do nitrogênio microbiano (NM) absorvido no intestino delgado foi realizada de acordo com as equações:

$$\text{NM (g N/d)} = (\text{MDP} * \text{Teor de N purinas}) / (\text{Proporção N purina: N microbiano} * \text{Digestibilidade das purinas microbianas} * 1000)$$

Sendo: NM = nitrogênio microbiano absorvido ao intestino delgado; MDP = metabólitos derivados de purina absorvidos (mmol/d/kg^{0,75}); Teor de N purinas = 70 (mg N/mmol); Proporção N purina:N microbiano = 0,116; Digestibilidade das purinas microbianas = 0,83.

$$\text{MDP} = (\text{Área do metabólito} * \text{Concentração do oxipurinol no padrão} * \text{FD}) / ((\text{FC} * \text{área do oxipurinol no padrão}) * \text{volume de urina (mL)})$$

Sendo: MDP = concentração do metabólito derivado de purina (µM/L); Concentração do oxipurinol no padrão = 50; FD = fator de diluição = 2,5; FC = fator de correção dos metabólitos de purina.

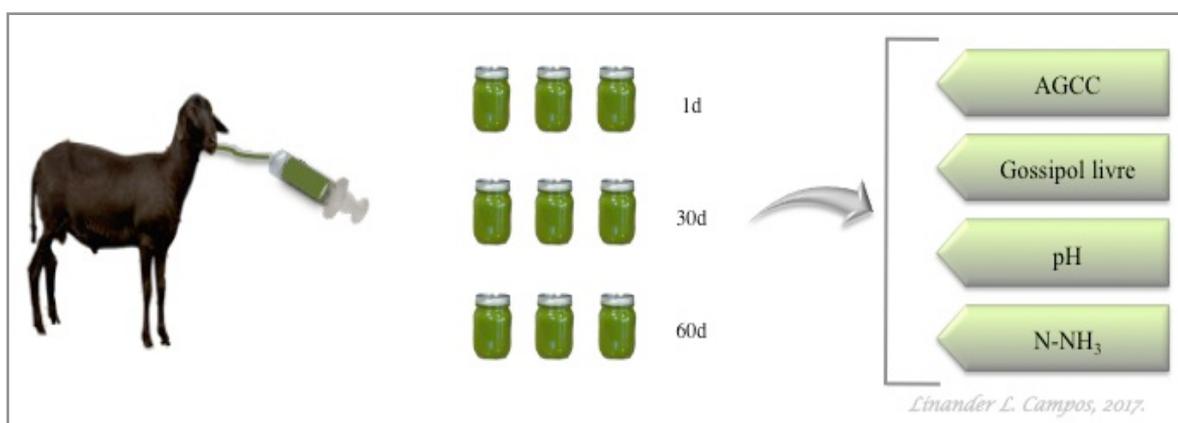
3.5.7 Colheita de líquido ruminal

Amostras de aproximadamente 100 mL de líquido ruminal foram coletadas em três diferentes períodos durante o experimento (0d, 30d e 60d), sempre levando em consideração o intervalo de tempo de 3 à 4 horas após a alimentação diária dos animais. Utilizando-se

sonda esofágica de material flexível (silicone) de 90 cm conectada à uma seringa descartável de 50 mL para sucção do fluido.

O material foi homogeneizado e imediatamente mensurado o pH, utilizando-se potenciômetro digital de bancada com eletrodo Mettler Toledo (Tecnal[®] modelo TEC-2, Brasil). Em seguida, distribuído em recipientes de vidro (três alíquotas), congeladas a -20 °C, para a realização da quantificação dos Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC), Nitrogênio amoniacal (NH₃-N) e análise de Gossipol livre (Figura 3.11).

Figura 3.12. Colheita do líquido ruminal e análises realizadas

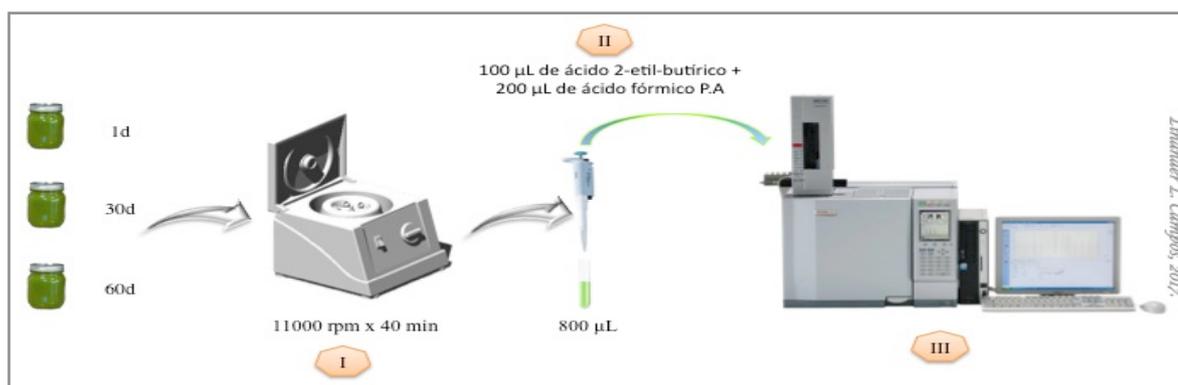


3.5.7.1. Ácidos Graxos de Cadeia curta (AGCC)

A quantificação dos Ácidos Graxos de Cadeia curta (AGCC), foi executada a partir da coleta da alíquota de 1,6 mL de fluido ruminal, que foi centrifugado a 11000 rpm por 40 minutos a 4 °C utilizando-se o equipamento (RC 5B PLUS, Sorval, Wilmington, DE, EUA). Em seguida, o volume de 800 µL do sobrenadante foi coletado e transferido para microtubos, com a adição de 100 µL de ácido 2-etil-butírico (padrão interno MW = 116,16; Sigma Chemie GmbH, Steinheim, Alemanha) e 200 µL de ácido fórmico (85%), e analisado em cromatográfico gasoso (GC 2014 Shimadzu, Tóquio, Japão) munido com FID e com a coluna GP 10% SP-1200/1 H₃PO₄ 80/100 Chromosorb WAW (Nº de cat. 11965, aço inoxidável de 6' x 1 / 8', Supelco, Bellefonte, PA, EUA), apresentando temperatura da coluna (isotérmica) de 120 °C, injetor a 160 °C e detector a 260 °C, empregando Hélio (40 e 400 mL/min.) como gás detector e arraste. O volume de injeção de 1 µL/min., e tempo de análise de 10'55''. A curva de calibração estabelecida com diferentes concentrações de

padrões (acetato 99,5%, CAS 64-19-97, propionato 99%, CAS 04-09-79, isobutirato 99%, CAS 79-31-2, butirato 98,7%, CAS 107-92-6; isovalerato 99%, CAS 503-74-2 e valerato 99%, CAS 109-52-4, Chem Service, West Chester, PA, EUA), de acordo com metodologia adaptada, em fase de publicação de Lima et al. (2017)¹, conforme Figura 3.12.

Figura 3.13. Procedimento de análises de AGCC em aparelho de cromatografia gasosa

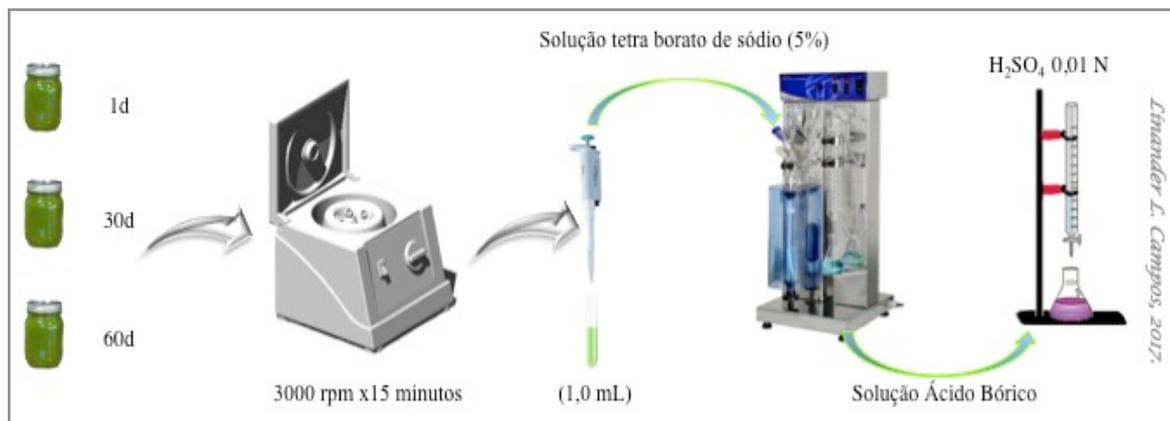


3.5.7.2. Nitrogênio amoniacal (NH-H₃)

O Nitrogênio amoniacal (NH-H₃) em líquido ruminal foi determinado pelo método micro-kjeldahl, segundo Preston (1995), utilizando-se o destilador de nitrogênio/proteína com indicadores visuais de aquecimento e nível da caldeira (Tecnal® modelo TE-0364, Brasil). Mediante centrifugação da amostra (3000 rpm por 15 minutos) e a retirada de 1 mL do sobrenadante, adicionado ao tubo micro (Ø25 x 250 mm), destilado com tetra borato de sódio (5%), acolhido após evaporação em Erlenmeyer contendo 10 mL de solução de ácido bórico 2% (H₃BO₃), e titulação com ácido sulfúrico (H₂SO₄ 0,01N), conforme Figura 3.13.

¹ LIMA, P. M. T. et al. Nutritional evaluation of the legume *Macrotyloma axillare* using in vitro and in vivo bioassays in sheep. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, 2017. Enviado para publicação.

Figura 3.14. Procedimento de análises de Nitrogênio amoniacal (NH₃)



3.5.7.3. Gossipol Livre (GL) em liquido ruminal

A análise foi realizada segundo Romero et al. (2015). A amostra foi liofilizada e em seguida, pesado 1 g do material, adicionando-se 3 ml de metanol. Logo após, centrifugado por um período de 30 minutos a 582G e temperatura de 4°C. Posteriormente realizou-se a filtragem do sobrenadante, utilizando-se filtro Millex® 13 mm (FTFE - 0,45 µm), transferidas para *vials* (Agilent 1,5 mL) e levados à análise cromatográfica, em equipamento Agilent modelo 1100, conforme Figura 3.14.

Figura 3.15. Procedimento de análises de gossipol livre em liquido ruminal



3.6. Quantificação da emissão de metano entérico (CH₄) em câmaras semi-abertas

A quantificação do metano entérico *in vivo*, foi realizado subsequentemente ao ensaio de digestibilidade aparente, através da metodologia descrita por Abdalla et al. (2012).

As câmaras metálicas de respiração em confinamento para medições de trocas gasosas individuais utilizadas eram revestidas na parte superior, lateral e frontal por folhas de polietileno de 0,3 mm de espessura e medindo 157 × 71 × 167 cm (volume 1,9 m³), providas de orifícios dianteiro e traseiro para a adequada circulação do ar. Com o auxílio de bomba peristáltica, o metano (CH₄) e os gases exalados pelos animais foram amostrados e armazenados em balões metalizados (revestidos com alumínio), com capacidade para 5 litros, conforme Figura 3.15.

Figura 3.16. Câmaras semi-abertas de respiração / Quantificação de metano.

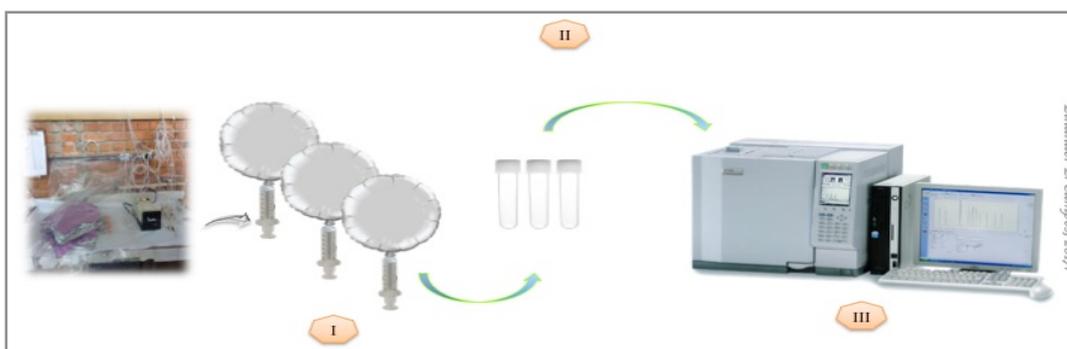


A, B = vista frontal das câmaras metálicas de respiração em confinamento; C = vista traseira das câmaras metálicas de respiração em confinamento; D = sistema de coleta e armazenamento com bomba peristáltica e balões de gases metalizados.

Os animais permaneceram por 5 dias consecutivos nas câmaras, sendo 2 dias para adaptação dos animais ao ambiente e 3 dias para realização das coletas. As câmaras apresentaram fluxo médio de remoção do ar interno de 125 L/min, temperatura interna ($24,2 \pm 0,72$ °C) e externa ($24,2 \pm 0,72$ °C), umidade relativa ($66,5 \pm 2,21$ %), mensurados em quatro períodos regulares diários (8h, 12h, 16h e 20h), utilizando-se termometro digital interno e anemômetro - CE Instrutherm AD-250, São Paulo, Brasil.

A cada ciclo de 22 horas, os gases amostrados em cada balão foram homogeneizados individualmente e coletados 10 mL, por meio de seringa com agulha de 10 mm, munida com sistema regulatório de fluxo, e armazenados em tubos de ensaio de vidro selados e a vácuo com capacidade de 15 mL. Então, conduzidos para o laboratório para determinação da concentração de metano, em aparelho de cromatografia gasosa (Shimadzu GC-2014, SINC Brasil, São Paulo, Brasil), equipado com um detector de ionização de chamas (FID), coluna micro empacotada Shincarbon ST 100/120 (1 m x 1,587 mm x 1,0 mm; Restek, Bellefonte, PA, USA); apresentando 60°C nas condições de operação da temperatura isotérmica da coluna, injetor a 200 °C, e detector a 240 °C; e gás Hélio (He) para arraste em fluxo constante de 10 mL/min. (Figura 3.16).

Figura 3.17. Sistema de coleta, armazenamento e determinação da concentração de metano



As dietas foram pesadas e fornecidas diariamente em dois períodos diurnos (8h e 16h), ajustadas individualmente em função da sobra coletada diariamente, garantindo o consumo voluntário máximo dos animais e levando em consideração a modulação dentro dos 10% das sobras. Além da oferta hídrica e mistura mineral para ovinos *ad libitum*.

3.7. Análise Estatística

Todas as variáveis analisadas foram submetidas à análise de variância seguida pelo teste de Tukey; utilizando o Proc GLM do pacote estatístico SAS[®] 9.2. (SAS Institute Inc., Cary NC, EUA) e considerando como significativos valores de probabilidade inferiores a 5% ($P < 0,05$).

3.8. Resultados e Discussão

3.8.1. Consumo e digestibilidade de nutrientes (período de digestibilidade aparente)

Durante o período de digestibilidade aparente foi constatado o efeito de tratamento ($P < 0,05$), entre as médias durante os cinco dias de avaliação, nas variáveis de consumo diário, calculado sobre a média dos 5 dias de ensaio digestibilidade aparente, sendo os maiores valores de CMS, CMO e CPB dos animais do grupo TCA. Comportamentos semelhantes foram observados em relação ao consumo de todas as demais variáveis, inclusive, quanto a matéria seca consumida por peso vivo do animal (MSc/PV). A diferença ou efeito de tratamento em relação ao percentual de digestibilidade ficou evidenciado em todos os parâmetros analisados (DMS, DMO, DPB, DEE, DFDN e DFDA), conforme Tabela 3.2.

As médias de consumos de matéria seca (CMS) apresentaram valores de 1,141 Kg/dia para TC e 1,285,0 Kg/dia para TCA; os consumos dos tratamentos TC e TCA, de matéria orgânica foram de 1,089 Kg/dia e 1,227 Kg/dia; consumo de proteína bruta de 0,185 Kg/dia e 0,251 Kg/dia; consumo de extrato etéreo de 0,159 Kg/dia e 0,192 Kg/dia; e fibra em detergente neutro, variaram entre 0,652 Kg/dia e 0,888 Kg/dia, e fibra em detergente ácido 0,328 Kg/dia e 0,575 Kg/dia, respectivamente. Os consumos médios de nutrientes digestível apresentaram valores de matéria seca 0,638 Kg/dia e 0,833 Kg/dia; matéria orgânica digestível 0,651 Kg/dia e 0,827 Kg/dia. O percentual de digestibilidade média de matéria seca 55,3 e 64,7%; matéria orgânica 59,8 e 67,3%; proteína bruta 60,3 e 77,3%; extrato etéreo 89,4 e 94,4%; fibra em detergente neutro 46,8 e 62,3 % e fibra em detergente ácido 30,6 e 56,6%, respectivamente entre os tratamentos TC e TCA. A matéria seca consumida em relação ao peso vivo dos animais apresentaram 2,231 Kg/PV para TC e 2,710 Kg/PV para TCA (Tabela 3.2).

As diferenças de consumo entre os tratamentos podem ser explicadas pelas diferenças entre os nutrientes disponibilizados entre os tratamentos experimentais, com o maior consumo de matéria seca pelo grupo TCA provavelmente em função do elevado teor de fibra na dieta, no entanto, a presença de gordura insaturada (óleo) no caroço não foi o elemento limitante para o consumo médio realizado pelos animais.

Tabela 3.2. Consumo médio e percentual de digestibilidade média de nutrientes

Consumo (Kg/dia)	Tratamentos			
	TC	TCA	EPM	P
CMS	1,141 ^b	1,285 ^a	0,045	0,007
CMO	1,089 ^b	1,227 ^a	0,043	0,006
CPB	0,226 ^a	0,212 ^a	0,003	0,140
CEE	0,159 ^b	0,192 ^a	0,002	<.0001
CFDN	0,652 ^b	0,888 ^a	0,040	<.0001
CFDA	0,328 ^b	0,575 ^a	0,021	<.0001
CMSD	0,638 ^b	0,833 ^a	0,051	0,002
CMOD	0,651 ^b	0,827 ^a	0,046	0,002
MSc/PV	2,231 ^b	2,710 ^a	0,210	0,038
Digestibilidade dos nutrientes (%)				
DMS	55,3 ^b	64,7 ^a	2,6	0,003
DMO	59,8 ^b	67,3 ^a	2,5	0,010
DPB	60,3 ^b	77,3 ^a	2,5	<.0001
DEE	89,4 ^b	94,4 ^a	1,4	0,004
DFDN	46,8 ^b	62,3 ^a	3,5	0,0007
DFDA	30,6 ^b	56,6 ^a	4,8	<.0001

Consumo médios de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFDN) e fibra em detergente ácido (CFDA); matéria seca digestível (CMSD) e matéria orgânica digestível (CMOD); Percentual de digestibilidade média de matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), extrato etéreo (DEE), fibra em detergente neutro (DFDN) e fibra em detergente ácido (DFDA); Matéria seca consumida por peso vivo (MSc/PV); letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). EPM = erro padrão da média.

O presente resultado distigui-se dos obtidos por Rogério (2004), que estudou carneiros machos com peso médio de 40 kg, alimentados com dieta contendo 35% e 45% de caroço integral de algodão (*Gossypium hirsutum*) e feno Tifton 85 (*Cynodon spp.*), caracterizada, sobretudo pelo consumo de matéria seca de 67,86 g/Kg e 60,53 g/Kg, matéria orgânica de 65,26 g/Kg e 58,13 g/Kg, proteína bruta de 10,15 g/Kg e 10,00 g/Kg e extrato etéreo de 6,41 g/Kg e 6,82g/Kg, respectivamente entre os percentuais avaliados.

Os resultados obtidos por Cunha (2008), utilizando cordeiros machos, não castrados, da raça Santa Inês, com peso corporal médio inicial de 19,5 kg, alimentados com dieta contendo entre 0 - 40% de caroço de algodão evidenciou que ao consumir a porcentagem máxima de 40% de caroço de algodão, o consumo apresentado foi de matéria seca de 1,192

Kg/dia, proteína bruta de 0,198 Kg/dia, extrato etéreo de 0,106 Kg/dia e fibra em detergente neutro de 0,583 Kg/dia, respectivamente.

Em relação aos níveis de CDPB das dietas do presente estudo de 60,3% para TC e 77,3% para TCA, demonstrou que estão intimamente ligados a maior quantidade proteica da dieta. Da mesma maneira, Brosh et al. (1989) constataram ao utilizar 40% de caroço de algodão integral na alimentação de ruminantes, uma melhora no conteúdo protéico, proporcionado pelo incremento da dieta.

De acordo com Van Soest (1994), o consumo de FDN pode sofrer variações entre 0,8 e 1,2% PC, ou até mesmo excedido quando a densidade energética da dieta for baixa. No entanto estes números divergem dos encontrados no presente estudo realizado. Tal fato, do consumo maior de matéria seca pode estar relacionado ao alto nível de fibras, com maior densidade energética, o que, propicia o aumento na taxa de passagem da digesta pelo trato gastrintestinal e o esvaziamento ruminal, ocasionando a redução do tempo disponível para a digestão pelos microorganismos e digestibilidade dos nutrientes.

Segundo Costa (2010), a digestibilidade da fibra em detergente neutro pode ser instigada pela estrutura e conteúdo da parede celular da fonte alimentar. Ressaltando os valores discrepantes entre os tratamentos TC e TCA em relação ao percentual de FDN digestível. Além disso, o maior percentual de PB digestível encontrado no tratamento TCA pode ter beneficiado o ambiente ruminal, de modo a torná-lo adequado aos microrganismos e, conseqüentemente, otimizado a digestão da fibra.

3.8.2. Nitrogênio total

Devido ao aumento da ingestão de matéria seca e de nutrientes digestíveis totais pelo grupo TCA, aliado ao aumento da digestibilidade da proteína bruta, promoveu um aumento significativo no nitrogênio ingerido ($P < 0,05$). Ocorreu também o incremento da excreção de nitrogênio pela urina, e aumento do nitrogênio retido, mesmo em relação ao peso médio ($P < 0,05$). A porcentagem de nitrogênio retido em relação ao nitrogênio absorvido elevou-se de acordo com o tratamento. No entanto, os níveis de nitrogênio excretado através das fezes foram maiores pelo tratamento TC (Tabela 3.3).

Tabela 3.3. Balanço de nitrogênio entre os animais dos tratamentos TC e TCA

Variáveis	Tratamentos		EPM	P
	TC	TCA		
N _{consumido}	29,625 ^b	40,195 ^a	0,541	<.0001
N _{fecal}	11,710 ^a	9,102 ^b	0,885	0,010
N _{urinário}	0,222 ^b	0,576 ^a	0,117	0,009
N _{excretado total}	9,5775 ^a	9,8075 ^a	1,1658	0,846
N _{g/dia}	0,222 ^b	0,576 ^a	0,117	0,009
N _{g/ncnsm}	0,596 ^b	0,758 ^a	0,023	<.0001
N _{g/dia/PM}	0,920 ^b	1,675 ^a	0,069	<.0001
N _{g/ncnsm/PM}	0,031 ^b	0,043 ^a	0,002	<.0001

TC= Tratamento controle, TCA = Tratamento caroço de algodão; letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). EPM = erro padrão da média.

De acordo com Zeoula et al. (2006), o balanço de nitrogênio está correlacionado com o consumo alimentar e a maior taxa de digestibilidade da fonte protéica e origem do nitrogênio e, conseqüentemente, evidenciado nas vias excretoras, no absorvido e metabolizado pelo animal.

Segundo Kozloski (2017), relatou o fato de que o volume de N fecal sofre um incremento devido à atividade fermentativa no intestino grosso dos animais, propiciada pela oferta de nitrogênio microbiana nas fezes, a qual está intimamente ligada ao tipo de concentrado utilizado.

3.8.3. Avaliação de desempenho

O consumo de matéria seca (CMS) e consumo de matéria seca pelo peso médio dos animais em kg/dia apresentaram diferença significativa (P<0,05) entre os tratamentos TC e TCA durante o periodo de desempenho, com médias de 1,141 e 1,285 Kg/dia, 0,147 e 0,048 Kg/dia, respectivamente entre TC e TCA. O peso final dos animais não sofreram diferença (P>0,05) entre tratamentos. No entanto, ficou constatada diferença em relação aos ganhos de peso total e ganho diário de peso, sendo que o tratamento TC apresentou ganho diário médio de 0,163 Kg/dia e os animais do TCA apenas 0,061 Kg/dia (Tabela 3.4).

Tabela 3.4. Avaliação de desempenho dos animais

Variáveis	Tratamentos		EPM	P
	TC	TCA		
CMS (Kg/dia)	1,141 ^b	1,285 ^a	0,045	0,007
ConsMS/peso	0,147 ^a	0,048 ^b	0,025	0,001
Peso inicial (Kg)	44,574 ^a	45,930 ^a	4,186	0,747
Peso Final (Kg)	51,925 ^a	48,706 ^a	4,228	0,449
Ganho de peso total (Kg)	7,350 ^a	2,775 ^b	0,022	0,000
Ganho (Kg/dia)	0,163 ^a	0,061 ^b	0,022	0,008

TC = Tratamento Controle e TCA = Tratamento Caroço de Algodão; Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente (Teste Tukey, $P < 0,05$); EPM = erro padrão da média.

Os animais que receberam a suplementação exclusiva de caroço de algodão na dieta não demonstraram objeção aparente em relação ao consumo. No entanto, foram observados a interferência no ganho de peso dos animais, intimamente correlacionado com a regulação do nível consumo, assim como a taxa de passagem pelo rúmen e o tempo de retenção.

Redução semelhante no ganho de peso corporal dos animais e na eficiência alimentar em animais suplementados com níveis crescentes de caroço de algodão (7, 14 e 21%), foram constatados por Moore et al. (1994), observados ganhos entre 10,45 e 13,05 Kg.

Desempenho correspondente ao encontrado neste estudo também foram constatados por Brosh et al. (1989), que correlacionaram a redução no ganho de peso e o consumo de matéria seca à pequenos ruminantes mantidos em confinamento, alimentados com níveis crescentes de suplementação com caroço de algodão e matéria seca.

No entanto, não foram constatadas alterações no consumo de matéria seca e no ganho de peso de ovinos suplementados com caroço de algodão integral em dietas de três proporções distintas (0, 25 e 50%), segundo estudos realizados por Warren et al. (1988).

A redução de consumo e ganho de peso dos animais suplementados com caroço de algodão foi evidenciada pelo fato da presença dos teores de gordura na dieta, acima de 6% da dieta total, de acordo com estudo realizado por Palmquist (1988),.

Possíveis manifestações após várias semanas de exposição ao gossipol podem causar a diminuição na absorção de nutrientes, com a conseguinte perda de apetite e diversas alterações metabólicas, devido aos efeitos crônicos do gossipol livre, presente no caroço de algodão, claramente elucidados em estudos realizados com ruminantes, segundo Risco, Holmberg e Kutches (1992); Zhang et al. (2007).

3.8.4. Parâmetros ruminais

Os valores de pH do líquido ruminal apresentaram diferença ($P < 0,05$) entre os tratamentos estudados, com valores médios de 6,60 e 6,78, respectivamente para os tratamentos TC e TCA (Tabela 3.5).

Tabela 3.5. Parâmetros ruminais de pH, N-NH₃ e AGCC

Variáveis	Tratamentos		EPM	P
	TC	TCA		
Ph	6,60 ^b	6,78 ^a	0,075	0,038
N-NH ₃ (mg/100 mL)	37,61 ^a	35,48 ^a	4,796	0,664
Total AGCC (mmol/dL)	90,91 ^a	76,82 ^a	7,187	0,070
Concentração de AGCC (mmol/dL)				
Acetato	60,97 ^a	56,35 ^a	4,851	0,357
Propionato	16,75 ^a	13,21 ^a	2,144	0,121
Isobutirato	1,08 ^a	0,61 ^b	0,072	<.0001
Butirato	8,32 ^a	4,50 ^b	0,691	<.0001
Isovalerato	2,63 ^a	1,52 ^b	0,184	<.0001
Valerato	1,14 ^a	0,60 ^b	0,162	0,004
C2:C3	3,79 ^b	4,41 ^a	0,373	0,116

pH (potencial hidrogeniônico), N-NH₃ (nitrogênio amoniacal), AGCC (ácidos graxos de cadeia curta); letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). EPM = erro padrão da média.

De acordo com Church (1993), o pH ideal para a espécie encontra-se entre 5,5 a 7,2, sendo que valores discrepantes do líquido ruminal podem afetar a degradação do alimento ofertado aos animais, podendo ser causada, em muitos casos, pelas altas cargas de concentrado na dieta.

Reforçado, ainda, pela idéia que segundo Van Soest (1994), os valores de pH menores que 6,2 dificultam a taxa de digestão e estendem o tempo de degradação da parede celular das células vegetais das fontes alimentares utilizadas.

A concentração de $\text{NH}_3\text{-N}$ no líquido ruminal realizado entre 3 e 4 horas após a alimentação da manhã não apresentou diferença ($P>0,05$) entre os tratamentos, e observou-se 37,61 e 35,48 mg/100 mL, respectivamente entre os tratamentos TC e TCA (Tabela 3.5).

Foram observadas diferenças significativas ($P<0,05$) nas concentrações de isobutirato, butirato, isovalerato e valerato, com menores valores para os ovinos alimentados com caroço de algodão. Foi observado maiores concentrações de acetato (60,97 mmol/dL) no tratamento TC, no entanto, não foram constatadas diferenças ($P>0,05$) quanto a acetato e propionato, e na relação acetato:propionato (C2:C3), com maiores concentrações presentes nos animais do tratamento TC (Tabela 3.5).

Em geral, os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), são a mais notável fonte de energia para os ruminantes, colaborando com cerca de 70 a 80% dos requerimentos totais de energia destes animais, não apresentaram diferença entre os tratamentos, apresentando 90,91 mmol/dl para TC e 76,82 mmol/dl de líquido ruminal para TCA.

A dieta a base de concentrado a proporção de propionato aumenta em relação ao acetato, concedido pela dieta com quantidades de carboidratos rapidamente degradáveis no rúmen, segundo Carvalho et al. (2007). E ainda, de acordo com Vargas et al. (2001) concentrações ruminais elevadas de isoaléato e isobutirato são indicativos de fermentação de aminoácidos, favorecendo redução do pH do ambiente ruminal.

A proporção e concentrações de ácidos graxos de cadeia curta sofrem variações de acordo com o tipo de substrato, a ingestão, periodicidade de alimentação, a taxa de diluição e osmolaridade, e mediado pela atividade microbiana e da taxa de absorção pela parede ruminal do animal, segundo Church e Church (1988).

3.8.5. Derivados de purinas e nitrogênio microbiano

As concentração de derivados de purinas (mmol/dia) excretadas e analisadas na urina durante o período de digestibilidade, assim como a estimativa de N-microbiano (g N/dia) absorvidos pelos animais dos tratamentos TC e TCA não apresentaram diferença ($P > 0,05$). Porém, foi constatado diferença ($P<0,05$) na concentração de DP ($\mu\text{mol}/\text{dia}/\text{kg}^{0,75}$), com valores de 417,34 $\mu\text{mol}/\text{dia}/\text{kg}^{0,75}$ para o tratamento TC e 298,37 $\mu\text{mol}/\text{dia}/\text{kg}^{0,75}$ para o tratamento TCA, conforme Tabela 3.6.

Tabela 3.6. Concentração de derivados de purinas e estimativa de absorção de nitrogênio microbiano

Variáveis	Tratamentos		EPM	P
	TC	TCA		
DP (mmol/dia)	5,082 ^a	4,960 ^a	0,132	0,371
DP ($\mu\text{mol}/\text{dia}/\text{kg}^{0,75}$)	417,34 ^a	298,37 ^b	53,354	0,042
NM absorvido (g N/dia)	3,695 ^a	3,605 ^a	0,096	0,367

Derivados de purinas excretados na urina (DP); nitrogênio microbiano (NM); TC= Tratamento controle, TCA = Tratamento caroço de algodão; letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). EPM = erro padrão da média.

Em comparação ao estudo realizado com ovinos utilizando diferente dieta, Webster et al. (2003), com animais pesando de 32 a 38 kg no início do experimento, divididos em dietas semi-sintéticas experimentais, alimentadas em dois níveis (650 e 1000 g de matéria seca/dia), recebendo dietas nitrogenadas com diferentes taxas de degradação ruminal obtiveram valores entre 11,6 e 15,0 mmol/dia. Valores entre 3,605 e 3,695 g N/dia, foram observados, respectivamente entre TC e TCA, em relação ao nitrogênio microbiano absorvido.

O fluxo de N microbiano pode ter sido influenciado pelo volume de matéria seca, tipo de concentrado, proteína degradável no rúmen, ou pelo percentual de fibra em detergente neutro na dieta, de acordo com Firkins et al. (1998) e Rennó et al (2000)

3.8.6. Gossipol livre em líquido ruminal

Não foram detectados níveis de gossipol livre no líquido ruminal, de acordo com o nível de detecção da metodologia utilizada (limite de detecção = 10 $\mu\text{g}/\text{g}$). A ingestão de gossipol livre foi de 1,52 g/dia, proveniente do consumo de 851,4 g de caroço de algodão/dia.

Sgundo Mena et al. (2001) e Moreno Ferro et al. (2014), os ruminantes possuem a capacidade de metabolizar e excretar compostos indesejáveis, associado ao tempo de retenção do caroço de algodão no ambiente ruminal, o que permite a ligação com proteínas microbianas, proporcionando a detoxificação do gossipol livre no rúmen.

Estudo realizado por Ismartoyo (2012), utilizando método de análise do líquido ruminal, também não detectou a presença de gossipol livre nas amostras analisadas. E considerou que uma proporção de gossipol livre poderia estar eventualmente ligada à proteína, a outros componentes no rúmen ou liberados durante o processo de digestão.

3.8.7. Produção de metano entérico

A produção entérica média de CH₄ pelos animais de cada tratamento apresentaram valores diferentes entre si, em todas as variáveis analisadas. Em relação a produção de litros de CH₄ / dia, constatou-se valores de 23,28 lt para TC e 11,95 lt para TCA. Em adicional, o volume (lt) de emissão de CH₄ por Matéria seca consumida (MSc) e consumo de matéria orgânica degradável, demonstraram grande discrepância entre os tratamentos avaliados, com 20,57 e 9,31 (litros/Kg MSc), e 36,47 e 14,43 litros/Kg MODc, respectivamente entre tratamento TC e TCA. Os pesos médios dos animais em relação ao volume de metano produzido pelo tratamento TCA tiveram valores relativamente maiores, e apresentaram TC com 0,92 litros/Kg /PM e TCA com 1,67 litros/Kg /PM, conforme Tabela 3.6.

A produção de metano entérico dos animais foi disposta através do volume de CH₄ em litros produzidos por dia que nos animais do TCA apresentou valor inferior (11,95 litros/dia) comparado a TC (23,28 litros/dia). Em relação ao consumo foram observados valores de 9,31 e 20,57 litros/Kg de matéria seca consumida; e matéria orgânica digestível consumida 14,43 e 36,47 litros/Kg, respectivamente. No entanto, a produção de CH₄ pelo peso médio do animal foi observada a produção de 1,67 e 0,92 litros/kg.

Tabela 3.7. Produção entérica de Metano (CH₄) pelos animais confinados

Produção entérica de CH ₄	Tratamentos		EPM	P
	TC	TCA		
Litros/dia	23,28 ^a	11,95 ^b	0,976	<.0001
Litros/Kg MSc	20,57 ^a	9,31 ^b	1,056	<.0001
Litros/Kg MODc	36,47 ^a	14,43 ^b	2,289	<.0001
Litros/Kg /PM	0,92 ^b	1,67 ^a	0,069	<.0001

MSc = Matéria seca consumida; MODc = Matéria orgânica consumida; PM = peso médio; TC = Tratamento Controle e TCA = Tratamento Carvão de Algodão; Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente (Teste Tukey, P<0,05); EPM = erro padrão da média.

A influência da dieta na produção de GEE, foi demonstrada por Machado et al. (2011), que trabalhou com ovinos da raça Santa Inês com peso médio de 47,5 Kg, o qual avaliou a emissão de metano entérico dos animais alimentados com silagens de híbridos de sorgo em três diferentes estádios de maturação, em câmaras semi-abertas, observaram de 13,64 a 24,46 lt/dia de CH₄, e valores entre 11,70 e 17,60 g de CH₄/Kg de MS consumido.

Estudos realizados por Lima et al. (2013), avaliaram a emissão de CH₄ por dia, a emissão pelo consumo de matéria seca e a emissão por quilograma de peso, durante 5 dias de amostragem, utilizando 12 animais, da raça Santa Inês com idade média 4 anos e peso de 44,8 ± 7,5 kg, em fase de lactação tardia, alimentados com quatro dietas distintas, a base de milho moído, farelo de soja e uréia, e inclusão de 400 g de caroço de algodão integral, 400 g de torta de caroço de algodão e 400 gramas de farelo de algodão, respectivamente entre os grupos experimentais. Utilizando a técnica com o traçador Hexafluoreto de enxofre (SF₆), descrita por Johnson et al. (1994) com adaptações de Primavesi et al. (2004), demonstraram a produção de 12,34 g de CH₄/ dia, 11,47 g CH₄ /Kg de MSc e 0,265 de CH₄/Kg/peso.

Levando em consideração apenas os fatores de produção e a expressiva redução na emissão do gás de efeito estufa (CH₄), em relação ao tratamento controle, podemos pressupor que não houve implicação do desempenho dos animais em relação à dieta utilizando caroço de algodão.

3.9. Conclusão

A inclusão do caroço de algodão, substituindo o milho e soja em grão, em dietas com 60% de concentrado, proporcionou aumento na ingestão de alimentos, na digestibilidade média de nutrientes, e no metabolismo de nitrogênio; permitindo um ambiente propício às atividades dos microrganismos ruminais, evidenciado pelos parâmetros ruminais AGCC, pH e N-NH₃ e pelas avaliações da produção de CH₄; além da ausência de resíduos de gossipol livre no líquido ruminal (limite de detecção = 10 µg/g), de acordo com o consumo médio pelos animais de 1,52 g/dia de gossipol livre, no entanto, os animais do grupo tratado com caroço de algodão apresentaram ganho de peso menor em relação à dieta controle utilizada.

Referências

ABDALLA, A. L. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. spe, p. 260-268, 2008.

ABDALLA, A. L. et al. In vitro evaluation, in vivo quantification, and microbial diversity studies of nutritional strategies for reducing enteric methane production. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 44, n. 5, p. 953-964, 2012.

ABDALLA FILHO, A. L.. Gas production, microbial synthesis by radio phosphorus and digestibility of babassu and mofumbo in sheep diets. 2015.

ASKAR, A. R. et al. Rumen digestion and microbial protein synthesis by growing lambs fed high-concentrate diets: Effects of cereal processing and animal age. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 142, n. 3, p. 292-305, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of the AOAC**. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of the AOAC**. 18. ed. Arlington: AOAC International, 2011.

BALCELLS, J. et al. Simultaneous determination of allantoin and oxypurines in biological fluids by high-performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 575, n. 1, p. 153-157, 1992.

BERCHIELLI, T. T.; VEGA-GARCIA, A.; OLIVEIRA, S. G. Principais técnicas de avaliação aplicadas em estudo de nutrição. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Ed.). **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. p. 565-600.

BROSH, A.; HOLTZER, Z.; LEVY, D. Cottonseed for protein and energy supplementary of high-roughage diets for beef cattle. **Animal Production**, Penicuik, v. 48, n. 3, p. 513-518, 1989.

CARVALHO, S. et al. Desempenho e avaliação econômica da alimentação de cordeiros confinados com dietas contendo diferentes relações volumoso:concentrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 5, p. 1411-1417, 2007.

CHURCH, D.C. **El ruminant: fisiologia digestiva y nutricion**. Zaragoza: Ed. Acribia, 1993. 630 p.

CHURCH, D. C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. Englewood Cliffs: O & B Books, 1988.

CHURCH, D. C.; CHURCH, D. C. **The ruminant animal: digestive physiology and nutrition**. Long Grove, Il.: Waveland Press, 1988.

COSTA, D. A. da et al. Consumo e digestibilidade de dietas com níveis de torta de dendê para ovinos1. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 11, n. 3, p. 783-792, 2010.

CRAMPTON, E. W.; DONEFER, E.; LEOYD, L. E. A nutritive value index for forages. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 19, n. 2, p. 548-544, 1960.

CUNHA, M. das G. G. et al. Desempenho e digestibilidade aparente em ovinos confinados alimentados com dietas contendo níveis crescentes de caroço de algodão integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 1103-1111, 2008.

CZAUADERNA, M.; KOWALCZYK, J. Quantification of allantoin, uric acid, xanthine and hypoxanthine in ovine urine by high-performance liquid chromatography and photodiode array detection. **Journal of Chromatography B**, Amsterdam, v. 744, n. 1, p. 129-138, 2000.

ECKARD, R. J.; GRAINGER, C.; DE KLEIN, C. A. M. Options for the abatement of methane and nitrous oxide from ruminant production: a review. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 130, n. 1, p. 47-56, 2010.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Gossypol as Undesirable Substance in Animal Feed. **The EFSA Journal**, Parma, v. 908, p. 1-55, 2008.

FIRKINS, J. L. et al. Modeling ruminal digestibility of carbohydrates and microbial protein flow to the duodenum. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 81, n. 12, p. 3350-3369, 1998.

GOMES, R. da C.; FEIJÓ, G. L. D.; CHIARI, L. **Evolução e qualidade da pecuária brasileira**. Nota Técnica. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2017. 4 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/21470602/EvolucaoQualidadePecuaria.pdf>. Acesso em: 10 maio 2017.

GORDON, H. M., WHITLOCK, H. V. A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces. **Journal of Council of Science and Industry Research**, New Delhi, v. 12, n. 1, p. 50-52, 1939.

ISMARTOYO, I. Analysis of gossypol in whole cottonseed and rumen fluid by HPLC. In: GARLAND, T.; BARR, A. C. (Ed.). **Toxic plants and other natural toxicants**. New York: CAB International, 2012. p. 97-100.

RUFINO JUNIOR, J R. et al. Carvão de algodão em dietas sem volumoso para cordeiros confinados. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 2727-2738, 2015.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciencia; Editora UFSM, 2017. 140 p.

LUGINBUHL, J. M.; POORE, M. H.; CONRAD, A. P. Effect of level of whole cottonseed on intake, digestibility, and performance of growing male goats fed hay-based diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 78, n. 6, p. 1677-1683, 2000.

MACHADO, F. S. et al. Emissão de metano entérico por ovinos alimentados com silagens de sorgo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2011, Belém. **O desenvolvimento da produção animal e a responsabilidade frente a novos desafios: anais**. Belém: SBZ, 2011.

MENA, H. et al. The effects of varying gossypol intake from whole cottonseed and cottonseed meal on lactation and blood parameters in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 87, p. 2506-2518, 2004.

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**, Arlington, v. 85, n. 6, p. 1217-1240, 2002.

MOORE, J. A.; POORE, M. H.; POND, K. R. Performance of lambs fed varying levels of whole cottonseed. **Journal of Animal Science**, Chamapign, v.72, p. 382, 1994. Suppl. 1.

MORENO FERRO, M.; DE MOURA, D. C.; GERON, L. J. V. Compostos secundarios em co-produtos industriais. **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 12, n. 1, p. 87-100, 2014.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrition requirements of small ruminates: sheep, goats, cervids and world camelids**. Washington, DC: The National Academy of Science Press, 2007.

PALMQUIST, D. L. The feeding values of fat. In: TRIBE, E.; ORSKOV, R. (Ed.). **World animal science (Feedstuffs)**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1988.

PIMPA, O.; BALCELLS, J. Estimation of rumen microbial protein supply from urinary purine derivatives. In: IAEA/RCA TRAINING WORKSHOP, 2002. Selangor Darul Ehsan, Malaysia: University Putra Malaysia, 2002.

PRESTON, T. R. **Tropical animal feeding: a manual for research workers**. Rome: FAO, 1995.

RENNÓ, L. N. et al. Estimativa da produção de proteína microbiana pelos derivados de purinas na urina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 1223-1234, 2000.

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**, Lancaster, v. 75, n. 10, p. 2787-2798, 1992.

ROGÉRIO, M. C. P. et al. Uso do caroço de algodão na alimentação de ruminantes. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, Umuarama, v. 6, n. 1, p. 85-90, 2003.

ROGÉRIO, M. C. P. 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**, Belo Horizonte, v. 56, n. 5, p. 665-670, 2004.

ROMERO, A. C. **Resíduos da produção de biodiesel: avaliação de moléculas bioativas e potencial de aplicação na alimentação animal**. 2013. 113 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

ROMERO, A.C; ABDALLA A.L.; LOUVANDINI, H.; CARRARA, C.; Development and validation of methodology by hplc for quantification of free gossypol in meat intended for human consumption. **Euro Food Chem XVIII**, October 13-16, Madrid, Spain, 2015.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.

UDÉN, P.; VAN SOEST, P. J. The determination of digesta particle size in some herbivores. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 7, n. 1, p. 35-44, 1982.

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

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VARGAS, L. H. et al. Influência de Rumensin®, óleo de soja e níveis de concentrado sobre o consumo e os parâmetros fermentativos ruminais em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, p. 1650-1658, 2001.

ZHANG, W.-J. et al. Advances in gossypol toxicity and processing effects of whole cottonseed in dairy cows feeding. **Livestock Science**, Amsterdam, v. 111, n. 1, p. 1-9, 2007.

ZEOULA, L. M. et al. Substituição do milho pela farinha de varredura de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) em rações de ovinos: consumo, digestibilidade, balanços de nitrogênio e energia e parâmetros ruminais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 491-502, 2003.

WANG, M.Z. Analysis of gossypol by high performance liquid chromatography. **Journal of Ethnopharmacology**, Lausanne, v. 20, p. 1-11, 1987.

WARREN, H. M. et al. The value of whole cottonseed in a wheat-based maintenance ration for sheep. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 28, n. 4, p. 453-458, 1988.

WEBSTER, A. J. F. et al. Purine excretion and estimated microbial protein yield in sheep fed diets differing in protein degradability. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 105, n. 1, p. 123-134, 2003.

4. QUALIDADE DA CARÇA DE OVINOS SUPLEMENTADOS COM CAROÇO DE ALGODÃO

Resumo

Objetivou-se com este estudo avaliar os parâmetros de rendimento da carcaça e a qualidade da carne de ovinos alimentados com caroço de algodão. Em um ensaio de desempenho, 16 ovinos da raça Santa Inês, massa corporal inicial de $44 \pm 4,7$ kg e idade média de 18 ± 2 meses, foram divididos em dois grupos para receberem duas dietas diferentes, sem caroço de algodão, tratamento controle (TC) e tratamento com caroço de algodão (TCA). As dietas foram oferecidas diariamente em dois períodos, constituída por 40% de feno de Tifton (*Cynodon spp*) e 60% de concentrado (50 % milho em grãos e 50% soja em grãos , e 100% de caroço de algodão integral, respectivamente para TC e TCA). Decorridos os 70 dias do ensaio de desempenho, os animais permaneceram em jejum de sólidos (16h), em seguida foram abatidos através da insensibilização por eletronarcose, seccionadas as veias jugulares e as artérias carótidas para sangria e esfola. Determinados os parâmetros físico-químico, de rendimento da carcaça, qualidade da carne, avaliação centesimal e gossipol livre na carne (músculo *Longissimus dorsi*) e fígado. O peso vivo ao abate não apresentou diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos, assim como os parâmetros de PCQ, PCF e perdas por resfriamento. Analisando os cortes comerciais, provenientes da meia-carcaça direita, não foram constatadas diferenças. Também não houve diferença significativa entre os tratamentos TC e TCA, para as variáveis físico-químicas quanto a temperatura, pH, cor e luminosidade. Além da composição centesimal da carne entre os tratamentos TC e TCA. Não foi constatado a presença de gossipol livre nas amostras de tecido muscular e fígado. Conclui-se que o abate dos animais da raça Santa Inês em semelhantes estágios fisiológicos, utilizando dietas distintas, não promoveu alterações e teve coerência em relação à de acordo com os aspectos de qualidade da carne de ovinos, pode ser sugerido a inclusão segura de até 60% de caroço de algodão integral com linter no período de terminação, em substituição ao concentrado à base de milho seco e soja em grão, sem ocasionar casos de intoxicação, alterações da carcaça e portanto sem riscos ao consumo e à saúde humana.

Palavras-chave: Qualidade da carne. Composição centesimal. *Longissimus Dorsi*.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the parameters of carcass and meat quality of lamb fed by cottonseed meal. In a performance test, 16 Santa Inês breed sheep, initial body mass of 44 ± 4.7 kg and average age of 18 ± 2 months, were divided into two groups to receive two different diets, without cottonseed, control treatment (TC) and treatment with cottonseed (TCA). Diets were offered daily in two periods, comprising 40% of Tifton hay (*Cynodon* spp.) and 60% concentrate (50% corn grain and 50% soybean meal, and 100% of cottonseed, respectively for TC and TCA). After 70 days, the animals remained fasted (16h), then slaughtered by electrosurgical desensitization, the jugular veins and carotid arteries were separated for bleeding and skinning. Physicochemical parameters, carcass yield, meat quality, centesimal evaluation and free gossypol in meat (*Longissimus dorsi* muscle) and liver were determined. The live weight at slaughter of the animals did not show a significant difference ($P > 0.05$) between the treatments, as well as the parameters of warm carcass and cold carcass weight and losses due to cooling. Analyzing the commercial cuts from the right half carcass, no differences were found. There was also no significant difference between TC and TCA treatments for the physico-chemical variables regarding temperature, pH, color and luminosity of meat, also the centesimal composition of the meat between the TC and TCA treatments. Were not detect the presence of free gossypol in muscle and liver samples. It was concluded that the slaughtering of the Santa Inês animals in similar physiological stages, using different feeds, did not promote changes and was coherent in relation to the quality aspects of the meat. Safe inclusion of up to 60% of integral cottonseed in the termination period feed, replacing the concentrate by dry corn and soybeans, show not signs of intoxication, carcass changes and therefore no risks to consumption and human health.

Keywords: Meat quality. Proximate composition. *Longissimus Dorsi*.

4.1. Introdução

A carne (carcaça) pode ser definida como o produto constituído pelos tecidos musculares, conjuntivo, epitelial, ósseo, adiposo, além de órgãos e tecidos que possam ser classificados como comestíveis pelos humanos, provenientes das diferentes espécies de animais domésticos ou selvagens, que no momento do abate apresentem boas condições de saúde, certificado quanto a sua segurança higiênico-sanitária, e que não venha a comprometer ou trazer riscos à saúde do consumidor (PARDI et al., 1993; LAWRIE, 2005; BRASIL, 1997).

Segundo a FAO (2014), a qualidade da carne pode ser definida e distinguida por diversos atributos, entre eles a composição físico-química, palatabilidade, aspecto visual, cheiro, firmeza, suculência, textura e sabor.

Nutricionalmente a carne é fundamental para alimentação humana, devido sua rica constituição de proteínas de alta qualidade, possuindo todos os aminoácidos essenciais, além de ácidos graxos, minerais biodisponíveis e vitaminas (USDA, 2011).

A produção mundial de carne deverá ser duplicada até 2050 para atender a demanda, impulsionada pelo aumento populacional e da renda, ao mesmo tempo devido as mudanças no perfil de consumo alimentar das populações, principalmente nos países em desenvolvimento, proporcionando uma importante oportunidade de desenvolvimento pecuário, de comercialização e processamento dos produtos de origem animal (FAO, 2016).

Ainda, segundo a FAO (2014), a garantia de segurança e qualidade da carne exige efetivamente do controle em toda a cadeia produtiva, partindo do pecuarista, com animais aparentemente saudáveis e fisiologicamente normais, até o abate, manipulação e armazenamento adequado dos produtos de origem animal, garantindo produtos apropriados ao consumo humano (FAO, 2014).

Considerando a insuficiência de metodologias validadas para padronização e verificação quanto à presença de gossipol livre em amostras de tecidos musculares (carnes) e órgãos, provenientes de animais ruminantes alimentados com altas concentrações de caroço de algodão, que por ventura são comercializados e consumidos pela população, e que porventura poderia causar riscos à saúde dos consumidores, devido à falta de conhecimento e controle efetivo da presença da molécula tóxica no produto de origem animal consumido.

Objetivou-se com este estudo realizar análises quanto a qualidade da carne (carcaça) em relação aos parâmetros centesimais, físico-químicos e de rendimento de carcaça, além de análises para identificação de gossipol livre em amostras de carne (músculo *Longissimus dorsi*) e fígado de ovinos.

4.2. Materiais e Métodos

4.2.1. Procedimentos de abate e análises realizadas

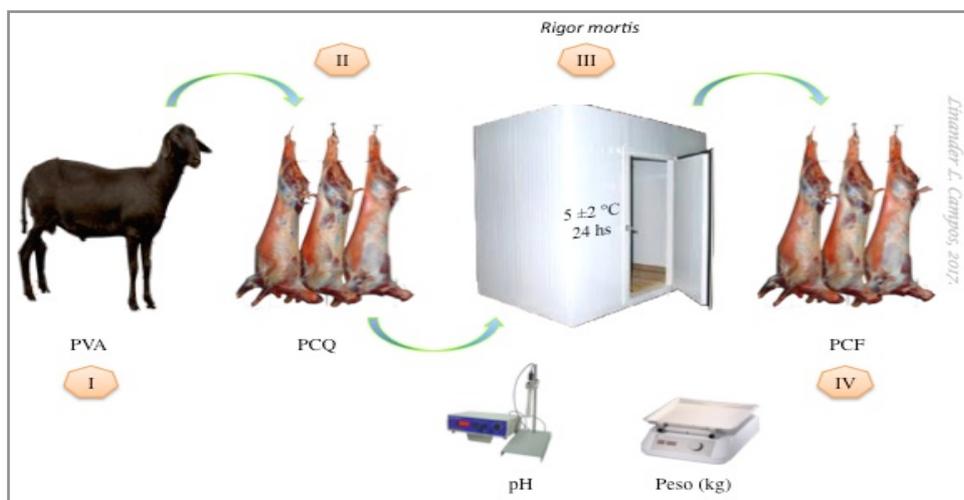
Os procedimentos de abate foram realizados no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da Universidade de São Paulo (USP), localizado no município de Piracicaba-SP. Todos os procedimentos foram previamente aprovados pela Comissão Interna de Ética Ambiental e Experimentação Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Protocolo nº 009-2016.

Decorridos 70 dias após o início do experimento, incluindo o período adaptativo aonde os animais tiveram contato com a dieta experimental, e anteriormente ao abate, os animais permaneceram em jejum de sólidos recebendo água *ad libitum* por um período de 16 horas, e posteriormente foram pesados ainda vivos para determinação do peso vivo ao abate (PVA).

O abate transcorreu através da insensibilização por meio de eletronarcose, e imediatamente seccionadas as veias jugulares e as artérias carótidas para sangria dos animais, levando em consideração a intercalagem entre os animais dos diferentes grupos. Após esfolagem, evisceração e retirada das extremidades (patas) e cabeça, as carcaças foram imediatamente pesadas, em balança eletrônica com precisão de 5 g, para obtenção do peso da carcaça quente (PCQ) e mensurados o pH, utilizando-se o potenciômetro digital com eletrodo Mettler Toledo (Tecnal® modelo TEC-2, Brasil), efetuando-se três medidas em cada local, com o eletrodo introduzido nos músculos *Semimembranosus* da perna e *Longissimus lumborum* do lombo no lado direito da carcaça (Figura 4.1).

As carcaças foram transferidas para câmara fria a temperatura de 5 ± 2 °C por 24 horas, suspensas pelas articulações *tarsometatarsianas* por ganchos de aço, envoltas em sacos plásticos transparentes, para estabelecimento do *rigor mortis*, reduzindo a perda de umidade superficial durante o resfriamento. Em seguida, foram determinados novamente o pH e a pesagem da carcaça, para obtenção do peso da carcaça fria (PCF), conforme Figura 4.1.

Os rendimentos de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF) e perda de peso no resfriamento (PPR), foram calculados de acordo com as formulas:



$$RCQ = (PCQ / PVA) \times 100$$

$$RCF = (PCF / PVA) \times 100$$

$$PPR = [(PCQ - PCF) / PCQ] \times 100$$

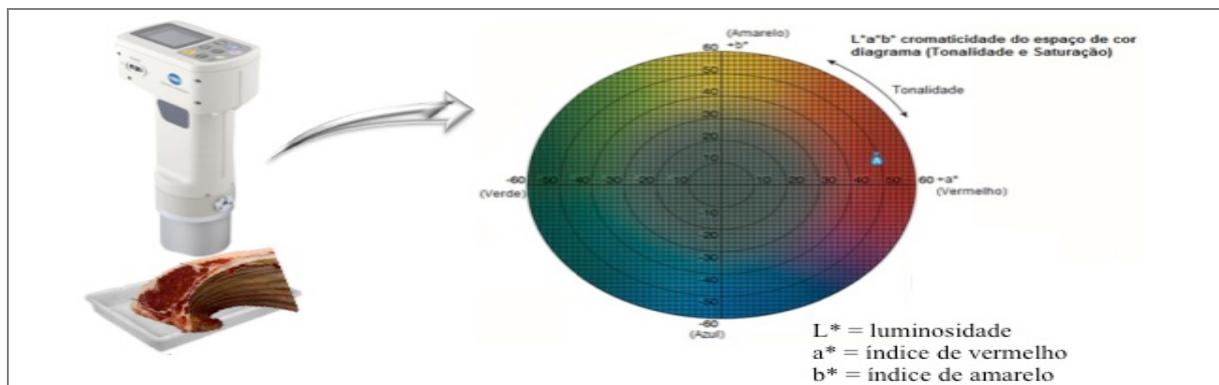
Figura 4.1. Obtenção *do rigor mortis*, rendimento da carcaça e pH

RCQ = rendimentos de carcaça quente; RCF = rendimento de carcaça fria; pH.

Ao final dos procedimentos *post-mortem*, as carcaças foram divididas longitudinalmente em duas meias-carcaças, de modo que a metade direita foi seccionada em seis regiões anatômicas: paleta, pescoço, costelas, barriga, lombo e pernil; devidamente identificados, subdivididas e armazenadas em embalagens plásticas e congelados -20 °C, para posteriores realizações das análises de qualidade da carne.

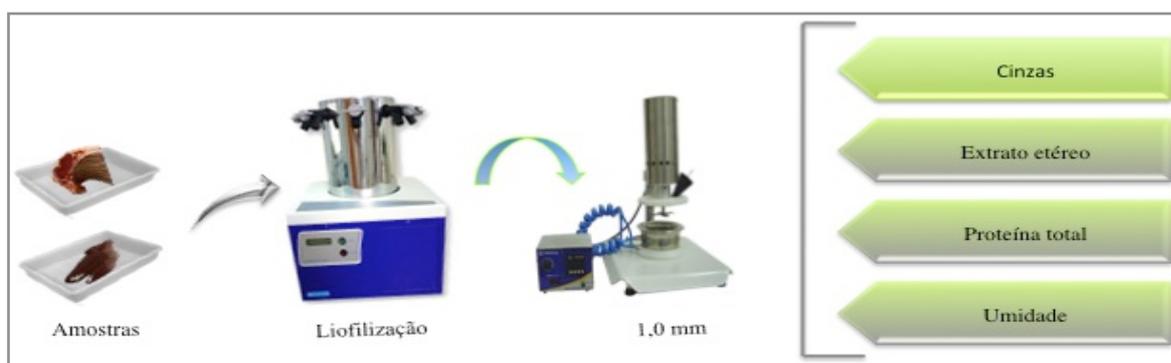
O músculo *Longissimus dorsi* foi utilizado para a análise físico-química de cor, através do aparelho Minolta Chrome Meter (modelo CR-10, MINOLTA®, Japão), empregando-se o sistema CIELAB, determinando-se as coordenadas L*- luminosidade, a*- índice de vermelho e b*- índice de amarelo (MILTENBURG et al., 1992), pela realização de três leituras em pontos distintos da amostra (medial, central e lateral) e a média das coordenada (Figura 4.2).

Figura 4.2. Análise físico-química de cor da carne (músculo *Longissimus dorsi*)



A análise da composição centesimal da carne (carcaça direita), iniciou-se pela retirada da gordura externa visível, em seguida, pesadas em balança digital de precisão de 5g, e submetidas ao processo de liofilização, até que ocorresse a retirada total da água ou peso constante da amostra (aproximadamente 72h). Em seguida, realizou-se a homogeneização, em multiprocessador multi-uso com sistema de refrigeração TE-631/4 (Tecnal, São Paulo, Brasil), e realizadas as determinações de umidade, cinzas, proteína total e extrato etéreo, de acordo com as normas da AOAC (2011), conforme Figura 4.3.

Figura 4.3. Análises centesimal da carne (carcaça direita)



4.2.1.1 Umidade e Cinzas

Para todas as amostras foram determinados os valores de umidade/matéria seca pela secagem à 105°C por 24h e cinzas/matéria mineral (MM) por incineração a 550 °C por 5h, segundo metodologia de Silva e Queiroz (2002) e AOAC (2011).

4.2.1.2 Teor de nitrogênio (Proteína total)

O teor de nitrogênio (N) total foi realizado pelo método micro-Kjeldahl, segundo AOAC (2011), utilizando destilador de nitrogênio/proteína com indicadores visuais de aquecimento e nível da caldeira (Tecnal[®] modelo TE-0364, Brasil). Após digestão da amostra, em solução digestora ácida, seguida pela destilação com solução de hidróxido de sódio (NaOH 12N), coletado após a evaporação em solução de ácido bórico 2% (H₃BO₃). Em seguida, titulada com solução de ácido sulfúrico (0,05N). O total de proteína total foi calculado, conforme equação:

$$\% \text{PT} = [(0,05 \times 0,014 \times 100) \times \text{ml } \text{ác. sulfúrico}] \times 6,25 / \text{peso da amostra (g)}$$

4.2.1.3 Extrato Etéreo

A determinação do extrato etéreo foi realizada através do sistema para determinação de gordura TE-044-8/50 - extrator Soxhlet (Tecnal, São Paulo, Brasil), e utilizando éter etílico P.A como solvente. Conforme equação:

$$\% \text{EE g} = (P1 - P) / \text{peso amt (g)}$$

4.2.1.4 Análise de gossipol livre

A análise de gossipol livre em tecido muscular (músculo *Longissimus dorsi*) e fígado foram realizadas conforme descrito por Romero et al. (2015). Foram utilizados 1,0 e 2,0 g do material (fígado e músculo, respectivamente) resfriados, previamente moído e homogeneizado, utilizando-se multiprocessador multi-uso com sistema de refrigeração TE-631/4 (Tecnal, São Paulo, Brasil), adicionados 6 mL de Acetonitrila-HAOc + Acetato de Etila (5:1 v/v) e sonicados por 25 minutos. Posteriormente, as amostras foram filtradas, secas e redissolvidas para a realização da análise cromatográfica, conforme realizado por Romero (2013), para gossipol livre em caroço de algodão. A fase móvel foi composta por Metanol:Água (70:30, v/v) e Clorofórmio (80:20), com a detecção do gossipol livre à 254 nm (Figura 4.4).

Figura 4.4. Procedimentos para a análise gossipol livre em tecido muscular e fígado



4.3. Análise Estatística

Todas as variáveis analisadas foram submetidas à análise de variância seguida pelo teste de Tukey. Utilizando-se ANOVA do pacote estatístico SAS[®] 9.2. (SAS Institute Inc., Cary NC, EUA), considerando como significativos valores de probabilidade inferiores a 5% ($P < 0,05$).

4.4. Resultados e Discussão

4.4.1. Características e rendimentos de carcaça

O peso vivo ao abate (PVA) não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tratamentos, assim como os parâmetros de peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça fria (PCF) e perdas por resfriamento. No entanto, ficou constatada diferença significativa ($P < 0,05$) para as variáveis rendimento de carcaça quente (RCQ) e rendimento de carcaça fria (RCF), conforme Tabela 4.1.

Tanto as avaliações quanto as características da carcaça são fundamentais para obtenção de dados importantes como: pesos, rendimentos, medidas bem como a qualidade e valor comercial, de acordo com RIBEIRO et al., 2012; LIMA et al., 2012.

Tabela 4.1 - Características e rendimentos de carcaça de ovinos entre os Tratamentos

Parâmetros	Tratamentos		EPM	P
	TC	TCA		
Peso Vivo ao Abate (Kg)	49,06	46,06	4,282	0,497
Peso de Carcaça Quente (Kg)	23,69	19,69	2,241	0,100
Peso de Carcaça Fria (Kg)	22,47	19,31	1,960	0,132
Rendimento de Carcaça Quente (%)	48,11 ^a	42,62 ^b	1,059	0,000
Rendimento de Carcaça Fria (%)	45,83 ^a	41,79 ^b	0,792	0,000
Perdas por Resfriamento (%)	2,23	0,83	0,908	0,148

TC = Tratamento Controle e TCA = Tratamento Carvão de Algodão; Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente (Teste Tukey, P<0,05); EPM = erro padrão da média.

O peso vivo antes do abate (PVA), após o jejum sólido de 16 horas dos animais, apresentaram valores médios de 49,06 e 46,06 Kg. Os pesos de carcaça quente (PCQ) e peso de carcaça fria (PCF) apresentaram pesos de 23,69 e 19,69 Kg; e 45,83 e 41,79 Kg para TC e TCA. Enquanto que as perdas por resfriamento não demonstraram tais diferenças, e valores de 2,23% para TC e 0,83% para TCA. No entanto, os parâmetros de rendimento da carcaça quente (RCQ) e rendimento da carcaça fria (RCF) apresentaram 48,11% e 42,62% para RCQ, e 45,83% e 41,79% para RCF, respectivamente. (Tabela 4.1).

A diferença de peso após o *rigor mortis*, constatado pela perda por resfriamento e rendimento da carcaça, pode ser explicado pela diferença na conformidade e cobertura de gordura, propiciado pela dieta, explicado segundo Cunha (2008).

A influência de raça e peso dos animais no rendimento da carcaça foram evidenciadas por Ruiz De Huidobro e Cañeque (1993), trabalhando com a raça Manchega, os quais obtiveram maiores rendimentos de carcaça nos animais com menor peso corporal (15 kg), em comparação aos animais entre 25 e 35 kg de peso corporal. Enquanto que, experimentos com animais com pesos entre 16,2 e 21,5 kg apresentaram rendimento da carcaça verdadeira entre 43,55% e 40,89%. E animais com pesos corporais entre 21,6 e 26,9 kg apresentaram rendimentos de carcaça entre 40,16% e 37,25%. Por fim, animais entre 27,0 e 32,0 kg de peso corporal apresentaram rendimentos de 39,99% e 36,97%, respectivamente.

Tabela 4.2 Pesos e porcentagem dos cortes comerciais dentro das meia carcaças direita de ovinos entre os Tratamentos Controle e Caroço de Algodão

Parâmetros (Kg)	Tratamentos			
	TC	TCA	EPM	P
Barriga (Kg)	0,951 ^a	0,653 ^a	0,1396	0,054
Carré	1,436 ^a	1,182 ^a	0,1316	0,078
Costela	1,768 ^a	1,431 ^a	0,2170	0,146
Lombo	0,876 ^a	0,975 ^a	0,1840	0,598
Paleta	2,032 ^a	1,819 ^a	0,9949	0,186
Pernil	3,143 ^a	2,745 ^a	0,1519	0,152
Pescoço	0,932 ^a	0,800 ^a	0,1108	0,253
Parâmetros (%)				
Barriga	8,28 ^a	6,75 ^a	0,739	0,061
Carré	12,77 ^a	12,52 ^a	1,137	0,834
Costela	15,55 ^a	14,66 ^a	0,765	0,270
Lombo	9,01 ^a	10,20 ^a	0,944	0,232
Paleta	18,10 ^a	19,03 ^a	0,514	0,092
Pernil	28,20 ^a	28,55 ^a	0,987	0,722
Pescoço	8,25 ^a	8,25 ^a	0,603	0,999

TC = Tratamento Controle e TCA = Tratamento Caroço de Algodão; Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente (Teste Tukey, $P < 0,05$); EPM = erro padrão da média.

De acordo com Warmington e Kirton (1990), a nutrição interfere significativamente sobre o parâmetro de rendimento de carcaça, e está correlacionado principalmente às alterações no peso do conteúdo gastrintestinal e dos órgãos internos do animal, devido à restrição quantitativa e o acréscimo dos níveis de fibra dietética, que promovem um tempo de retenção maior no trato digestório, ocasionando menor rendimento de carcaça.

De acordo com Osório et al. (1998) o aumento de idade dos ovinos promovem uma remodelação da morfologia animal, com o crescimento substancial quanto a espessura dos planos musculares em relação as epífises ósseas dos mesmos. Portanto, era previsto uma maior compacidade corporal nos animais devido à idade dos animais utilizados no experimento, resultando nos números atingidos no presente estudo, aonde ambos os tratamentos possuíam animais com idade média semelhantes de aproximadamente 18 meses.

Segundo Pilar (2002), os cortes que integram a carcaça apresentam valores comerciais distintos e sua proporção representa um notável indicador para a avaliação da carcaça. De acordo com Nóbrega et al. (2013) e Selaive-Villaroel e Osório (2014), a parcela comestível da carcaça pode ser descoberta através da análise da composição tecidual, através da análise dos cortes da carcaça e seu rendimento.

Analisando os cortes comerciais, provenientes da meia-carcaça direita entre os tratamentos TC e TCA, para os cortes denominados barriga, carré, costela, lombo, paleta, pernil e pescoço, os valores de TCA apresentaram as menores médias. Os pesos encontrados foram: barriga (0,95 e 0,65 Kg), carré (1,43 e 1,18 Kg), costela (1,76 e 1,43 Kg), lombo (0,87 e 0,97 Kg), paleta (2,03 e 1,81 Kg), pernil (3,14 e 2,74 Kg) e pescoço (0,95 e 0,65 Kg), respectivamente. A avaliação dos rendimentos médios dos cortes não demonstrou diferença estatisticamente ($P>0,05$) entre os tratamentos TC e TCA, as médias obtidas foram: barriga (8,28% e 6,75%), carré (12,77% e 12,52%), costela (15,55% e 14,66%), lombo (9,01% e 10,20%), paleta (18,10% e 19,03%), pernil (18,10% e 19,03%), e somente pescoço (8,25% e 8,25%) apresentaram valores semelhantes, respectivamente entre os tratamentos TC e TCA (Tabela 4.2).

4.4.2. Aspectos relacionados a qualidade da carne

Não houve diferença entre os tratamentos TC e TCA, para as variáveis físico-químicas quanto as temperaturas (0h e 24h), pH (0h e 24h), cor (a^* e b^*) e luminosidade (L^*). Foram observadas temperaturas médias de 32,67 e 32,69°C na primeira hora após o abate dos animais e 9,67 e 9,68°C às 24 horas após o *rigor mortis* (Tabela 4.3).

Temperaturas médias inicial e final de 33,1°C e 6,9°C, respectivamente, foram descritas por Costa et al. (2011), na carne de cordeiros alimentados com diferentes dietas.

Tabela 4.3. Análise físico-química da carcaça

Variáveis	Tratamentos			
	TC	TCA	EPM	P
Temperatura 0 h (°C)	32,67	32,69	0,088	0,641
Temperatura 24 h (°C)	9,67	9,68	0,046	0,976
pH 0 h	6,41	6,49	0,045	0,094
pH 24 h	5,66	5,60	0,029	0,096
L*	37,45	40,04	2,368	0,294
Cor a*	12,88	12,54	1,178	0,773
b*	13,29	11,03	1,440	0,143

TC = Tratamento Controle e TCA = Tratamento Carço de Algodão; Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente (Teste Tukey, $P < 0,05$); EPM = erro padrão da média.

A temperatura da carne pode aumentar ou retardar a queda do pH, consequentemente influenciando outros parâmetros de qualidade. Sendo que, após o abate do animal, o processo bioquímico da via de condução energética do músculo é convertido em glicogênio láctico, propiciando o desenvolvimento do *rigor mortis* e a consequente redução do pH. O potencial de hidrogênio desempenha um importantíssimo parâmetro *post mortem*, com influência indireta sobre a contração, proteólise, desnaturação proteica e demais indicadores que participam na transformação do músculo em carne, e consequentemente na estrutura e qualidade do produto final e seus derivados (HOPKINS; FOGARTY, 1998; OSÓRIO; OSÓRIO, 2003; RAMOS; GOMIDE, 2009).

Não foram constatadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre os tratamentos TC e TCA para a variável pH; que revelaram valores de 6,41 a 6,49 na primeira hora após o abate e de 5,66 a 5,60 nas 24 horas após o abate, respectivamente (Tabela 4.3).

Supostamente, segundo Silva Sobrinho (2005), devido à composição das dietas, peso, idade e raça dos animais não esperava-se disparidade entre os tratamentos, em relação aos valores de referência para a espécie animal. Que segundo Prates (2000); Silva Sobrinho et al. (2005) e Dutson (1983), o pH final encontra-se entre 5,5 a 5,8, encontrados, ainda, valores acima de 6,0, caso ocorra depleção dos depósitos de glicogênio muscular no pré-abate.

Young et al. (2004) e Ramos e Gomide (2007), avaliando a carne de cordeiros apresentaram de pH entre 5,4 e 5,6, e salientaram a confirmação de que valores normais de queda do pH da carcaça sugere que outros parâmetros como capacidade de retenção de água, sabor, cor e textura apresentarão resultados dentro da normalidade e das propriedades desejáveis para a qualidade da carne.

Permanentemente, os pigmentos responsáveis pela cor característica do tecido muscular, popularmente conhecido como carne, é caracterizado pela formação da mioglobina e a hemoglobina presente no sangue, que retém o oxigênio nos tecidos, e conseqüentemente devido seu estado de oxigenação ou oxidação na superfície do músculo, determinando a pigmentação e o parâmetro de qualidade da carne mais significativo, variando nos músculos durante o crescimento constituindo o critério essencial à aquisição e consumo. Podendo sofrer significativas influências quanto à forma química, com redução nos níveis de ferro (Fe), possuindo oximioglobina de coloração vermelha brilhante, ou marrom quando submetidas à baixas pressões de oxigênio ou na presença de substâncias oxidantes (GAO et al., 2014; TROUT, 1988; COSTA et al., 2011; PINHEIRO et al., 2009).

O parâmetro de cor analisado neste estudo não apresentou diferença ($P > 0,05$) entre as dietas TC e TCA, apresentando como resultados médios L^* (teor de luminosidade) = 37,45 e 40,04, a^* (teor de vermelho) = 12,88 e 12,54, e b^* (teor de amarelo) = 13,29 e 11,03, somente a variável amarela (b^*) apresentou valores médios de coloração diferentes dos encontrados em outros estudos para a espécie. (Tabela 4.3).

Segundo Bressan et al. (2001) a carne de ovinos apresenta valores médios de $L^* = 31,36$ a $38,0$, $a^* = 12,27$ a $18,01$ e $b^* = 3,34$ a $5,65$. Souza et al. (2004) avaliaram a cor da carne, oriundo do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros abatidos aos 25 kg de peso corporal e encontraram valores de L^* de 33,64. Fernandes et al. (2008), constataram que os pigmentos inclusos na fração volumosa consumida pelo ruminante pode influenciar o parâmetro b^* da carne, demonstrando desta maneira a possível diferença entre os tratamentos analisados no presente estudo.

Vieira et al. (2010) avaliaram a qualidade da carne de cordeiros da raça Santa Inês e verificou com a adição de diferentes níveis de caroço de algodão integral na dieta dos animais apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) somente para o parâmetro de cor (a^* e b^*) da carne, enquanto que as médias de luminosidade (L^*) apresentaram valores entre 47,4 até 50,5 com a adição de 40% de caroço. Sañudo et al. (2000) observaram a ocorrência de variações de $L^* = 30,03$ a $49,47$, de $a^* = 8,24$ a $23,53$ e cerca de 3,38 a 11,10 para b^* .

Costa et al. (2011) encontraram valores de b^* igual a 17,2 avaliando carne de cordeiros da raça Morada Nova alimentados em pasto de Caatinga nativa. Todavia, não foram constatadas diferença nos parâmetros L^* e a^* da carne de ovelhas submetidas a diferentes tratamentos, utilizando volumoso feno de *Brachiaria brizantha* moído, e concentrado composto por farelo de soja (44,57%), milho moído (54,27%), e apresentaram médias de 38,26 e 16,37, para L^* e a^* , respectivamente, em experimento realizado por Zeola et al. (2004); comprovando que a dieta não poderia ser descrita como o fator determinante para luminosidade (L^*) e cor (a^*).

Tabela 4.4. Avaliação centesimal da carne (carcaça direita)

Variáveis	Tratamentos			
	TC	TCA	EPM	P
Umidade %	74,69	74,72	0,058	0,337
Cinzas %	1,04	1,03	0,003	0,001
Proteínas %	19,61	19,54	0,005	0,001
Lipídeos %	2,25	2,11	0,008	0,001

TC = Tratamento Controle e TCA = Tratamento Caroço de Algodão; Médias seguidas de letras diferentes nas linhas diferem estatisticamente (Teste Tukey, $P < 0,05$); EPM = erro padrão da média.

Não foram constatados efeitos significativos entre as análises de composição centesimal da carne (músculo *Longissimus dorsi*), entre os tratamentos TC e TCA, sobre os teores de umidade, matéria mineral (cinzas), proteína e lipídios (Tabela 4.4).

Os percentuais de umidade apresentaram valores médios de 74,69 e 74,72%, cinzas 1,04 e 1,03%, proteínas 19,61 e 19,54%, e lipídeos 2,25 e 2,11%, respectivamente.

Segundo Sañudo (2002) a qualidade da carne ovina assim como sua composição química estão associadas aos aspectos pertinentes ao animal, ambiente, a nutrição e ao manejo pré e pós abate.

Em estudo realizado por Paim et al. (2014), utilizando ovinos da raça Santa Inês com 5 meses de idade, alimentados com diferentes dietas contendo coprodutos do algodão e volumoso nos teores 50:50, por 95 dias totais de experimento, encontraram valores de proteína 22,35%, extrato etéreo 7,21% e cinzas 0,95%, utilizando caroço de algodão integral; e porcentagem de proteína média de 21,27%, 8,08 de extrato etéreo e 0,97% de cinzas nos

músculos *longissimus dorsi* dos animais alimentados com 19,5% de caroço na dieta; demonstrando a influência da dieta nos aspectos de qualidade da carne.

Madruga et al. (2008), realizou pesquisa utilizando cordeiros Santa Inês com 4 meses de idade, recebendo diferentes níveis de dieta compostas por palma forrageira, feno de capim-tifton, milho triturado, farelo de soja, uréia, minerais e caroço de algodão (20, 30 e 40%), encontraram composição centesimal no músculos *Semimembranosus*, nos animais alimentados com a dieta máxima de 40% de caroço de algodão, quanto a umidade de 72,96%, cinzas de 1,06%, proteína de 23,61% e lipídeos de 3,59 %.; reforçando a idéia de que além da dieta, outros fatores, como o músculo avaliado, podem influenciar na qualidade e composição da carne.

A dieta distinta dos animais da raça Santa Inês em semelhantes estágios fisiológicos, não promoveu alterações, e foi compatível a outros estudos com ovinos, quanto aos critérios de qualidade e composição centesimal da carcaça.

A carne de ambos os grupos de animais apresentaram qualidade satisfatória quanto aos parâmetros analisados. No entanto, são necessários outros estudos a fim de adquirir dados referentes a qualidade da carne de ovinos, considerando, segundo Madruga et al. (2008), a preferência dos consumidores brasileiros por carcaças mais pesadas terminas em confinamento, evitando o abate de ovinos em idade mais avançada.

4.4.3. Análise de gossipol livre em tecido muscular e fígado

Não foram constatados resíduos de gossipol livre nas amostras de tecido muscular e fígado. Os animais alimentados com caroço de algodão durante 70 dias de experimento consumiram 60% de concentrado, ou cerca de 851,40 g/dia de caroço e, a quantidade de gossipol livre por grama de caroço de algodão, estimou-se a ingestão média de 1,52 g/dia de gossipol livre, proveniente de 851,40 g/dia de caroço de algodão integral com linter, no período em confinamento, de 70 dias, em substituição ao concentrado à base de milho seco e soja em grão, sem apresentar resíduos de gossipol, alterações da carcaça e portanto sem riscos à saúde humana, associado ao consumo da carne, levando em consideração a ingestão média de 31,52 mg/Kg de peso vivo dia pelos animais durante 70 dias de experimento (Tabela 4.5).

Tabela 4.5. Consumo de caroço de algodão e gossipol durante experimento (70 dias)

Variáveis	Valores
Consumo de caroço de algodão (g/dia)	851,40
Ingestão de gossipol livre (g/dia)	1,52
Peso médio dos animais (Kg)	48,07
Ingestão média de gossipol livre (mg/Kg peso vivo)	31,52

CA = Caroço de Algodão; GL = Gossipol livre.

Risco, Holmberg e Kutches (1992) constataram a presença de 160 µg/g de gossipol livre no fígado de bezerros alimentados com 800 ppm que vieram a óbito durante o experimento e 50 µg/g em animais que não sofreram intoxicação.

Experimento realizado por Kim et al. (1996), utilizando cordeiros jovens de ambos os sexos, observaram níveis diferentes de gossipol total, entre 73,62 a 130,96 µg/mg de tecido seco, em fígado de três cordeiros alimentados com farelo de algodão, contendo 1,36% de gossipol total, e dosagem individual de 20-30 mg de gossipol/ Kg dia.

Em estudos de parâmetros sanguíneos e efeitos adversos do gossipol por 62 dias, relatados por Kandylyis et al. (1992) e Nikokyris et al. (1991), por 54 dias, não foram constatados efeitos adversos em cordeiros machos jovens alimentados com porcentagens entre 15 e 30% de caroço de algodão, possuindo 360 mg/Kg de gossipol livre, ou cerca de 2,5 a 5,0 mg/Kg de peso vivo por dia. Porém, em outro estudo dos mesmos autores, utilizaram animais jovens com a inclusão de 0, 10, 20 ou 30% caroço de algodão, contendo 0, 6,0, 12,5 e 20 mg de gossipol por Kg de peso vivo, demonstrou que o ganho de peso diário e de gordura visceral aumentaram significativamente nos animais alimentados com os níveis mais altos de caroço na dieta.

Os resultados encontrados neste estudo, o qual não detectou a presença de resíduos da molécula de GL, apresentam semelhantes resultados aos encontrados por Viana et al. (2015), em estudo avaliando as características da carcaça, tal como a presença de resíduos de gossipol na carne, os quais também não detectaram resíduos da molécula pelo método utilizado com limite mínimo de detecção de 20 ppb.

4.5. Conclusão

As amostras de tecido muscular (carcaça e músculo *Longissimus dorsi*) e fígado dos animais alimentados durante 70 dias com caroço de algodão, cuja ingestão de gossipol correspondeu a 31,52 mg/kg PV, não apresentaram resíduos da molécula tóxica ou modificações quanto aos parâmetros de qualidade e composição química da carcaça. Considerado, desta maneira, um produto adequado ao consumo humano, fonte de proteína de alto valor biológico e sem a presença de resíduos de gossipol, que poderia constituir um aparente à saúde da população que porventura consumisse estes produtos cárneos oriundos dos animais tratados em confinamento nas condições deste estudo.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis of the AOAC**. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995. v. 1, p. 1-30.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of the AOAC**. 17. ed. Arlington: AOAC International, 2000. 1018 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis of the AOAC**. 18. ed., 3. rev. Arlington: AOAC International, 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Decreto Nº 30.691, de 29 de março de 1952. Aprova o Novo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 07 jul. 1952.

BRESSAN, M. C. et al. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 293-303, 2001.

COSTA, R. G. et al. Qualidade física e sensorial da carne de cordeiros de três genótipos alimentados com rações formuladas com duas relações volumoso: concentrado. **Revista brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 8, p. 1781-1787, 2011.

DUTSON, T. R. The measurement of pH in muscle and its importance to meat quality. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 36., 1983, Washington, DC. Disponível em: <http://www.meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/rmc/1983/the-measurement-of-ph-in-muscle-and-its-importance-to-meat-quality.pdf?sfvrsn=2>. Acesso em: 10 maio 2017.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on Gossypol as Undesirable Substance in Animal Feed. **The EFSA Journal**, Parma, v. 908, p. 1-55, 2008.

FAO. **Building a common vision for sustainable food and agriculture-principles and approaches**. Rome, 2014. Disponível em: www.fao.org/3/a-i3940e.pdf. Acesso em: 15 nov. 2016.

FERNANDES, A. R. M. et al. Características da carcaça e da carne de bovinos sob diferentes dietas, em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 60, n. 1, p. 139-147, 2008.

GAO, X. et al. Influence of different production strategies on the stability of color, oxygen consumption and metmyoglobin reducing activity of meat from Ningxia Tan sheep. **Meat Science**, Barking, v. 96, n. 2, p. 769-774, 2014.

HOPKINS, D. L.; FOGARTY, N. M. Diverse lamb genotypes - 2. Meat pH, colour and tenderness. **Meat Science**, Barking, v. 49, n. 4, p. 477-488, 1998.

KANDYLIS, K. et al. Evaluation of cotton seed cake as a feed ingredient for fattening sheep. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 58, n. 3, p. 291-299, 1992.

KIM, H. L.; CALHOUN, M. C.; STIPANOVIC, R. D. Accumulation of gossypol enantiomers in ovine tissues. **Comparative Biochemistry and Physiology. Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, Oxford, v. 113, n. 2, p. 417-420, 1996.

LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384 p.

LEÃO, A. G. et al. Características nutricionais da carne de cordeiros terminados com dietas contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho e dois níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 5, p. 1072-1079, 2011.

LIMA, M. C. et al. Características de carcaça de cordeiros nativos de Mato Grosso do Sul terminados em confinamento. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 5, n. 18, p. 384-392, 2012.

MADRUGA, M. S. et al. Efeito de dietas com níveis crescentes de caroço de algodão integral sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 8, p. 1496-1502, 2008.

MILTENBURG, G. A. et al. Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 9, p. 2766-2772, 1992.

NIKOKYRIS, P. N.; KANDYLIS, K.; DELIGIANNIS, K. Effects of varying levels of dietary free gossypol in whole cotton seed on physiological responses of growing-fattening lambs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 79, n. 14, p. 1969-1981, 1999.

NÓBREGA, G. H. et al. Regime alimentar para ganho compensatório de ovinos em confinamento: composição regional e tecidual da carcaça. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 65, n. 2, p. 469-476, 2013.

OSÓRIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T. M. Cadeia produtiva e comercial da carne de ovinos e caprinos. Qualidade e importância dos cortes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 2003, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Emepa, 2003.

OSÓRIO, J. C. S. et al. **Produção de carne ovina, alternativa para o Rio Grande do Sul**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 1998.

OSÓRIO, J. C. da S. et al. Técnicas de avaliação in vivo, na carcaça e na carne. In: SELAIVE-VILLAROEL, OSÓRIO, J. C. da S. (Ed.). **Produção de ovinos no Brasil**. São Paulo: Roca, 2014. p. 527-550.

PAIM, T. do P. et al. Carcass traits and fatty acid profile of meat from lambs fed different cottonseed by-products. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 2, n. 116, p. 71-77, 2014.

PARDI, M. C. et al. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. I. Tecnologia de sua obtenção e transformação. Goiânia: EDUFF/UFG, 1993.

PÉREZ, J. R. O.; CARVALHO, P. A. Considerações sobre carcaças ovinas. In: PÉREZ, J. R. O. (Ed.). **Ovinocultura: aspectos produtivos**. Lavras: UFLA, 2002. p. 122-144.

PILAR, R. de C. et al. **Considerações sobre produção de cordeiros**. Lavras: UFLA, 2002.

PINHEIRO, R. S. B. et al. Qualidade de carnes provenientes de cortes da carcaça de cordeiros e de ovinos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 9, p. 1790-1796, 2009.

PINHEIRO, R. S. B. et al. Qualidade da carne de cordeiros confinados recebendo diferentes relações de volumoso: concentrado na dieta. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 407-411, 2009.

PRATES, J. A. M. Maturação da carne dos mamíferos: 1. Caracterização geral e modificações físicas. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, Lisboa, v. 95, n. 533, p. 34-41, 2000.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, LAM. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. 1ª reimp. Viçosa: Editora UFV, 2009. 599 p.

RIBEIRO, T. M. D. et al. Carcaças e componentes não-carcaça de cordeiros terminados em pasto de azevém recebendo suplementação concentrada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 3, p. 526-531, 2012.

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**, Lancaster, v. 75, n. 10, p. 2787-2798, 1992.

ROMERO, A.C; ABDALLA A.L.; LOUVANDINI, H.; CARRARA, C.; Development and validation of methodology by hplc for quantification of free gossypol in meat intended for human consumption. **Euro Food Chem XVIII**, October 13-16, Madrid, Spain, 2015.

ROMERO, A. C. **Resíduos da produção de biodiesel: avaliação de moléculas bioativas e potencial de aplicação na alimentação animal**. 2013. 113 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

RUIZ DE HUIDOBRO, F.; CAÑEQUE, V. Producción de carne en corderos de raza Manchega. II. Conformación y estado de engrasamiento de la canal y proporción de piezas en distintos tipos comerciales. **Investigación Agraria. Producción y Sanidad Animales**, La Rioja, v. 8, p. 233-245, 1993.

SANTOS, J. R. S. dos et al. Composição tecidual e química dos cortes comerciais da carcaça de cordeiros Santa Inês terminados em pastagem nativa com suplementação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 12, p. 2499-2505, 2009.

SAÑUDO, C. et al. Fatty acid composition and sensory characteristics of lamb carcasses from Britain and Spain. **Meat Science**, Barking, v. 54, n. 4, p. 339-346, 2000.

SAÑUDO, C. Factors affecting carcass and meat quality in lambs. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. p. 434-455.

SAÑUDO, C. et al. Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. **Meat Science**, Barking, v. 46, n. 4, p. 357-365, 1997.

SILVA SOBRINHO, A. G. da et al. Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 1070-1078, 2005.

SOUZA, X. R. et al. Efeitos do grupo genético, sexo e peso ao abate sobre as propriedades físico-químicas da carne de cordeiros em crescimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 543-549, 2004.

TROUT, Graham R. Techniques for measuring water-binding capacity in muscle foods - a review of methodology. **Meat Science**, Barking, v. 23, n. 4, p. 235-252, 1988.

USDA. **Animal & products**. Washington, DC, 2011. Disponível em: https://www.nass.usda.gov/Statistics_by_Subject/index.php. Acesso em: 15 jan. 2017.

VIANA, P. G. et al. Gossypol was not detected in the longissimus muscle of lambs fed several forms of cottonseed. **Animal Production Science**, Melbourne, v. 55, n. 6, p. 812-817, 2015.

VIEIRA, T. R. de L. et al. Propriedades físicas e sensoriais da carne de cordeiros Santa Inês terminados em dietas com diferentes níveis de caroço de algodão integral (*Gossypium hirsutum*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 2, p. 372-377, 2010.

WARMINGTON, B. G.; KIRTON, A. H. Genetic and non-genetic influences on growth and carcass traits of goats. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 3, n. 2, p. 147-165, 1990.

YOUNG, O. A. et al. A method for early determination of meat ultimate pH. **Meat Science**, Barking, v. 66, n. 2, p. 493-498, 2004.

ZEOLA, N. M. B. L. et al. Composição centesimal da carne de cordeiros submetidos a dietas com diferentes teores de concentrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 1, p. 253-257, 2004.