

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DOS
ALIMENTOS

Luiz Gustavo de Pellegrini

**QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIROS ALIMENTADOS NA FASE
DE TERMINAÇÃO COM CAROÇO DE ALGODÃO**

Santa Maria, RS
2017

Luiz Gustavo de Pellegrini

**QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIROS ALIMENTADOS NA FASE
DE TERMINAÇÃO COM CAROÇO DE ALGODÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Ciência e Tecnologia dos Alimentos**.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Neila S.P.S. Richards

Santa Maria, RS
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

de Pellegrini, Luiz Gustavo
QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIROS ALIMENTADOS NA FASE
DE TERMINAÇÃO COM CAROÇO DE ALGODÃO / Luiz Gustavo de
Pellegrini.- 2017.
112 p.; 30 cm

Orientador: Neila Silvia Pereira dos Santos Richards
Coorientador: Renius de Oliveira Mello
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, RS, 2017

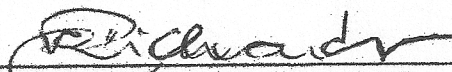
1. Caroço de Algodão 2. Carne 3. Gossipol 4. Cordeiros
5. Confinamento I. Silvia Pereira dos Santos Richards,
Neila II. de Oliveira Mello, Renius III. Título.

Luiz Gustavo de Pellegrini

**QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIROS ALIMENTADOS NA FASE DE
TERMINAÇÃO COM CAROÇO DE ALGODÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia dos Alimentos, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.**

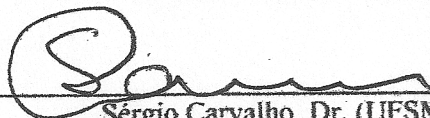
Aprovado em 09 de Março de 2017:



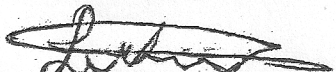
Neila S.P.S. Richards, Dr^a. (UFSM)
(Presidente/Orientadora)



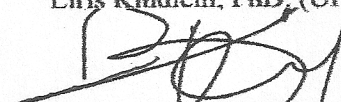
Renius de Oliveira mello, Dr. (UFSM)



Sérgio Carvalho, Dr. (UFSM)



Liris Kindlein, PhD, (UFRGS)



Berilo de Souza Brum Júnior, Dr. (IF Farroupilha)

Santa Maria, RS
2017

À minha família, que foi e sempre será à base de tudo.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, por me dar força, saúde e guiar pelos melhores caminhos.

A Universidade Federal de Santa Maria e ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologias dos Alimentos pela oportunidade de seguir meus estudos.

A CAPES pela bolsa de estudos.

Ao Instituto Federal Farroupilha Campus Julio de Castilhos pelo espaço e equipamentos cedidos para a realização do experimento. Ainda aos técnicos (Halan e João) e demais funcionários pela colaboração.

A professora Neila Richards (minha segunda mãe), pela orientação, sobretudo pela imensa confiança, pelos seus valiosos ensinamentos e estímulos. Os meus mais sinceros agradecimentos, eterno reconhecimento e respeito.

Ao professor Renius Mello, pela amizade, conhecimento transmitido, grandiosa colaboração e incansável ajuda. Ainda pelas conversas e desabafos.

Ao professor Roger Wagner e equipe, pelo auxílio na análise dos compostos voláteis.

A pesquisadora da EMBRAPA Élen Nalério e a técnica de laboratório Citieli Giongo pela contribuição e realização da análise sensorial da carne.

Ao professor Sérgio Carvalho e Verônica Pilecco pelo auxílio e confiança durante o experimento.

A Ana Carolina de Pellegrin, pela disponibilidade de ajudar sempre que precisei.

Aos estagiários do setor de bovino de corte do Instituto Federal Farroupilha Campus Julio de Castilhos, pelo auxílio e dedicação.

Ao meu irmão, Luiz Giovani de Pellegrini, sincero e verdadeiro amigo. Obrigado pelo papel decisivo em mais esta etapa da minha vida, pelos puxões de orelha, discussões e conhecimento. Ainda, pelo auxílio incansável na excussão do experimento.

A minha esposa Natália, pelo amor, companheirismo, amizade, compreensão, abdicação e disponibilidade de sempre me ajudar. Te amo.

Aos meus pais Luiz Carlos e Elizete, pelo amor, carinho, educação e amizade. Além das palavras que nunca fizeram com que desistisse dos meus objetivos. Obrigado por sempre me incentivarem em olhar para frente e cada vez buscar mais. Amo muito vocês.

A todos que de alguma forma influenciaram para que este trabalho fosse concluído com êxito.

Meu muito obrigado!

RESUMO

QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIROS ALIMENTADOS NA FASE DE TERMINAÇÃO COM CAROÇO DE ALGODÃO

Autor: Luiz Gustavo de Pellegrini

Orientadora: Neila S.P.S. Richards

Objetivou-se avaliar o efeito dos níveis de caroço de algodão na dieta de cordeiros (0, 100, 200, 300 e 400 g kg⁻¹) sobre a análise sensorial, perfil de ácidos graxos e aminoácidos, compostos orgânicos voláteis, características físico-químicas e avaliação instrumental de cor na carne. Foram utilizados 45 cordeiros da raça Ile de France, machos, não castrados, com peso vivo inicial médio de 16 kg e 60 dias de idade, todos criados em regime de confinamento em baias individuais. Os animais foram distribuídos ao acaso em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (dietas) e nove repetições cada. A aceitação da carne diminuiu com o acréscimo de caroço de algodão. O incremento de caroço de algodão aumentou os ácidos graxos saturados (18:0) e poli-insaturados (18:2ⁿ 6-^c 9, ^c 12), mas reduziu monoinsaturados (18:1ⁿ 9-^c 9) e cadeia ímpar (17:1ⁿ 7-^c 10), piorando as relações *n6/n3* e nutricional, além dos índices de aterogenicidade e trombogenicidade. A tirosina reduziu com o acréscimo de caroço de algodão. Os compostos 1-penten-3-ol, 1-hexanol, benzyl alcohol, propanal, octanal, nonanal e furanos diminuíram, enquanto os organosulfurados aumentaram com o incremento de caroço de algodão. Os valores de pH, não foram influenciados pelos níveis de caroço de algodão. O teor lipídios e cinzas apresentaram diferença significativa, mas não foram ajustados pelas equações lineares ou quadráticas. As variáveis perdas por descongelamento e coesividade aumentaram e a atividade de água e capacidade de retenção de água reduziram com o incremento de caroço de algodão na dieta. Já os tocoferóis, perdas por cocção, dureza e mastigabilidade foram ajustados através de equações quadráticas. Na avaliação instrumental de cor o L*, b* e h° demonstraram comportamento linear crescente e o percentual de desoximioglobina diminuiu e de oximioglobina aumentou. Logo, o aumento de organosulfurados e ácidos graxos poli-insaturados, especialmente linoléico; e a redução de furanos e alguns compostos aldeídicos com o incremento de caroço de algodão influenciam negativamente a aceitação sensorial da carne. A inclusão de caroço de algodão na alimentação de cordeiros até 400 g Kg⁻¹ de matéria seca, influencia os parâmetros físico-químicos avaliados na carne, exceto teor de proteína, umidade, colesterol e a força de cisalhamento. A adição do caroço de algodão na dieta aumenta a luminosidade (L*) e a intensidade de amarelo (b*) da carne, o que a torna mais clara e amarelada.

Palavras-chave: aldeídos, desaturase, linoléico, ovino, tirosina, gossipol, qualidade da carne.

ABSTRACT

QUALITY OF LAMBS MEAT IN THE FINISHING STAGE WITH COTTONSEED

AUTHOR: Luiz Gustavo de Pellegrini

ADVISOR: Neila S.P.S. Richards

The objective of this study was to evaluate the effect of cotton seed in the diet of lambs (0, 100, 200, 300 and 400 g kg⁻¹) on sensory analysis, fatty acid and amino acid profile, volatile organic compounds, Instrumental evaluation of flesh color. The aim of this study was to evaluate the effect of whole cottonseed (0, 100, 200, 300 and 400 g kg⁻¹) in the diet of lambs in terms of sensory analysis, the profiles of fatty acids and amino acids, volatile organic compounds, physico-chemical characteristics and instrumental evaluation of color in the meat. A total of 45 male, uncastrated male Ile de France lambs with mean initial body weight of 16 kg and 60 days of age, all of them reared in individual bins, were used. The animals were randomized to a completely randomized design with five treatments (diets) and nine replicates each. The level of acceptance of the meat decreased with the addition of increased levels of cottonseed. Increased levels of cottonseed resulted in an higher levels of saturated fatty acids (18:0) and polyunsaturated fatty acids (18:2ⁿ 6-^c 9, ^c 12) but reduced the levels of monounsaturated fatty acids (18:1ⁿ 9-^c 9) and odd- chain fatty acids (17:1ⁿ 7-^c 10), which had a negative impact on the *n6/n3* and nutritional relationships, in addition to the atherogenicity and thrombogenicity rates. The levels of tyrosine reduced with the addition of cottonseed. The levels of 1-penten-3-ol, 1-hexanol, benzyl alcohol, propanal, octanal, nonanal and furans decreased, while the levels of organosulphurs compounds increased in line with increasing levels of cottonseed. The pH values were not influenced by the levels of cotton seed. The lipids and ash content presented a significant difference, but were not adjusted by the linear or quadratic equations. The variables losses due to thawing and coesivity increased and water activity and water retention capacity reduced with the increment of cotton seed in the diet. On the other hand, the tocopherols, cooking losses, hardness and chewing were adjusted through quadratic equations. In the instrumental evaluation of color L*, b* and h° showed increasing linear behavior and the percentages of deoximioglobin decreased and of oxymioglobin increased. Soon, the increase in organosulfates and polyunsaturated fatty acids, especially linoleic acid, and the reduction of furans and some aldehyde compounds in line with increased levels of cottonseed in the diet, negatively influenced the sensorial acceptance of the meat. The inclusion of whole cottonseed in lambs fed up to 400 g Kg⁻¹ of dry matter, influences the physicochemical parameters evaluated in the meat, except protein content, moisture, cholesterol and shear force. The addition of the whole cottonseed in the diet increases the luminosity (L*) and the intensity of yellow (b*) of the meat, which makes it lighter and more yellowish.

Keywords: aldehydes, desaturase, linoleic, ovine, tyrosine, gossypol, quality meat.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1- Curvas de temperatura (A) e pH (B) muscular (*longissimus dorsi*) entre 0 e 24 horas *post-mortem* obtidas durante o resfriamento à 2°C das carcaças cordeiros confinados com níveis de caroço de algodão na dieta..... 64

CAPÍTULO 2

- Figura 1- Biplot da qualidade da carne de cordeiros confinados com níveis de caroço de algodão na dieta..... 103

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- Tabela 1- Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais, expressas em g kg^{-1} , em relação à matéria seca..... 61
- Tabela 2- Composição físico-química e índices objetivos de cor do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros confinados com níveis de caroço de algodão na dieta..... 62

CAPÍTULO 2

- Tabela 1- Proporção de ingredientes e composição química nas dietas experimentais, expressas em g kg^{-1} , em relação à matéria seca..... 87
- Tabela 2- Perfil de ácidos graxos e aminoácidos dos ingredientes das dietas experimentais..... 88
- Tabela 3- Perfil de ácidos graxos e aminoácidos das dietas experimentais..... 90
- Tabela 4- Avaliação sensorial do sabor do *Longissimus lumborum* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta..... 92
- Tabela 5- Ácidos graxos saturados no *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta, expressos em mg g^{-1} de lipídios..... 93
- Tabela 6- Ácidos graxos insaturados no *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta, expressos em mg g^{-1} de lipídios..... 94
- Tabela 7- Soma, razão e índices de ácidos graxos no *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta, expressos em mg g^{-1} de lipídios..... 96
- Tabela 8- Perfil de aminoácidos no *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com níveis de caroço de algodão na dieta, expressos em g 16g^{-1} de N em relação à matéria seca..... 97
- Tabela 9- Compostos voláteis presentes nos extratos aromáticos do *Longissimus thoracis* cozido de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta, expressos como área média do pico $\times 10^{-5}$ ($n = 3$), utilizando micro extração em fase sólida..... 98
- Tabela 10- Classes químicas de compostos voláteis presentes nos extratos aromáticos de *Longissimus thoracis* cozido de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta, expressos em área total relativa (%) 102

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 1

- Quadro 1. Comportamento dos valores de atividade de água, capacidade de retenção de água, perdas por descongelamento e cocção, tocoferóis, dureza, coesividade e mastigabilidade do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta..... 65
- Quadro 2. Comportamento dos valores de atividade de água, capacidade de retenção de água, perdas por descongelamento e cocção, tocoferóis, dureza, coesividade e mastigabilidade do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta..... 66

CAPÍTULO 2

- Quadro 1. Comportamento dos valores do teste de aceitação e ácidos graxos palmítico, esteárico e lignocérico do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta..... 104
- Quadro 2. Comportamento dos ácidos graxos palmitoleico, c10-heptadecenoico, oléico, elaídico, vacênico, linoléico, lilelaídico, c11,c14-icosadienoico e nervônico do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta..... 105
- Quadro 3. Comportamento dos ácidos graxos de cadeia ímpar, saturados, insaturados, monoinsaturados, poliinsaturados, relação monoinsaturados/saturados e poliinsaturados/saturados e ômega 6 do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta..... 106
- Quadro 4. Comportamento dos valores da relação ômega 6/ômega3, dessaturase no carbono 16 e 18, elongase, índice de aterogenicidade e trombogenicidade, valor nutricional e aminoácido tirosina do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta..... 107
- Quadro 5. Comportamento dos compostos orgânicos voláteis 1-Penten-3-ol, 1-Hexanol, Benzyl Alcohol, Organosulfurados, Propanal, Butanal, Octanal e Nonanal do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta..... 108
- Quadro 6. Comportamento dos compostos orgânicos voláteis 2-Propanone, Octan-2-one, furanos e organosulfurados relativos do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta..... 109

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Atenuância
a*	Intensidade de Vermelho
ADQ	Análise Descritiva Qualitativa
Aw	Atividade de Água
b*	Intensidade de Amarelo
C*	Saturação ou Croma
CLA	Ácido Linoleico Conjugado
CRA	Capacidade de Retenção de Água
DFD	Dark, Firm, Dry (Escura, Dura e Seca)
DIC	Detector de Ionização de Chama
DMb	Desoximioglobina
EE	Extrato Etéreo
FAME	Ésteres Metílicos de Ácidos Graxos
FC	Força de Cisalhamento
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
FI	Índice de Funcionalidade
g	Gramas
GC/MS	Cromatografia Gasosa com Espectrômetro de Massa
h°	Ângulo de Tonalidade
HPLC	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
IA	Índice de Aterogenicidade
IT	Índice de Trombogenicidade
Kg	Quilogramas
Kgf	Quilograma Força
L*	Luminosidade
mg	Miligramas
MMb	Metamioglobina
MS	Matéria Seca
MS	Monoinsaturados/Saturados
NDT	Nutrientes Digestíveis Totais
NR	Razão Nutricional

OMb	Oximioglobina
PB	Proteína Bruta
PC	Perdas por Cocção
PDC	Perdas por Descongelamento
PEG	Polietileno Glicol
pH	Potencial Hidrogeniônico
PITC	Derivação Pré-Coluna dos Aminoácidos Livres com Fenilisotiocianato
PS	Poliinsaturados/Saturados
PSE	Pale, Soft, Exudative (Pálida, Mole e Exsudativa)
PTC-aa	Separação dos Derivativos Feniltiocarbamil-Aminoácidos
PTFE	Politetrafluoretileno
PUFA	Ácidos Graxos Poliinsaturados
R	Reflectância
SPME	Micro Extração em Fase Sólida
TIO	Enzima Tiosterase
TPA	Análise de Perfil de Textura
UV	Ultra Violeta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 CENÁRIO DA OVINOCULTURA.....	17
2.2 CARACTERÍSTICAS DA CARNE OVINA.....	18
2.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA CARNE OVINA.....	19
2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA CARNE OVINA.....	20
2.5 ÁCIDOS GRAXOS NA CARNE DE OVINOS.....	22
2.6 PRODUÇÃO DE ALGODÃO NO BRASIL.....	25
2.7 UTILIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO CAROÇO DE ALGODÃO NA NUTRIÇÃO ANIMAL.....	26
2.8 GOSSIPOL.....	27
2.9 ANÁLISE SENSORIAL.....	30
2.10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
3 CAPÍTULO 1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA CARNE DE CORDEIROS TERMINADOS COM CAROÇO DE ALGODÃO NA DIETA.....	45
RESUMO.....	45
ABSTRACT.....	46
INTRODUÇÃO.....	47
MATERIAL E MÉTODOS.....	48
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
4 CAPÍTULO 2 – ACEITAÇÃO SENSORIAL, PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E AMINOÁCIDOS, E COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS NA CARNE DE CORDEIROS CONFINADOS COM NÍVEIS DE CAROÇO DE ALGODÃO NA DIETA.....	67
RESUMO.....	67
ABSTRACT.....	68
INTRODUÇÃO.....	69
MATERIAL E MÉTODOS.....	70
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
CONCLUSÃO.....	81
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
5 DISCUSSÃO GERAL.....	110
6 CONCLUSÃO GERAL.....	112

1 INTRODUÇÃO

Uma das atividades pecuárias que tem recebido destaque atualmente é a ovinocultura, apresentando-se como uma das opções do agronegócio brasileiro, pois o Brasil além de possuir grande lacuna a ser preenchida no consumo interno de carne ovina, tem todos os atributos necessários para ser também um grande exportador (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2004).

A ovinocultura moderna tem se direcionado para a produção de carne que começa a ser mais aceita pelos grandes mercados consumidores do Brasil (BOAS et al., 2003). Um dos fatores mais preponderantes para a expansão e consolidação do mercado dessa carne no Brasil é a qualidade das carcaças produzidas (ALMEIDA JUNIOR et al., 2004), já que a maior parte da carne ovina no país é proveniente de animais com idade avançada e com baixa qualidade de carcaça (GARCIA et al., 2000). Adicionalmente, o plano nutricional e a composição da dieta podem produzir mudanças significativas na composição da carcaça e da carne.

Na busca por alternativas que propiciem o incremento na produtividade dos rebanhos, muitos produtores têm intensificado a utilização do confinamento como alternativa para antecipar o abate dos animais, melhorar a qualidade da carcaça e principalmente da carne. Aliado a isso, o avanço da agricultura sobre as áreas de pastagens e a elevação do custo da terra no país fortalece a tendência de intensificação dos sistemas de produção de carne.

No entanto, os maiores entraves à produção se encontram nos altos custos, principalmente, relacionados à alimentação, quando em ruminantes representa até 75% dos custos de produção no confinamento. Portanto, é fundamental o uso de ingredientes de alta qualidade na dieta, que forneçam os nutrientes necessários com baixos custos, produzindo-se assim animais de boa qualidade, com características desejáveis de carcaça e carne (VASCONCELOS, 1993; SAMPAIO et al., 2002). Nestes casos, a utilização de co-produtos agroindustriais, são recomendáveis como forma de reduzir os custos com a alimentação (ABDULLAH & QUDSIEH, 2008).

Entre esses alimentos, o caroço de algodão tem-se mostrado uma excelente opção, visto que a associação do alto teor de proteína com elevado conteúdo de energia faz com que ele facilite a formulação de dietas de custo mínimo (CRANSTON et al., 2006). Outra vantagem no uso do caroço de algodão na dieta consiste na produção de um perfil mais insaturado da gordura contida na carne (HUERTA-LEIDENZ et al., 1991).

Porém, o uso do caroço de algodão deve ser analisado com cuidado devido ao alto teor de gordura, pois em ruminantes (geralmente acima de 7 %) isso está relacionado à menor digestibilidade da fibra e conseqüentemente menor ingestão de alimento (NRC, 2007) e

principalmente pela presença do gossipol, composto amarelo, aldeído polifenólico, que está presente nas glândulas da semente de algodão (TILYABAEV et al., 2010). Esta substância em sua forma livre na alimentação tem ação bioativa e produz reações adversas nos sistemas circulatório, renal, respiratório e hepático nos animais, podendo levar a óbito (ROGERS et al., 2002; EFSA, 2008), além de agir sobre uma diversa gama de enzimas e transportadores celulares diminuindo a atividade destes (CHEN et al., 2009).

Mas, sem dúvida, a principal desvantagem é a associação do caroço de algodão com problemas no sabor da carne. Entretanto, os trabalhos não estudam intensamente o seu efeito no sabor e outras características da qualidade da carne.

Assim, considerando a associação do caroço de algodão com problemas no aroma e sabor da carne e a preocupação dos principais confinadores do país em utilizar ingredientes aprovados que não causem problemas na exportação, é de fundamental importância o estudo da influência do caroço de algodão nas características da carne.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CENÁRIO DA OVINOCULTURA

A exploração econômica da ovinocultura obteve seu auge no começo do século XX, através da produção de lã que passava por grande valorização no mercado internacional e a partir da década de 40 consolidou-se por meio do incremento tecnológico da produção (VIANA & SILVEIRA, 2009).

Porém, na década de 80, com o aumento dos estoques de lã da Austrália, surgimento dos tecidos sintéticos e outros colapsos mundiais, inicia-se a fase de crise da produção de lã e conseqüentemente da ovinocultura (VIANA, 2008b). Desde então, um novo ciclo começa, pois a ovinocultura laneira perde espaço para a de corte, onde a carne torna-se o principal produto da criação ovina, estimulada pelo aumento do poder aquisitivo da população e o incremento do abate de animais jovens (SANTOS et al., 2009a), propiciando que os consumidores se adaptem a novos hábitos de consumo e inclusive com maior apreciação pela carne ovina, o que favorece a demanda deste e indica um potencial produto substituto a outras carnes (LARA et al., 2009).

Mesmo assim, observa-se que nos últimos 50 anos a população mundial de ovinos permanece relativamente constante, em torno de um bilhão e cem milhões de cabeças (FAO, 2013). Entretanto, essa não é a situação verificada em todos os continentes. A população ovina quase duplicou na Ásia e África, com rebanhos de mais de 511 e 328 milhões de cabeças respectivamente, contrastando com reduções entre 60 e 40 % nos continentes anteriormente com as maiores criações, Oceania, Europa e Américas (FAO, 2013).

Os cinco maiores rebanhos ovinos da atualidade, China, Austrália, Índia, Iran e Nigéria, também passaram por reduções significativas no rebanho, que oscilaram entre 35 e 63 %, com exceção do Iran que aumentou seu rebanho em 38,65 %, passando a ter mais de 50 milhões de ovinos (FAO, 2015).

Quanto ao rebanho brasileiro, este teve seu ápice entre os anos de 1985 e 1990, quando chegou ao número de 20 milhões de cabeças. A partir daí, ocorreu uma redução do rebanho para aproximadamente 14 milhões de cabeças, permanecendo assim até o início dos anos 2000, quando começou a crescer novamente (FAO, 2013). Nos últimos levantamentos, o Brasil apresenta um rebanho ovino de aproximadamente 17,6 milhões de cabeças (IBGE, 2013), o que corresponde a 1,51 % do rebanho mundial. Observa-se ainda, que a maior parte do rebanho brasileiro se concentra nas regiões nordeste e sul, com 9,7 (55,54 %) e 5,2 (30,03 %) milhões de cabeças respectivamente, seguidas pelas regiões centro oeste (1,1 milhões), sudeste (781 mil) e norte (628 mil), correspondendo respectivamente a 6,42, 4,44 e 3,57 %.

Em relação aos estados, os cinco maiores efetivos brasileiros situam-se no Rio Grande do Sul, Bahia, Ceará, Pernambuco e Piauí com 4,09, 2,8, 2,07, 1,6 e 1,2 milhões cabeças (ANUALPEC, 2014).

Verificando as regiões brasileiras, observa-se que nos últimos 10 anos, todas as regiões aumentaram seus rebanhos, porém as regiões que tiveram maior expressão foram a norte e sudeste, com 244.685 (37,50 %) e 228.750 (31,67 %) mil cabeças, respectivamente (IBGE 2003; IBGE, 2013). As demais regiões também aumentaram os rebanhos, sendo que a região nordeste apresentou aumento de 1.062.149 animais (15,77 %), a sul de 671.057 animais (10,88 %) e a centro-oeste de 97.637 animais (16,2 %), onde as duas regiões de maior efetivo ovino foram as que apresentaram menor expansão do rebanho em relação ao total de animais existentes (IBGE 2003; IBGE, 2013).

No entanto, apesar do rebanho brasileiro estar crescendo e o consumo encontra-se muito baixo, em torno de 700 gramas per capita (CTP, 2010), Sorio (2010) afirma que o rebanho ovino das regiões tradicionais de criação é insuficiente para suprir a demanda brasileira cuja situação abre espaço para a carne importada, principalmente para a carne uruguaia que é rotulada como carne de qualidade superior e as importações acabam reprimindo os preços pagos ao produtor brasileiro (VIANA, 2008a).

2.2 CARACTERÍSTICAS DA CARNE OVINA

A carne tem grande importância nutricional na alimentação dos seres humanos, sendo fonte de aminoácidos, minerais, água, gordura e vitaminas. Segundo Yamamoto et al. (2013) a carne é definida como uma complexa organização de músculo esquelético, tecido conjuntivo e gordura, proveniente de várias reações físico-químicas a partir do abate dos animais, ou mesmo antes deste. Sendo assim, essas modificações apresentam importância por determinarem a qualidade nutricional e sensorial.

Em vista disso, a qualidade da carne e da carcaça depende da interação de fatores intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos mais importantes são a genética, o manejo alimentar, a idade e o sexo (ARICETTI et al., 2008; PRADO et al., 2008; DUCATTI et al., 2009; MAGGIONI et al., 2009; ROTTA et al., 2009). Entre os fatores extrínsecos pode-se citar o ambiente, sistema de alimentação, tipo de jejum e o transporte (CEZAR & SOUSA, 2007; SILVA SOBRINHO & OSÓRIO, 2008), assim como as condições de abate, desde a saída dos animais da propriedade até a entrada das carcaças nas câmaras frias, o tipo de cozimento e os métodos de conservação (CAMPOS et al., 2014).

A qualidade da carne também pode sofrer influência de fatores como condição sexual, raça, idade e peso de abate, dieta e o sistema de produção (SILVA SOBRINHO & SILVA, 2000; BONACINA et al., 2011; GUERRERO et al., 2013). Destes, nutrição é particularmente importante, porque as mudanças na dieta podem melhorar tanto a quantidade e a qualidade do produto final (JOHNSON & MCGOWAN, 1998;. GEAY et al, 2001; BATISTA et al, 2010).

Ainda, de acordo com Bridi et al. (2011), a qualidade da carne está relacionada a características sensoriais (cor, suculência, sabor, odor, maciez), funcionais (pH, capacidade de retenção de água), nutricionais (quantidade de gordura, perfil de ácidos graxos, grau de oxidação, porcentagem de proteínas, vitaminas e minerais), sanitárias (ausência dos agentes contagiosos), segurança alimentar (livre de antibióticos, hormônios, ou outras substâncias contaminantes), éticos (bem-estar animal) e preservação animal (se o modo de produção não afeta a sustentabilidade do sistema ou provoca poluição ambiental).

Segundo Okeudo & Moss (2005), dentre os fatores mencionados, a nutrição e o genótipo são outros fatores preponderantes na definição dos aspectos qualitativos da carne da espécie ovina. Portanto, o estudo e o controle desses fatores tornam-se fundamentais à oferta de carne ao mercado consumidor, o qual terá à disposição produtos de qualidade.

2.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA CARNE OVINA

Segundo Zapata et al. (2001), os valores médios de umidade, proteína e cinzas na carne ovina variam de 76,1 a 76,2 %, 19,2 a 19,5 % e 1,0 a 1,1 %, respectivamente, e de 2,0 a 2,4 % para gordura, semelhantes aos valores apresentados por Ferrão (2006) que foram de 75 % para umidade, 19 % de proteína, 1,1 % de matéria mineral e Zeola et al. (2004) de 75 % para umidade, 19 % para proteína e 1,1 % de matéria mineral, diferindo apenas para gorduras (4,4 % e 4,0 %).

Já Madruga et al. (2008) consideram que a composição química da carne ovina apresenta valores médios de 73 % de umidade, 23 % de proteína, 4 % de gordura, sendo muito influenciada pela alimentação (OLIVÁN et al., 2001; OSÓRIO et al., 2002; FERRÃO, 2006) e grau de acabamento dos animais (ZEOLA et al., 2004).

A água é o constituinte mais importante da carne, do ponto de vista quantitativo, representando 75 % da sua composição, exercendo influência na sua qualidade, tanto na suculência como na textura, sabor e cor (LAWRIE, 2005) e apresenta-se inversamente proporcional ao teor de gordura (DUARTE et al., 2006).

Com o avançar da idade, ocorre um incremento na proporção de gordura, acompanhado por uma diminuição de água e proteína no corpo. Animais jovens apresentam

normalmente o corpo rico em água e proteína, o que implica que a relação água: proteína diminui lentamente com a idade (SANTOS et al., 2008).

Corroborando esta afirmação, Rebello (2003) mencionou que animais jovens apresentam maiores quantidades de água (teor de umidade), menores de gordura, e maior quantidade de músculo. No que diz respeito às concentrações de proteína, cinza e água, observa-se um decréscimo com a idade e o grau de engorduramento (BERG & BUTTERFIELD, 1976). Tal fato se deve a desaceleração do crescimento muscular, que pode ser verificada pelo menor ganho em proteína por kg de ganho de peso corporal vazio, à medida que se eleva o peso do animal, ao mesmo tempo em que ocorre maior desenvolvimento do tecido adiposo (FERREIRA, 1997).

A matéria mineral da carne representa em média 1,5 % de sua composição química, e está distribuída irregularmente no tecido muscular, sendo que 40 % encontram-se no sarcoplasma, 20 % na forma parte dos componentes celulares e o restante distribui-se nos líquidos extracelulares (PRATA, 1999). Segundo este autor, de forma geral, potássio, fósforo, sódio, cloro, magnésio, cálcio e ferro são os principais constituintes minerais da carne, todavia, outros minerais apresentam-se em pequenas quantidades, como o cobre, manganês, zinco, molibdênio, cobalto, iodo e outros.

Ainda, além da presença teor de proteínas com alto valor biológico na carne ovina (PILAR et al., 2002), outra característica positiva da carne dessa espécie é a presença de lipídios, que, além de ter elevado valor energético, é composto por ácidos graxos essenciais e tem efeito nas características sensoriais do produto (FRANCO, 1999), as quais são reveladas pela sua textura, aroma e sabor (BATISTA et al., 2010).

2.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICOS DA CARNE OVINA

Junto com o aumento da produção ovina, crescem também as exigências do mercado consumidor, fato que assinala para a necessidade de se conhecer os fatores que interferem nas características físicas e químicas da carne, pois estas determinam sua qualidade e aceitabilidade (MARTÍNEZ-CEREZO et al., 2005). Entre estas características, as de maior relevância são a cor, no momento da compra (SAÑUDO, 2004), e a maciez, durante o consumo (SAFARI et al., 2001).

O pH constitui um dos fatores mais importantes na transformação do músculo em carne e o principal indicador da qualidade do produto final, com decisivo efeito sobre a qualidade da carne fresca (ORDONEZ, 2005). Na espécie ovina o pH oscila entre 7,0 e 7,3

logo após o abate, até alcançar entre 5,4 e 5,6, ponto isoelétrico das proteínas musculares, 24 horas após o abate (YOUNG et al., 2004).

Caso contrário, passado 24 horas, se o pH da carne ovina estiver superior a 6,2, a carne irá reter grande quantidade de água, o que implica em curto tempo de conservação e coloração escura, fenômeno que caracteriza o processo DFD (dark, firm, dry – carne escura, dura e seca). No entanto, se o pH estiver abaixo de 5,8 em menos de 4 horas, teremos a carne PSE (pale, soft, exudative – pálida mole e exsudativa) caracterizada pela má retenção de água além do aspecto pálido e mole (GUERRERO et al., 2013)

A coloração é o principal atributo observado no momento da compra (BEKHIT & FAUSTMAN, 2005; GAO et al., 2014). Segundo Jay (1966) o componente predominante que atribui coloração para a carne é a mioglobina, pois, a maior parte da hemoglobina é liberada durante a sangria dos animais. A mioglobina é uma proteína conjugada formada pela proteína globina ligada ao grupo prostético heme (anel de porfirina). Destaca-se que a capacidade da mioglobina se ligar ao oxigênio deve-se a presença do átomo de ferro do grupo heme que pode apresentar-se na forma ferrosa (reduzida, Fe^{+2}) ou férrica (oxidada, Fe^{+3}) (SUMAN & JOSEPH, 2013).

Através do estado químico do átomo de ferro e do ligante da sexta ligação do grupo heme é possível obter três principais formas químicas da mioglobina que geram as colorações da carne fresca, sendo estas deoximioglobina (coloração vermelho-púrpura), oximioglobina (vermelho brilhante) e metamioglobina (marrom) (JAY, 1966; MANCINI & HUNT, 2005).

A deoximioglobina se encontra na forma reduzida e sem ligante na sexta ligação do ferro do grupo heme, sendo assim, é um pigmento muito instável e ocorre quando a pressão de oxigênio é baixa, por exemplo, em carnes embaladas a vácuo. A oximioglobina também é derivada da forma ferrosa da mioglobina, no entanto é ligada com a molécula de oxigênio e por isso encontra-se estável em grandes concentrações do mesmo. A formação de metamioglobina ocorre quando há oxidação do átomo de ferro, portanto passa da forma ferrosa para férrica. A ocorrência desta coloração marrom está associada a níveis intermediários de oxigênio ou ao aquecimento da carne (RAMOS & GOMIDE, 2007; SUMAN & JOSEPH, 2013).

Salienta-se que a oxidação da mioglobina é descrito como processo de descoloração da carne, desta forma, compromete a sua aparência e está relacionado com a oxidação lipídica levando ao desenvolvimento de *off-flavor* (FAUSTMAN et al., 2010). Vários fatores que interferem na coloração da carne, entre estes, destaca-se a espécie animal, sexo, raça, antioxidantes endógenos, a idade do animal, metabolismo músculo, taxa de declínio e o pH

final da carne, temperatura, disponibilidade de oxigênio, exposição a luz, embalagem e crescimento de microrganismos, tempo de estocagem, oxidação lipídica e dieta animal (BEKHIT & FAUSTMAN, 2005).

Segundo Sañudo & Sierra (1993) e Osório et al. (2009), a capacidade de retenção de água é um parâmetro bio-físico-químico que pode ser definido como maior ou menor nível de fixação da água de composição do músculo nas cadeias de actinmiosina, que no momento da mastigação se traduz em sensação de maior ou menor suculência, sendo avaliada de maneira positiva ou negativa pelo consumidor. Ainda, Pearce et al. (2011) conceitua capacidade de retenção de água como a capacidade que a carne tem de reter água durante o aquecimento, cortes, trituração ou prensagem.

Para Zeola et al. (2007), uma menor capacidade de retenção de água da carne implicará em maiores perdas do valor nutritivo pelo exsudato liberado, resultando carnes mais secas e com menor maciez. Uma pequena capacidade de retenção de água pode promover consideráveis perdas de umidade e, conseqüentemente, perda de peso na carcaça.

Como ressaltado por Ramos & Gomide (2007), para a indústria uma carne apresentando menor capacidade de retenção de água está associada a perdas econômicas, em decorrência de perdas provenientes de gotejamento excessivo durante o armazenamento, transporte e comercialização, o que implica menor qualidade tanto na carne destinada ao consumo direto, como para a carne destinada à industrialização (ROÇA, 2016).

Entre as características de qualidade da carne, a maciez é considerada o atributo organoléptico mais importante para a satisfação do consumidor no momento da ingestão (BEHRENDTS et al., 2005). De acordo com Osório et al. (2009) a maciez é definida como a facilidade de mastigação avaliada principalmente pela resistência ao corte e ao mastigar.

A maciez da carne é dependente das características das fibras musculares, e essa, por sua vez depende de inúmeros fatores como raça, genótipo, sexo, hormônios, desempenho de crescimento, dieta, localização do músculo, exercícios (JOO, 2013), além de diversos fatores *post mortem*. Segundo Frylinck et al. (2009) os efeitos da variação genética na maciez da carne pode ser mascarado pelas variações ambientais no *post mortem* como a estimulação elétrica e a temperatura de resfriamento, portanto os fatores pós abate podem apresentar maior contribuição na maciez final do produto.

2.5 ÁCIDOS GRAXOS NA CARNE DE OVINOS

Nos últimos anos, muito tem sido abordado a respeito da relação existente entre a nutrição humana e a saúde, frente aos problemas relacionados à ingestão de determinados

alimentos (NUERNBERG et al., 2008; MCAFEE et al., 2010). Quando se almeja qualidade de vida e adoção de atitudes compatíveis com a prevenção de doenças, é cada vez maior o interesse da população em saber a respeito do alimento que está consumindo (SCOLLAN et al., 2006), inclusive os parâmetros nutricionais desejáveis destes, no que se refere ao teor de gordura da carne e sua composição em ácidos graxos.

O consumo de carne vermelha é frequentemente associado ao aumento na incidência de doenças cardiovasculares e oncológicas no homem (JENKINS et al., 2008). Contudo, esta hipótese, formulada há mais de meio século, é baseada somente no fato de que a gordura produzida pelos ruminantes tende a ser mais saturada que a gordura de alguns óleos vegetais de uso comum, sendo esta conexão identificada entre a dieta e a ocorrência de doenças (BAUNGARD & KEATING, 2007).

A qualidade da carcaça e da carne ovina depende de vários fatores, dentre eles a composição de ácidos graxos, sendo esta influenciada pela dieta, sexo, raça e idade do animal (CHOI et al., 2000; ZEMBAYASHI et al., 1995). Como mencionado anteriormente, em ruminantes, a composição dos ácidos graxos da carne é influenciada em maior extensão, por fatores dietéticos.

Em ruminantes, os lipídios insaturados provenientes da dieta são submetidos a uma transformação química, efetuada pelos microrganismos ruminais chamada biohidrogenação. Essa reação culmina com extensiva saturação de ácidos graxos insaturados e na sua incorporação no músculo dos animais (COOPER et al., 2004; COSTA et al., 2008). O ácido linoleico (C18:2 cis9cis12) por exemplo, durante o processo da biohidrogenação, sofre isomerização e é convertido em ácido rumênico (C18:2 cis9 trans11), posteriormente, este sofre uma redução e é transformado em ácido vacênico (C18:1 trans11) e, é convertido finalmente em ácido esteárico (C18:0). Todavia, os ácidos graxos de cadeia longa e poliinsaturados são menos propensos a esta transformação química e sua inclusão na dieta de ruminantes pode ser uma alternativa para melhorar o perfil de ácidos graxos da carne (PONNAMPALAM et al., 2001).

De acordo com Oliveira et al. (2008) e Mourão et al. (2005), houve aumento do interesse dos consumidores pela aquisição de alimentos que, além de apresentarem características nutricionais desejáveis, possam fornecer também substâncias benéficas à saúde humana. Estes alimentos são denominados de funcionais, podendo ser citados os ácidos graxos como o ácido linoleico conjugado (CLA).

O CLA é formado no rúmen pela biohidrogenação incompleta de ácidos graxos poliinsaturados da dieta, mas também endogenamente, através da dessaturação do ácido graxo

C18:1-t11 por uma enzima presente na glândula mamária e tecido adiposo (BAUMAN & GRINARI, 2001; CORL et al., 2001), a Delta-9-dessaturase. Como o C18:1-11 também é produzido através da biohidrogenação, este processo é o grande responsável pela existência de CLA e sua predominância em ruminantes explica a razão de serem seus produtos, como a carne e o leite as maiores fontes de CLA (MEDEIROS, 2002).

Embora a carne de ruminantes apresente altos níveis de CLA, quando comparada a dos monogástricos, possui maior concentração de ácidos graxos saturados e menor relação poliinsaturados:saturados, e essa grande diferença é resultado do processo de biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados pela ação de microrganismos ruminais (FRENCH et al., 2000). Assim, dados da literatura apontam valores inferiores a 4 (Wood et al., 2004), 5 (Nantapo et al., 2015) ou 10 (INSTITUTE of MEDICINE, 2002-2005) como desejáveis a saúde humana.

A gordura de cordeiros terminados em confinamento tem maior porcentagem de ácidos graxos poliinsaturados, isso devido à grande quantidade de concentrado ingerido, que modifica as reações bioquímicas do rúmen. E a partir disso, alguns ácidos graxos poliinsaturados podem escapar do processo de hidrogenação por parte das bactérias e fazer parte dos lipídios estruturais desses microrganismos. Animais criados em pastagem apresentam adequada proporção de n-6/n-3 na gordura intramuscular em comparação a essas mesmas gorduras de cordeiros no confinamento. Essa diferença é proveniente da composição de ácidos graxos da dieta, pois a forragem contém alto nível de ácidos graxos linolênico (C18:3), precursor da série n-3 de ácidos graxos. O concentrado, no entanto, tem alto teor de ácido linoléico (C18:2), precursor da série n-6 (DÍAZ et al., 2002).

Diversos índices são realizados para avaliação da qualidade nutricional de lipídeos em carcaças de ruminantes com base na composição de ácidos graxos, estes relacionam o conteúdo de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poliinsaturados séries n-6 e n-3. As razões ácido graxo poliinsaturado/ ácido graxo saturado e n-6/n-3 têm sido utilizadas para análise do valor nutricional de óleos e gorduras e indicar o potencial colesterolêmico. Índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) são utilizados como medidas de avaliação e comparação da qualidade de diferentes alimentos e dietas (ARRUDA et al 2012).

Oliveira et al. (2013) em revisão sobre a influência da dieta, sexo e genótipo sobre o perfil lipídico da carne de ovinos, relataram os efeitos opostos que os ácidos graxos das famílias ômega-6 e ômega-3 exercem no organismo. Como relatado pelos autores, os produtos metabólicos dos ácidos graxos ômega-6 atuam promovendo inflamação e tumores, enquanto que os ácidos graxos ômega-3 atuam de forma contrária. Além disso, os autores enfatizaram a importância da manutenção de um equilíbrio dietético entre os dois tipos de

ácidos graxos, uma vez que funcionam em conjunto, promovendo a saúde e equilíbrio orgânico.

2.6 PRODUÇÃO DE ALGODÃO NO BRASIL

O Brasil exerce papel importante no mercado mundial de algodão, sendo o 5º maior produtor e o 4º maior exportador em 2016, com valores de 1,29 e 0,94 milhões de toneladas respectivamente (ICAC, 2016), tendo como principais produtores os estados do Mato Grosso (57,4 %), Bahia (28,8 %), Mato Grosso do Sul (3,6 %) e Goiás (3,6 %), perfazendo 93,4 % da produção nacional. As projeções para o algodão em pluma indicam produção de 2,2 milhões de toneladas em 2024/25. Essa expansão corresponde a uma taxa de crescimento de 3,6 % ao ano durante o período da projeção e a uma variação de 43,1 % na produção (BRASIL, 2015).

O Brasil ainda caracteriza-se como um importante exportador mundial de algodão, uma vez que quase 50 % da produção é exportada (BRASIL, 2015) e, estima-se que nos próximos dez anos ocorra um crescimento em torno de 4,5 % ao ano, atingindo 58,4 % da produção destinado a exportação, representando 14 % da produção mundial de algodão (USDA, 2015; OECD-FAO, 2015).

O custo do transporte de caroço de algodão é muito maior do que apenas o transporte do linter (pluma). Assim, normalmente, o descaroçamento de algodão é realizado junto ao local de produção. Conseqüentemente, há uma grande quantidade de caroço de algodão disponível a baixo custo, principalmente nos quatro maiores estados produtores (BRASIL, 2015). Assim, este caroço de algodão é utilizado diretamente para a nutrição de ruminantes ou para a extração de óleo, o qual é utilizado para consumo humano ou produção de biodiesel.

Ao mesmo tempo, destes estados grandes produtores de algodão, três também são grandes produtores de gado, uma vez que Mato Grosso representa 15,8 %, Mato Grosso do Sul 11,7 % e Goiás 10,1 % do total de bovinos abatidos no país (BRASIL, 2015).

Dessa forma, estes estados apresentam uma grande disponibilidade de caroço de algodão, sendo estes de baixo custo, destacando-os como fonte de nutrientes alternativos para a alimentação animal, em especial para os ruminantes (LOUVANDINI et al., 2007), visto que são os mesmos locais de maior produção pecuária, proporcionando um aumento do uso de caroço de algodão nos sistemas alimentares.

2.7 UTILIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO CAROÇO DE ALGODÃO NA NUTRIÇÃO ANIMAL

A transformação do algodão envolve inicialmente a separação de fibras longas das sementes, processo chamado de descaroçamento, que resulta em uma semente de algodão, que têm fibras finas e curtas (SANTOS et al., 2009b), sendo um dos co-produtos da cultura do algodão mais utilizados na alimentação dos ruminantes, principalmente na região centro-oeste, pois esta se apresenta como uma das maiores regiões produtoras de algodão do Brasil (SANTOS & MOSCARDINI, 2007).

A utilização deste, ainda tem ocorrido, normalmente, em substituição à parte dos cereais na fração concentrada da dieta (WILKS et al., 1991), principalmente, em virtude de seus altos teores de lipídios, que possibilitam elevar a densidade energética das dietas sem diminuir os teores de fibra e proteínas (COPPOCK et al., 1987). Uma vez que possui características de forragem, casca e linter, na proporção de 36 % e de concentrado, óleo e farelo, em 64 % (COPPOCK et al., 1985).

O caroço de algodão apresenta as seguintes porções: casca, linter e plumas. Na indústria têxtil, a maior parte da pluma é retirada, restando três partes a serem consideradas: a fibra, composta pelo linter (pura celulose com alta degradabilidade) e sobras de pluma, a casca e a amêndoa (ROGÉRIO et al, 2003). Este por sua vez apresenta uma composição muito variável, com 23 % de proteína bruta (PB), 17,8 % de extrato etéreo (EE), 47 % de fibra em detergente neutro (FDN), 39 % de fibra em detergente ácido (FDA) e 95 % de nutrientes digeríveis totais (NDT), na base da matéria seca segundo NRC (2007).

Já Bertrand et al. (2005) encontraram valores médios diferentes, com 92,4 % de matéria seca (MS), 24,7 % de proteína bruta (PB), 52 % de fibra em detergente neutro (FDN), 39,1 % de fibra em detergente ácido (FDA), 16,9 % de extrato etéreo (EE), 10,9 % de lignina e 4 % de matéria mineral. Assim como Valadares Filho (2006) encontrou valores médios de 91 % de MS, 23 % de PB, 46 % de FDN, 36 % de FDA e 19 % de EE e, Costa et al. (2011) encontrara m valores médio diferentes aos anteriores, com 92,89; 22,42; 19,35; 44,65; 29,37; 3,18 % para matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, e matéria mineral, respectivamente, demonstrando dessa forma a necessidade de análise prévia deste produto antes da sua inclusão nas dietas.

Em virtude destas características, o caroço de algodão é um ingrediente “especial” para ruminantes, podendo ser definido como um concentrado, devido ao seu alto teor de gordura e de proteína. Por outro lado, o seu teor de fibra eficaz no rúmen é semelhante ao do volumoso. Assim, a substituição de forragem por caroço de algodão é um alvo de alguns

estudos como, por exemplo, Bernardes et al. (2007), que forneceu caroço de algodão em concentrado (13,5 %) ad libitum aos vitelos e concluiu que era um bom substituto para o feno como fonte de fibra na dieta dos bezerros.

Ainda, o caroço de algodão apresenta o seguinte perfil de ácidos graxos: 0,77 % mirístico (C14:0); 24,23 % palmítico (C16:0); 0,57 % palmitoléico (C16:1); 2,28 % esteárico (C18:0); 15,45 % oléico (C18:1); 55,72 % linoléico (C18:2); 0,18 % linolênico (C18:3); 0,25 % araquídico (C20:0); 0,19 % behênico (C22:0) e 0,11 % lignocérico (C24:0). E compreende um perfil de aminoácidos é composto por 8,2 % de aspartato; 3,1 % de treonina; 4,1 % de serina; 16,5 % de glutamina; 4,0 % de prolina; 3,8 % de glicina; 3,6 % de alanina; 1,1 % de cisteína; 4,5 % de valina; 1,3 % de metionina; 3,0 % de isoleucina; 5,6 % de leucina; 2,7 % de tirosina; 4,9 % de fenilalanina; 2,6 % de histidina; 4,4 % de lisina; 9,7 % de arginina e 1,0 % de triptofano (BERTRAND et al., 2005).

Apesar de ser um produto de elevado valor nutricional, possui algumas limitações nutricionais, sendo a principal delas a presença do gossipol presente principalmente na semente (caroço), em quantidades variáveis entre 0,6 e 2 % podendo essa concentração variar em relação a espécie e variedades existentes de sementes de algodão (BENBOUZA et al., 2002). Entretanto, o uso do caroço de algodão deve ser analisado com cuidado devido ao alto teor de gordura, pois em ruminantes (geralmente acima de 7 %) isso está relacionado à menor digestibilidade da fibra e conseqüentemente menor ingestão de alimento (NRC, 2007).

2.8 GOSSIPOL

Este composto está presente em membros da família das *Malvaceae*, tais como as plantas do algodão, sendo uma substância que ocorre naturalmente com a função de proteção contra os insetos, apresentando-se sob a forma de isômeros (+) e (-), sendo o último de maior atividade biológica, pela capacidade de ligar-se imediatamente as proteínas plasmáticas (RISCO et al., 2002; McCAUGHEY et al., 2005).

Apresenta uma estrutura relativamente complexa, onde Kamga et al. (2000) conceituam como sendo um composto aldeído polifenólico considerando a existência de grupamentos hidroxila ligados aos anéis aromáticos e quimicamente nomeia-o como 1,1',6,6',7,7'-hexahidroxi-5,5'-diisopropil-3,3'-dimetil-(2,2'-dinaftaleno)-8,8'-dicarboxaldeído.

No entanto, Gomes et al. (2014) e Gadelha et al. (2014) classificam como um composto polifenólico, biossintetizado por planta do gênero *Gossypium* da família *Malvaceae*, especificamente produzido em glândulas subepidérmicas e encontrado sobre cotilédones,

folhas, estípulas, sépalas, caule, ramos, frutos e na amêndoa da semente, apresentando baixo peso molecular.

Ainda, o gossipol existe nas formas livre e ligada. As formas ligadas ocorrem geralmente em concentrações mais elevadas do que a forma livre, exceto no caroço de algodão que contém mais forma livre (Wang et al., 2009). No entanto, essa concentração de gossipol no algodão pode variar de acordo com alguns fatores como as condições ambientais nas quais o algodão é cultivado, ou seja, quanto maior a temperatura ambiente do local de cultivo, menor será o teor, e quanto maior o índice pluviométrico, maior o teor de gossipol na planta. A variação também ocorre na dependência da espécie do algodoeiro, sendo a espécie *Gossypium hirsutum*, possuidora de teores mais baixos do que a espécie *Gossypium barbarens* (CRUZ, 2001).

Dessa forma, segundo Arieli (1998) os microrganismos do rúmen promovem as ligações do gossipol com o grupo e-amino da lisina de proteínas solúveis impedindo sua absorção. Por esta razão, os ruminantes têm a capacidade de tolerar o gossipol, mas o uso do caroço de algodão em ruminantes jovens, em pleno desenvolvimento ruminal, não é recomendado.

Porém, a intensidade do efeito tóxico do gossipol varia de acordo com o nível de consumo, o período, a idade e as condições de estresse desse animal (GAMBOA et al., 2001). A composição da dieta é outro fator que desempenha um papel importante no desenvolvimento de toxicidade do gossipol, onde dietas de alto teor concentrado favorecem a intoxicação por causar a passagem mais rápida do alimento e proporcionar pH ruminal menor, o que permite uma maior passagem de gossipol não ligado pelo rúmen (DANKE et al., 1965).

Além disso, animais podem tolerar níveis mais elevados de gossipol livre em dietas contendo caroço de algodão do que com farelo de algodão, visto que o gossipol é liberado de forma mais lenta, em virtude de permanecer mais tempo no rúmen e permitir maior quantidade de gossipol ligado. Outra possibilidade, é que algumas sementes permaneçam intactas após a mastigação, resultando em uma liberação mais lenta e gradual de gossipol, principalmente em ruminantes (ROGERS et al., 2002).

Visto isso, o excesso de gossipol na dieta pode trazer sérios problemas aos animais como: perda de apetite, depressão respiratória, anemia, edema pulmonar, dispnéia, fragilidade dos eritrócitos, hipertrofia do fígado, necrose do músculo cardíaco, problemas reprodutivos e morte súbita (BULLOCK et al., 2010). Porém, não há relatos de tratamento específico para intoxicação aguda por gossipol (BOVINO et al., 2008; NUNES et al., 2010).

O achado histológico mais consistente nas intoxicações por gossipol é a Necrose Hepática Centro-Lobular. Também se apresenta como uma cardiotoxina, embora o mecanismo da toxicidade cardíaca não seja clara. Já o edema generalizado é a lesão mais comum no pós morte, podendo encontrar outras alterações como congestão do pulmão e fígado, líquido (de cor “palha” apresentando elevada concentração de proteínas) na cavidade torácica e peritoneal e degeneração das fibras cardíacas (ROGERS et al., 2002; ZHANG et al., 2007; EFSA, 2008). Infelizmente, os sinais clínicos apresentados na intoxicação por gossipol são muito semelhantes a outras doenças de natureza infecciosa, parasitária ou nutricional, dificultando o diagnóstico.

Também, CHEEKE (1998) e SOTO-BLANCO (2008) relatam que vacas intoxicadas por gossipol podem apresentar taquipnéia e anemia caracterizada por redução na concentração de hemoglobina, isto pode ser em decorrência de que os minerais aos quais ocorre a ligação, o principal é o ferro, dando origem ao complexo gossipol-ferro. Como o ferro presente neste complexo não é utilizado desenvolve-se uma deficiência neste mineral, afetando principalmente a eritropoiese (CHEEKE, 1998; ANEJA et al., 2003; SOTO-BLANCO, 2008).

Arieli (1998) determinou que, para os machos bovinos em crescimento, doses de até 200 mg kg⁻¹ de gossipol livre foi segura, 400 mg kg⁻¹ foi tóxico e 800 mg kg⁻¹ ocasionou algumas mortes. Em estudo com os cordeiros, uma dieta com 20 mg kg⁻¹ de peso/dia de gossipol livre não causou qualquer sinal de intoxicação, indicando que esta concentração é segura para uso em confinamento de cordeiros.

Por outro lado, Rogers et al. (2002) recomendaram limites máximos de gossipol livre na dieta até 200 mg kg⁻¹ para pré-ruminantes, de 900 mg kg⁻¹ para bovinos em crescimento, de 600 mg kg⁻¹ para novilhos, 900 mg kg⁻¹ para os touros adultos e 1200 mg kg⁻¹ para vacas adultas.

Segundo EFSA (2008), foram encontrados efeitos reprodutivos e fragilização de eritrócitos em vacas que ingeriram doses entre 6 e 18 mg Kg⁻¹ de peso vivo e cardiomiopatia em cordeiros com doses entre 2 e 3 mg Kg⁻¹ de peso vivo. Ainda, quando humanos e ratos (ambos do sexo masculino) foram expostos a baixas doses (0,1 e 0,35 mg Kg⁻¹ de peso vivo) de gossipol, os principais órgãos atingidos foram os testículos, promovendo redução na espermatogênese.

Outra grande preocupação é a respeito do acúmulo de gossipol na carne, o que já foi demonstrado por Kim et al., (1996), podendo conduzir a alterações organolépticas do produto, além de um possível efeito tóxico sobre os consumidores.

2.9 ANÁLISE SENSORIAL

O teor de gordura presente na carne está altamente relacionado com os atributos sensoriais, uma vez que afeta maciez, sabor e suculência da carne. A gordura intramuscular, no momento do cozimento e mastigação, é liberada, estimulando a salivação e a percepção de suculência e maciez.

No entanto, a importância da gordura ocorre principalmente pela sua composição de ácidos graxos, assim como vários compostos como aminoácidos e nucleotídeos que contribuem para a formação do gosto e do odor da carne cozida (NORTHCUTT, 1997), alterando a palatabilidade da carne (CALKINS; HODGE, 2007).

A composição dos ácidos graxos, principalmente a elevada concentração de ácidos graxos insaturados na gordura, tem forte influência sobre o sabor da carne, pois estes ácidos graxos predispõe a rancificação da carne devido sua instabilidade de ligações duplas, nas quais favorecem a oxidação lipídica, gerando um sabor desagradável e uma deterioração da cor (LIU et al., 1995; MOTTRAM, 1998). A oxidação lipídica na carne é um fator limitante importante tanto para a qualidade da carne quanto para a aceitabilidade do consumidor (AALHUS; DUGAN, 2004).

A influência dos ácidos graxos no sabor da carne tem sido estudada por alguns pesquisadores. Wood et al. (2003) verificaram que as carnes com altos níveis de C18:2 oxidaram rapidamente quando aquecidas, produzindo vários compostos voláteis, incluindo aldeídos pentanal e hexanal, afetando qualidade sensorial da carne. Por outro lado Jenschke et al. (2008) verificaram que ao aumentar a porcentagem de 18:2 n-6 o sabor desagradável diminuía, enquanto ao elevar a concentração de 18:2 cis 9 - trans 11 e 20:1 n-9 o sabor desagradável ficava mais evidente. Além da associação do perfil lipídico com a alteração de sabor e aroma, há relatos que a utilização de caroço de algodão pode provocar alterações no sabor da carne (COSTA et al., 2013; PESCE, 2008).

Neste sentido, Medeiros et al. (2005) conduziram um experimento com bovinos confinados alimentados com dietas com até 9,5 % da matéria seca de caroço de algodão e não encontraram nenhum efeito sobre o sabor da carne. Da mesma forma, Shibuya (2004) não observou diferenças nas características sensoriais da carne de animais alimentados com inclusão de 20 % de caroço de algodão na dieta.

Madruga et al. (2008), ao utilizarem 0, 20, 30 e 40 % de caroço de algodão na dieta de ovinos não encontraram alterações nas concentrações de ácidos graxos saturados, ácidos graxos monoinsaturados, poliinsaturados e insaturados totais na carne ovinos alimentados com caroço de algodão e não foram observadas diferenças para aroma e sabor da carne.

O mesmo foi observado por Cranston et al. (2006), que ao alimentarem bovinos com 15 % de caroço de algodão não observaram diferença nas características sensoriais.

Entretanto, Pesce (2008) verificou que a inclusão de até 20 % de caroço de algodão em dietas para bovinos confinados alterou o aroma e a textura da carne. Costa et al. (2013) também observaram que a adição de caroço de algodão até 34,09 % na dieta do animais alterou negativamente o aroma e sabor da carne. No entanto, Souza (2008) observou maior sabor estranho na carne dos animais alimentados com 19 % de caroço de algodão na dieta do que em dietas contendo soja *in natura* e semente de girassol.

Ainda, Ferrinho (2016) estudando o uso de caroço de algodão e vitamina E na terminação de bovinos nelore em confinamento também verificou que a inclusão de 30 % da matéria seca de caroço de algodão na dieta resultou em produtos cárneos com maior maciez e succulência. Porém afetou negativamente o sabor do produto cárneo final, tanto carne “in natura” quanto hambúrgueres, conferindo-lhes um sabor estranho, independente do período em que o animal permaneceu confinado.

2.10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALHUS, J. L.; DUGAN, M. E. R. Spoilage, factors affecting (b) oxidative and enzymatic. In: JENSEN, W. K. DEVINE, C.; DIKEMAN, M. (Ed.). **Encyclopedia of meat sciences**. Oxford: Elsevier, p.1330-1336, 2004.

ABDULLAH, A.Y.; QUDSIEH, R.I. Carcass characteristics of Awassi ram lambs slaughtered at different weights. **Livestock Science**, v.117, n.2, p.165-175, 2008.

ALMEIDA Jr. G.A.; COSTA, C.; MONTEIRO, A.L.G.; GARCIA, C.A.; MUNARI, D.P.; NERES, M.A. Desempenho, características de carcaça e resultado econômico de cordeiros criados em creep feeding com silagem de grãos úmidos de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.1048-1059, 2004.

ANEJA R.; DASS, S.K.; CHANDRA, R. Modulatory influence of tin-protoporphyrin on gossypol-induced alterations of heme oxygenase activity in male wistar rats. **European Journal of Drug Metabolism and Pharmacokinetics**, v.28, p.237-243, 2003.

ANUALPEC - **Anuário da Pecuária Brasileira**. 21^a ed. Informa Economics South America/FNP, São Paulo, 2014, 346p.

ARICETTI, J.A.; ROTTA, P.P.; PRADO, R.M. Carcass characteristics, chemical composition and fatty acid profile of *Longissimus* muscle of buss and steers finished in a pasture system. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, v.21, n.10, p.1441-1448, 2008.

- ARIELI, A. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. **Animal Feed Science and technology**, v.72, p.97-110, 1998.
- ARRUDA, P.C.L.; PEREIRA, E.S.; PIMENTEL, P.G.; BOMFIM, M.A.D.; MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; FONTENELE, R.M.; REGADAS FILHO, J.G.L. Perfil de ácidos graxos no *Longissimus dorsi* de cordeiros Santa Inês alimentados com diferentes níveis energéticos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.3, p.1229-1240, 2012.
- BATISTA, A.S.M.; COSTA, R.G.; GARRUTI, D.S.; MADRUGA, M.S.; QUEIROGA, R.C.R.E.; ARAÚJO FILHO, J.T. Effect of energy concentration in the diets on sensorial and chemical parameters of Morada Nova, Santa Inez and Santa Inez×Dorper lamb meat. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.9, p.2017-2023, 2010.
- BAUMAN, D.E.; GRIINARI, J.M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. **Livestock Production Science**, v.70, p.15-29, 2001.
- BEHRENDTS, J.M.; GOODSON, K.J.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; MORGAN, W.W.; REAGAN, J.O.; GWARTNEY, B.L.; WISE, J.W.; SAVELL, J.W. Beef customer satisfaction: USDA quality grade and marination effects on consumer evaluations of top round steaks. **Journal of Animal Science**, v.83, n.3, p.662-670, 2005.
- BEKHIT, A.E.D.; FAUSTMAN, C. Metamyoglobin reducing activity. **Meat Science**, v.71, p.407-439, 2005.
- BENBOUZA, H.; LOGNAY, G.; PALM, R.; BAUDOINA, J.P.; MERGEAI, G. Development of a visual method to quantify the gossypol content in cottonseeds. **Crop Science**, v.42, n.6, p.1937-1942, 2002.
- BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. **New concepts of cattle growth**. Sydney: Sydney University, 1976, 240 p.
- BERNARDES, E.B.; COELHO, S.G.; CARVALHO, A.U.; OLIVEIRA, H.N.; REIS, R.B.; SATURNINO, H.M.; SILVA, C.A.; COSTA, T.C. Efeito da substituição do feno de Tifton 85 pelo caroço de algodão como fonte de fibra na dieta de bezerros. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.4, p.955-964, 2007.
- BERTRAND, J.A.; SUDDUTH, T.Q.; CONDON, A.; JENKINS, T.C.; CALHOUN M.C. Nutrient content of whole cottonseed. **Journal of Dairy Science**, v.88, n.4, p.1470-1477, 2005.
- BOAS, A.S.V.; ARRIGONI, M.D.B.; CINIRO COSTA, A.C.S.; CHARDULO, L.A.L. Idade à desmama e manejo alimentar na produção de cordeiros superprecoces. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1969-1980, 2003.

- BONACINA, M.S.; OSÓRIO, M.T.M.; OSÓRIO, J.C.S.; CORRÊA, G.F.; HASIMOTO, J.H.; CORRÊA, G.F. Avaliação sensorial da carne de cordeiros machos e fêmeas Texel x Corriedale terminados em diferentes sistemas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.8, p.1758-1766, 2011.
- BOVINO, F.; CADIOLI, F.A.; ROZZA, D.B.; MENDES, L.C.N.; FEITOSA, F.L.F.; ARAÚJO, M.A.; TEODORO, P.H.M.; PEIRÓ, J.R. Intoxicação por gossipol em ovinos: relato de casos. **Revista Veterinária e Zootecnia**, v.15, n.2, p.24, 2008.
- BRASIL. **Projeções do agronegócio**. Brasil 2014/15 a 2024/25. Projeções de longo prazo. 2015. 133p. Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio/projecoes-do-agronegocio-brasil-2014-2015-a-2024-2025.pdf/view>>. Acesso em: 04 set. 2016.
- BRIDI, A.M.; CONSTANTINO, C.; TARSITANO, M.A. **Qualidade da carne de bovinos produzidos em pasto**. In: Simpósio de Produção Animal a Pasto. p.311-332. Maringá. Sthampa, 2011.
- BULLOCK, S.; HEWITT A, D.G.; STANKOA, R.L.; DOWDB, M.K.; RUTLEDGEC, J.; DRAEGER, D.A. Plasma gossypol dynamics in white-tailed deer: Implications for whole cottonseed as a supplemental feed. **Small Ruminant Research**, v.93, n.2, p.165-170, 2010.
- CALKINS, C. R.; HODGEN, J. M. A fresh look at meat flavor. **Meat Science**, v.77, p.63-80, 2007.
- CAMPOS, P.F.; GOMIDE, A.P.C; SCOTTÁ, B.A.; BARROCA, C.C.; SOARES, M.H. Impactos da seleção genética na qualidade da carne suína. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.8, n.2, p.1-17, 2014.
- CEZAR, M.F.; SOUSA, W.H. **Carcças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação, classificação**. Uberaba, MG: Agropecuária Tropical, 2007, 232p.
- CHEEKE P.R. Natural toxicans in feeds, forages, and poisonous plants. 2.ed. Interstate Publishers, Danville, 1998, 479p.
- CHEN, B.B.; LIN, H.; HU, G.X.; SU, Y.; ZHOU, H.Y.; LIAN, Q.Q.; CAI, H.; HARDY, D.O.; GU, D.Y.; GE, R.S. The (+)- and (-)-gossypols potently inhibit human and rat 11 betahydroxysteroid dehydrogenase type 2. **Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology**, v.113, n.3, p.177-181, 2009.
- CHOI, N.J.; ENSER, M.; WOOD, J.D.; SCOLLAN, N.D. Effect of breed on the deposition in beef muscle and adipose tissue of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids. **Journal Animal Science**, v.71, p.509-519, 2000.

- COOPER, S.L.; SINCLAIR, L.A.; WILKINSON, R.G.; HALLETT, K.G.; ENSER, M.; WOOD, J.D. Manipulation of the n-3 polyunsaturated fatty acid content of muscle and adipose tissue in lambs. **Journal Animal Science**, v.82, p.1461-1470, 2004.
- COPPOCK, C.E.; LANHAM, J.K.; HONNER, J.I. A review of the nutritive value and utilization of whole cottonseed, cottonseed, cottonseed meal and associated by products by dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.18, n.2, p.89-129, 1987.
- COPPOCK, C.E.; MOYA, J.R.; WEST, J.W.; NAVE, D.H.; LABORE, J.M. Effect of lint on whole cottonseed passage and digestibility and diet choice on intake of whole cottonseed by Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v.68, n.5, p.1198-2006, 1985.
- CORL, B.A.; BAUMGARD, L.H.; DWYER, D.A.; GRINARI, J.M.; PHILIPS, B.S.; BAUMAN, D.E. The role of delta-9-desaturase in the production of cis-9, trans-11 CLA and other delta-9 desaturated fatty acids in milk fat. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.12, n.11, p.622-630, 2001.
- COSTA, Q.P.B.; WECHSLER, F.S.; COSTA, D.P.B.; POLIZEL NETO, A.; ROÇA, R.O.; BRITO, T.P. Desempenho e características da carcaça de bovinos alimentados com dietas com caroço de algodão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.3, p.729-735, 2011.
- COSTA, R.G.; CARTAXO, F.Q.; SANTOS, N.M.; QUEIROGA, R.C.R.E. Carne caprina e ovina: composição lipídica e características sensoriais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.3, p.497-506, 2008.
- COSTA, D.P.B.; ROÇA, R.O.; LANNA, D.P.D.; LIMA, E.S.; BARROS, W.M. Meat characteristics of Nellore steers fed whole cottonseed. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.42, n.3, p.183-192, 2013.
- CPT. **Centro de Produções Técnicas**. 2010. Disponível em: <<http://www.cpt.com.br/artigos/ovinos-deslanados-excelente-opcao-para-ovinocultores-brasileiros>>. Acesso em: 10 jun. 2016.
- CRANSTON, J. J.; RIVERA, J.D.; GALYEAN, M.L.; BRASHEARS, M.M.; BROOKS, J.C.; MARKHAM, C.E.; MCBETH, L.J.; KREHBIEL, C.R. Effects of feeding whole cottonseed and cottonseed products on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.84, n.8, p.2186-2199, 2006.
- CRUZ, C.M.O. **Substâncias tóxicas ou anti-nutricionais dos alimentos para animais**. 2001. 47p. Dissertação (Mestrado em produção animal), Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2001.

- DANKE, R.J.; PANCIERA, R.J.; TILLMAN, A.D. Gossypol toxicity studies with sheep. **Journal Animal Science**, v.24, p.1199-1201, 1965.
- DIAZ, M.T.; VELASCO, S.; CANEQUE, V.; LAUZURICA, S.; HUIDOBRO, F.R.; PÉREZ, C.; GONZÁLEZ, J. MANZANARES, C. Use of concentrate or pasture for fattening lambs and its effect on carcass and meat quality. **Small Ruminant Research**, v.43, n.3, p.257–268, 2002.
- DUARTE, T.F. Características físico-químicas da carne de caprinos. **Berro**, n.88, p.138-144, 2006.
- DUCATTI, T.; PRADO, I.N.; ROTTA P.P; PRADO, R.M.; PEROTTO, D.; MAGGIONI, D.; VISENTAINER, J.V. Chemical composition and fatty acid profile in crossbred (Bos taurus vs. Bos indicus) young bulls finished in a feedlot. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.22, p.433-439, 2009.
- EFSA - European Food Safety Authority. Gossypol as undesirable substance in animal feed – Scientific Opinion of the panel on contaminants in the food chain. **The EFSA Journal**, v.908, p.1-55, 2008.
- FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Production: live animals, livestock primary, livestock processed; Trade: countries by commodity (imports and exports), 2013. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Access in: 15 of march of 2016.
- FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Food Outlook - Biannual report on global food markets, FAO, Rome, 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-I4581E.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2016.
- FAUSTMAN, C.; SUN, Q.; MANCINI, R.; SUMAN, S.P. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. **Meat Science**, v.86, p.86-94, 2010.
- FERRÃO, S. P. B. **Características morfométricas, sensoriais e qualitativas da carne de cordeiros**. 2006. 175p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2006.
- FERREIRA, M.A. **Desempenho, exigências nutricionais e eficiência de utilização da energia metabolizável para ganho de peso de bovinos F1 Simental x Nelore**. 1997. 97p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.
- FERRINHO, A.M. **Caroço de algodão integral e vitamina E em dietas para bovinos Nelore, confinados por 83, 104 e 111 dias**. 2016. 111p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2016.

- FRANCO G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9.ed. São Paulo: Atheneu, 1999, 307p.
- FRENCH, P.; STANTON, C.; LAWLESS, F.; O'RIORDAN, E.G.; MONAHAN, F.J.; CAFFREY, P.J. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. **Journal Animal Science**, v.78, p.2849-2855, 2000.
- FRYLINCK, L.; VAN WYK, G.L.; SMITH, T.P.L.; STRYDOM, P.E.; MARLE KOSTER, E.; WEBB, E.C.; KOOHMARAIE, M.; SMITH, M.F. Evaluation of biochemical parameters and genetic markers for association with meat tenderness in South African feedlot cattle. **Meat Science**, v.83, p.657-665, 2009.
- GADELHA, I.C.N.; FONSECA, N.B.S.; OLORIS, S.C.S.; SOTO-BLANCO, B. Gossypol toxicity from cottonseed products. **The Scientific World Journal**, p.1-11, 2014.
- GAMBOA, D.A.; CALHOUN, M.C.; KUHLMANN, S.W.; HAQ, A.U.; BAILEY, C.A.. Use of expanded cottonseed meal in broiler diets formulated on a digestible amino acid basis. **Poultry Science**, v.80, n.6, p.789-94, 2001.
- GAO, X.; WANG, Z.; MIAO, J.; XIE, L.; DAI, Y.; LI, X.; CHEN, Y.; LUO, H.; DAI, R. Influence of different production strategies on the stability of color, oxygen consumption and metmyoglobin reducing activity of meat from Ningxia Tan sheep. **Meat Science**, v.96, p.769-774, 2014.
- GARCIA, I.F.F.; PÉREZ, J.R.O.; OLIVEIRA, M.V. Característica de carcaça de cordeiros Texel x Bergamácia, Texel x Santa Inês puros, terminados em confinamento alimentados com casca de café como parte da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.564-572, 2000.
- GEAY, Y.; BAUCHART, D.; HOCQUETTE, J.F.; CULIOLI, J. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. **Reproduction Nutrition Development**, v.41, p.1-26, 2001.
- GOMES, A.H.B.; SANTOS, M.D.; MURARO, L.S.; CAMARGO, L.M.; COSTA, D.S.; FREITAS, S.H.; FIALKOSKI JÚNIOR, D.A.; MARTINS FILHO, A. Avaliação de parâmetros hematológicos e bioquímicos de touros submetidos a dietas com diferentes níveis de gossipol livre. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v.8, p.161-180, 2014.
- GUERRERO, A.; VALERO, M.V.; CAMPO, M.M.; SAÑUDO, C. Some factors that affect ruminant meat quality: from the farm to the fork. Review. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.35, p.335-347, 2013.

HUERTA-LEIDENZ, N.O.; CROSS, H.R.; LUNT, D.K.; PELTON, L.S.; SAVELL, J.W.; SMITH, S.B. Growth, carcass traits, and fatty acid profiles of adipose tissues from steers fed whole cottonseed. **Journal of Animal Science**, v.69, n.9, p.3665-3672, 1991.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Produção da Pecuária Municipal, v.41, p.1-108, 2013. Disponível em: <http://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Producao_da_Pecuaria_Municipal/2013/ppm2013.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2016.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Produção da Pecuária Municipal, v.31, p.1-31, 2003. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/ppm/2003/ppm2003.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

ICAC - International Cotton Advisory Committee. **Cotton: review of the world situation**. Washington, USA, December, 2016, 10p.

INSTITUTE OF MEDICINE (F.A.N.B). (2002–2005). Dietary reference intakes (DRIs): Estimated average requirements. Washington, DC: National Academy of Sciences.

JAY B.; FOX, J. The Chemistry of Meat Pigments. **Journal of Agricultural and of Chemistry**, v.14, n.3, p.207-210, 1966.

JENKINS, T.C.; WALLACE, R.J.; MOATE, P.J.; MOSLEY, E.E. Board-invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**, v.86, p.397-412, 2008. BAUNGARD, L.H.; KEATING, A.F. Facts and myths about the effects of Milk fatty acids on human health. In: FOUR-STATE DAIRY NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE, 2007, Dubuque. **Proceedings of...** Dubuque: p. 59- 63. 2007.

JOHNSON, D.D.; MCGOWAN, C.H. Diet management effects on carcass attributes and meat quality of young goats. **Small Ruminant Research**, v.28, n.3, p.93-98, 1998.

JOO, S.T. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. **Meat Science**, v.95, p.828-836, 2013.

KAMGA, R; KAYEM, G.J; ROUXHET, P.G. Adsorption of gossypol from cottonseed oil on oxides. **Journal of Colloid and Interface Science**, v.232, p.198-206, 2000.

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

LARA, V.; CARRER C.C.; GAMEIRO, A.H.; FIRETI, R. O mercado nacional da ovinocultura. Congresso Brasileiro de Zootecnia. **Anais...** ZOOTEC 2009, Águas de Lindóia, SP, 2009.

- LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005, 384p.
- LIU, Q.; LANARI, M.C.; SCHAEFER, D.M. A. Review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3131-3140, 1995.
- LOUVANDINI, H.; NUNES, G.A.; GARCIA, J.A.S. Performance, carcass characteristics and body constituents of Santa Inês sheep fed with sunflower meal in replacement of soybean meal. **Brazilian Journal of Animal Science**, v.36, n.3, p.603-609, 2007.
- MADRUGA, M.S.; VIEIRA, T.R.L.; CUNHA, M.G.G. FILHO, J.M.P.; QUEIROGA, R.C.R.E.; SOUSA, W.H. 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**, v.37, p.1496-1502, 2008.
- MAGGIONI, D.; MARQUES, J.A.; PEROTTO, D.; ROTTA, P.P.; DUCATTI, T.; MATSUSHITA, M.; SILVA, R.S.; PRADO, I.N. Bermuda Grass hay or sorghum silage with or without yeast addition on performance and carcass characteristics of crossbred Young bulls finished in feedlot. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, v.22, n.2, p.206-215, 2009.
- MANCINI, R.A.; HUNT, M.C. Current research in meat color. **Meat Science**, v.71, p.100-121, 2005.
- MARTÍNEZ-CEREZO, S.; SAÑUDO, C.; PANEA, B.; MEDEL, I.; DELFA, R.; SIERRA, I.; BELTRÁN, J.A.; CEPERO, R.; PLLETA, J.L. Breed, slaughter weight and ageing time effects on physico-chemical characteristics of lamb meat. **Meat Science**, v.69, p.325-333, 2005.
- MCAFEE, A.J.; MCSORLEY, E.M.; CUSKELLY, G.J.; MOSS, B.W.; WALLACE J.M.; BONHAM, M.P.; FEARON, A.M. Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. **Meat Science**, v.84, n.1, p.1-13, 2010.
- MCCAUGHEY, K.; DEPETERS, E.J.; ROBINSON, P.H.; SANTOS, J.E.P.; PAREAS, J.W.; TAYLOR, S.J. Impact of feeding whole upland cottonseed, with or without cracked Pima cottonseed with increasing addition of iron sulfate, on productivity and plasma gossypol of lactating dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.122, n.3-4, p.241-256, 2005.
- MEDEIROS, S.R. **Ácido linoléico conjugado: teores nos alimentos e seu uso no aumento da produção de leite com maior teor de proteína e perfil de ácidos graxos modificado**. 2002. 114p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2002.

- MEDEIROS, S. R.; TORRES, R. A. A.; BITENCOURT, L. P.; SILVA, M. C.; ROMERO, J. V.; ALBERTINI, T. Z.; CARPEJANI, G. C.; CÁCERES, C. A. Efeito do caroço de algodão na qualidade do “Longissimus dorsi” de bovinos de diferentes grupos genéticos terminados em confinamento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005.
- MOTTRAM, D. S. Flavor formation in meat and meat products: a review. **Food Chemistry**, v.62, p.415-424, 1998.
- MOURÃO, D.M.; MONTEIRO, J.B.R.; COSTA, N.M.B.; STRINGHETA, P.C.; MINIM, V.P.R.; DIAS, C.M.G. C. Ácido linoleico conjugado e perda de peso. **Revista Nutrição**, v.18, n.3, p.391-399, 2005.
- NANTAPO, C.W.T.; MUCHENJE, V.; NKUKWANA, T.T.; HUGO, A.; DESCALZO, A.; GRIGIONI, G.; HOFFMAN, L.C. Socio-economic dynamics and innovative technologies affecting health-related lipid content in diets: Implications on global food and nutrition security. **Food Research International**, v.76, n.4, p.896-905, 2015.
- NORTHCUTT, K. **Factors affecting poultry meat quality**. Athens: The University of Georgia, 1997, p.7.
- NRC - National Research Council. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. (1th ed.) Washington, D.C.: National Academy Press, 2007, 384p.
- NUERNBERG, K.; FISCHER, A.; NUERNBERG, G.; ENDER, K.; DANNENBERGER, D. Meat quality and fatty acid composition of lipids in muscle and fatty tissue of Skudde lambs fed grass versus concentrate. **Small Ruminant Research**, v.74, p.279-283, 2008.
- NUNES, F.C.R.; ARAÚJO, D.A.F.V.; BEZERRA, M.B.; SOTO-BLANCO, B. Effects of gossypol present in cottonseed cake on the spermatogenesis of goats. **Revista Veterinária e Zootecnia**, v.9, n.1, p.75-78, 2010.
- OECD-FAO **Agricultural Outlook 2015-2024: Special Feature – Brazil: Prospects and Challenges**. Group of Commodity Markets – Working Party on Agricultural Policies and Markets, p.26-27, 2015.
- OKEUDO N.L.; MOSS, B.E. Interrelationships amongst carcass and meat quality characteristics of sheep. **Meat Science**, v.69, p.1-8, 2005.
- OLIVÁN M.; MOCHA M.; MARTÍNEZ M.J.; GARCÍA P; NOVAL G.; OSORO K. **Análisis químico de la carne. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes**. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, p.181-203, 2001.

- OLIVEIRA, A.C.; SILVA, R.R.; OLIVEIRA, H.C.; ALMEIDA, V.V.S.; GARCIA, R.; OLIVEIRA, U.L.C. Influência da dieta, sexo e genótipo sobre o perfil lipídico da carne de ovinos. **Archivos Zootecnia**, v. 62 p. 57-72. 2013.
- OLIVEIRA, R.L., LADEIRA, M.M., BARBOSA, M.A.A.F., ASSUNÇÃO, D.M.P., MATSUSHITA, M., SANTOS, G.T., OLIVEIRA, R.L. Ácido linoléico conjugado e perfil de ácidos graxos no músculo e na capa de gordura de novilhos bubalinos alimentados com diferentes fontes de lipídios. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.1, p.169-178, 2008.
- ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de alimentos. Alimentos de origem animal**. Porto Alegre: Artmed, p.294, 2005.
- OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.M.; OLIVEIRA, N. R. M.; SIEWERDT, L. **Qualidade, morfologia e avaliação de carcaças**. Pelotas: UFPEL, 2002. 197 p.
- OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.M.; SAÑUDO, C. Características sensoriais da carne ovina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 292-300, 2009.
- PEARCE, K.L.; ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H.J.; HOPKINS, D.L. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes - A review. **Meat Science**, v.89, p.111-124, 2011.
- PESCE, D.M.C. **Efeito da dieta contendo caroço de algodão no desempenho, Nelore confinados**. 2008. 138 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.
- PILAR, R.C.; PÉREZ, J.R.O.; SANTOS, C.L.; PEDREIRA, B. C. Considerações sobre produção de cordeiros. **Boletim Agropecuário**, n.53, p.1-24, 2002.
- PONNAMPALAM, E.N.; SINCLAIR, A.J.; EGAN, A.R.; BLAKELEY, S.J.; LI, D.; LEURY, B.J. Effect of dietary modification of muscle long-chain n-3 fatty acid on plasma insulin and lipid metabolites, carcass traits, and fat deposition in lambs. **Journal Animal Science**, v.79, p.895-903, 2001.
- PRADO, I.N.; ITO, R.H.; PRADO, J.M.; PRADO, I.M.; ROTTA, P.P.; MATSUSHITA, M.; VISENTAINER, J.V.; SILVA, R.R. The influence of dietary soybean and linseed on the chemical composition and fatty acid profile of the longissimus muscle of feedlot-finished bulls. **Journal of Animal Feed Science**, v.17, n.3, p.307-317, 2008.
- PRATA, L.F. **Higiene e inspeção de carnes, pescado e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, 1999, 217p.
- RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação de qualidade de carnes: Fundamentos e metodologias**. Viçosa: UFV, 2007. 599p.

- REBELLO, F.F.P. **Restrição alimentar na qualidade da carne de cordeiros**. 2003. 125p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2003.
- RISCO, C.A.; ADAMS, A.L.; SEEBOHM, S.; THATCHER, M.J.; STAPLES, C.R.; VAN HORN, H.H.; MCDOWELL, L.R.; CALHOUN, M.C.; THATCHER, W.W. Effects of gossypol from cottonseed on hematological responses and plasma alpha-tocopherol concentration of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.3395-3402, 2002.
- ROÇA, R. O. **Propriedades da carne**. Disponível em: <http://dgta.fca.unesp.br/carnes/Artigos%20Tecnicos/Roca_107.pdf>. Acesso em 20 jun. 2016.
- ROGÉRIO, M.C.P.; BORGES, I.; SANTIAGO, G.S.; TEIXEIRA, D.A.B. Uso do caroço de algodão na alimentação de ruminantes. **Arquivo de Ciência Veterinária e Zoologia**, v.6, n.1, p.85-90, 2003.
- ROGERS, G.M.; POORE, M.H.; PASCHAL, J.C. Feeding cotton products to cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v.18, p.267-294, 2002.
- ROTTA, P.P.; PRADO, I.N.; PRADO, R.M.; MOLETTA, J.L.; SILVA, R.R.; PEROTTO, D. Carcass characteristics and chemical composition of the Longissimus muscle of Nellore, Caracu and Holstein-friesian bulls finished in feedlot. **Asian - Australasian Journal of Animal Science**, v.22, n.4, p.598-604, 2009.
- SAFARI, E.; FOGARTY, N.M.; FERRIER, G.R.; HOPKINS, L.D.; GILMOUR, A. Diverse lamb genotypes. 3. Eating quality and the relationship between its objective measurement and sensory assessment. **Meat Science**, v.57, p.153-159, 2001.
- SAMPAIO, A.A.M.; BRITO, R.M.; CARVALHO, R.M. Comparação de sistemas de avaliação de dietas para bovinos no modelo de produção intensiva de carne: confinamento de tourinhos jovens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.157-163, 2002
- SANTOS, C.L.; PEREZ, J.R.O.; CRUZ, C.A.C.; MUNIZ, J.A.; SANTOS, I.P.A.; ALMEIDA, T.R.V. Análise centesimal dos cortes da carcaça de cordeiros Santa Inês e Bergamácia. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.1, p.51-59, 2008.
- SANTOS, D.V.; AZAMBUJA, R.M.; VIDOR, A.C. **Dados populacionais do rebanho ovino gaúcho**. Departamento de Produção Animal (DPA) da Secretaria da Agricultura, Pecuária, Pesca e Agronegócio (SEAPPA). Porto Alegre – RS, 2009a. Disponível em: <http://www.saa.rs.gov.br/uploads/1294316729Dados_populacionais_do_rebanho_ovinogauc_ho.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2016.

- SANTOS, F.A.P.; MOSCARDINI M.C. Substituição de fontes de amido por subprodutos ricos em pectina ou fibra de alta digestibilidade na ração de bovinos confinados. In: **Anais...3º** Simpósio de Nutrição de Ruminantes. Botucatu: Grupo Nutrir; 2007. p.35-52.
- SANTOS, I.C.S.; WANDERLEY JÚNIOR, J.S.A.; SANTOS, F.N. Beneficiamento de algodão orgânico no agreste paraibano. In: Congresso Brasileiro do Algodão, 7, 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: **Anais...Campina grande: Embrapa Algodão**, p.50-55, 2009b.
- SAÑUDO, C. Análisis Sensorial – Calidad organoléptica de la carne. In: CURSO INTERNACIONAL DE ANALISE SENSORIAL DE CARNE E PRODUTOS CÁRNEOS, 1., 2004, Pelotas. **Palestras...** Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, p.45-68, 2004.
- SAÑUDO, C.; SIERRA, I. **Calidad de la canal y de la carne en la especie ovina**. Ovino y caprino. Madrid: Monografía del Consejo General de Colegios Veterinarios, p.207-254, 1993.
- SCOLLAN, N.; HOCQUETTE, J.F.; NUERNBERG, K.; DANNENBERGER, D.; RICHARDSON, I.; MOLONEY, A. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. **Meat Science**, v.74, n.1, p.17-33, 2006.
- SILVA SOBRINHO, A.G.; OSÓRIO, J.C.S. Aspectos quantitativos da produção de carne ovina. In: SILVA SOBRINHO, A.G.; SAÑUDO, C.; OSÓRIO, J.C.S.; ARRIBAS, M.M.C.; OSÓRIO, M.T.M. **Produção de Carne Ovina**, Jaboticabal: FUNEP, p. 1-68, 2008.
- SILVA SOBRINHO, A.G.; SILVA, A.M.A. Produção de carne ovina. **Revista Nacional da Carne**, n.285, p.32-44, 2000.
- SORIO, A. **Carne ovina e caprina: produção e consumo no Brasil e nas Américas**. FarmPoint: O ponto de encontro da cadeia produtiva de ovinos e caprinos. 2010. Disponível em: <<https://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/ovinos-e-caprinos/carne-ovina-e-caprina-producao-e-consumo-no-brasil-e-nas-americas-62919n.aspx>>. Acesso em: 27 abr. 2016.
- SOTO-BLANCO B. **Gossipol e fatores anti-nutricionais da soja**, p.531-545, 2008. In: SPINOSA H.S., GÓRNIAC S.L. & PALERMO NETO J. (ed.) Toxicologia Aplicada à Veterinária. Manole, São Paulo, 2008, 960p.
- SOUZA, A. A. A. **Características físico- químicas e sensoriais da carne de bovinos Nelore (*Bos taurus indicus*) alimentados com diferentes fontes de lipídeos e de selênio**. 2008. 72p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- SUMAN, S.P.; JOSEPH, P. Myoglobin Chemistry and Meat Color. **Annual Review of Food Science and Technology**, v.4, p.79-99, 2013.

SHIBUYA, C.M. **Análise sensorial da carne (m. L. *dorsi*) de novilhos terminados com dietas de milho seco vs. úmido, com ou sem gordura protegida (Lactoplus), e de lactoplus vs. caroço de algodão.** 2004. 69p. Dissertação (Mestrado) - Cinara Milanez Shibuya. – Campinas, SP: Campinas, 2004.

USDA. USDA Agricultural Projections. 2015. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/publications/oce081>>. Acesso em: 09 fev. 2016.

TILYABAEV, K.Z.; KAMAIEV, F.G.; VYPOVA, N.L.; YULDASHEV, A.M.; IBRAGIMOV, B.T.; TALIPOV, S.A. Synthesis, structures, and acute toxicity of gossypol nonsymmetrical aldehyde derivatives. **Russian Journal of Bioorganic Chemistry**, v.36, n.3, p.390-395, 2010.

VASCONCELOS, P.M.B. **Guia prático do confinador.** São Paulo: Nobel, 1993, 226p.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R., CHIZZOTTI, M.L., MACHADO, P.A.S. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos.** 2.ed. Viçosa: UFV, 2006a, 329p.

VIANA, J.G.A. **Governança da cadeia produtiva da ovinocultura no Rio Grande do Sul: estudo de caso à luz dos custos de transação e produção.** 2008. 137p. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2008a.

VIANA, J.G.A. Panorama Geral da Ovinocultura no Mundo e no Brasil. **Revista Ovinos**, v.4, n.12, 2008b.

VIANA, J.G.A.; SILVEIRA, V.C.P. Análise econômica da ovinocultura: estudo de caso na Metade Sul do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Ciência Rural**, v.39, n.4, p.1187-1192, 2009.

WANG, X.; HOWELL, C. P.; CHEN, F.; YIN, J.; JIANG, Y. Gossypol – a polyphenolic compound from cotton plant. In S. L. Taylor (Ed.), **Advances in Food and Nutrition Research** (pp.215-251), v.58, 2009.

WILKS, D.L.; COPPOCK, C.E.; BROOKS, K.N. Effects of differences in starch content of diets with whole cottonseed or rice bran on milk casein. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.4, p.1314-1320, 1991.

WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, n.66, p.21-32, 2004.

YAMAMOTO, S.M.; SILVA SOBRINHO, A.G.; PINHEIRO, R.S.B.; LEÃO, A.G.; CASTRO, D.P.V. Inclusão de grãos de girassol na ração de cordeiros sobre as características

quantitativas da carcaça e qualitativas da carne. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.4, p.1925-1934, 2013.

YOUNG, O.A.; WETB, J.; HARTC, A.L.A. method for early determination of meat ultimate pH. **Meat Science**, v.66, p.493-498, 2004.

ZAPATA, J.F.F.; NOGUEIRA, C.M.; SEABRA, L.M.A.C.; BARROS, N.N.; BORGES, A.S. Composição centesimal e lipídica da carne de ovinos do nordeste brasileiro. **Ciência Rural**, v.31, n.4, p.691-695, 2001.

ZEMBAYASHI, M.K.; NISHIMURA, D.K.; LUNT, S.B. Effect of breed type and sex on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers. **Journal Animal Science**, v.73, p.3325-3332, 1995.

ZEOLA, N.M.B.L.; SILVA SOBRINHO, A.G.; NETO, S.G.; MARQUES, C.A.T. Composição centesimal da carne de cordeiros submetidos a dietas com diferentes teores de concentrado. **Ciência Rural**, v.34, n.1, p.253-257, 2004.

ZEOLA, N.M.B.L.; SOUZA, P.A.; SOUZA, H.B.A.; SILVA SOBRINHO, A.G.; BARBOSA, J.C. Cor, capacidade de retenção de água e maciez da carne de cordeiro maturada e injetada com cloreto de cálcio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.1058-1066, 2007.

ZHANG W.J.; XU Z.R.; PAN X.L.; YAN X.H.; ZHANG Y.B.W.J.; XU Z.R.; PAN X.L.; YAN X.H.; WANG Y.B. Advances in gossypol toxicity and processing effects of whole cottonseed in dairy cows feeding. **Livestock Science**, v.111, p.1-9, 2007.

3 CAPÍTULO 1

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA CARNE DE CORDEIROS TERMINADOS COM CAROÇO DE ALGODÃO NA DIETA

RESUMO

Objetivou-se elucidar o efeito dos níveis de caroço de algodão (0, 100, 200, 300 e 400 g Kg⁻¹) na terminação de cordeiros sobre os parâmetros físico-químicos e as características sensoriais da carne. Utilizou-se 45 cordeiros, machos, não castrados, distribuídos ao acaso em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e nove repetições cada. Os valores de pH, não foram influenciados pelos níveis de caroço de algodão. O teor lipídios e cinzas apresentaram diferença significativa, mas não foram ajustados pelas equações lineares ou quadráticas. As variáveis perdas por descongelamento e coesividade aumentaram e a atividade de água e capacidade de retenção de água reduziram com o incremento de caroço de algodão na dieta. Já os tocoferóis, perdas por cocção, dureza e mastigabilidade foram ajustados através de equações quadráticas. Na avaliação instrumental de cor o L*, b* e h° demonstraram comportamento linear crescente e o percentual de desoximioglobina diminuiu e de oximioglobina aumentou. Analisando os atributos sensoriais, observou-se não existir diferença significativa. Logo a inclusão de até 400 g de caroço de algodão na dieta interfere na composição físico-química e na cor da carne produzida. Já sensorialmente, as características de aroma, sabor e textura não sofreram influencia da dieta.

Palavras-chave: alimentação, gossipol, *Longissimus dorsi*, *ovis áries*, qualidade da carne.

PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE MEAT OF LAMBS FINISHED WITH COTTONSEED FOOD ON THE DIET

ABSTRACT

The objective of this study was to elucidate the effect of cotton seedling levels (0, 100, 200, 300 and 400 g Kg⁻¹) on the finishing of lambs on the physicochemical parameters and the sensorial characteristics of the meat. A total of 45 male, uncastrated lambs were randomly distributed in a completely randomized design with five treatments and nine replicates each. The pH values were not influenced by the levels of cotton seed. The lipids and ash content presented a significant difference, but were not adjusted by the linear or quadratic equations. The variables losses due to thawing and coesivity increased and water activity and water retention capacity reduced with the increment of cotton seed in the diet. On the other hand, the tocopherols, cooking losses, hardness and chewing were adjusted through quadratic equations. In the instrumental evaluation of color L*, b* and h° showed increasing linear behavior and the percentages of deoximioglobin decreased and of oxymioglobin increased. Analyzing the sensorial attributes, it was observed that there was no significant difference. Therefore the inclusion of up to 400 g of cotton seed in the diet interferes with the physicochemical composition and the color of the meat produced. Already sensorially, the characteristics of aroma, flavor and texture were not influenced by diet.

Keywords: Feeding; Gossypol; *Longissimus dorsi*; *ovis Áries*; Quality of meat.

INTRODUÇÃO

A produção mundial de carne ovina aumentou significativamente, passando de 7,8 para 13,9 milhões de toneladas nos últimos 10 anos, o que corresponde a um aumento de 78,2 %, com uma produção em 2015 de 14 milhões de toneladas (FAO, 2015). No Brasil houve acréscimo de 20,7 %, ou seja, obteve aumento de 17,8 mil toneladas, totalizando produção de 85,9 mil toneladas de carne ovina (FAO, 2013). Já o consumo *per capita* anual do Brasil passou de 200 para 700 gramas na década passada (IBGE, 1999), obtido como resultado do elevado potencial do mercado consumidor nos grandes centros urbanos brasileiros.

Devido este impulso na demanda por carne ovina é que se torna necessária a intensificação do sistema produtivo, e uma das formas de se elevar a produção é através da utilização de sistemas alimentares e raças que proporcionam maior eficiência, a fim de atender os requisitos que os consumidores desejam no produto final.

Dessa forma, a utilização do confinamento na terminação de cordeiros se destaca por ser um sistema eficiente, gerando animais jovens prontos para o abate mais rapidamente e com carne de melhor qualidade. Visto isso, surge o interesse pelo estudo dos resíduos, subprodutos e co-produtos agroindustriais, pois se tornam excelentes alternativas de alimento na nutrição animal, em especial para ruminantes (LOUVANDINI, et al., 2007), uma vez que substituem os ingredientes tradicionais, normalmente mais dispendiosos economicamente.

Em função disso, um importante co-produto da indústria têxtil utilizado na alimentação de ruminantes é caroço de algodão. Este possui valores médios de 92,4 % de matéria seca, 24,7 % de proteína bruta, 52 % de fibra em detergente neutro, 39,1 % de fibra em detergente ácido, 16,9 % de extrato etéreo, 10,9 % de lignina e 4 % de matéria mineral (BERTRAND et al., 2005), quantidades que fazem deste produto um bom suplemento energético e protéico.

Entretanto, o uso do caroço de algodão deve ser analisado com cuidado devido ao alto teor de gordura, pois em ruminantes (geralmente acima de 7 %) isso está relacionado à menor digestibilidade da fibra e conseqüentemente menor ingestão de alimento (NRC, 2007) e principalmente pela presença do gossipol, composto amarelo, polifenólico, que está presente nas concentrações mais altas nas glândulas da semente de algodão (TILYABAEV et al., 2010).

Ademais, existem suspeitas em relação ao uso do caroço de algodão na dieta com aspectos indesejáveis nas características físico-químicas e sensoriais da carne, uma vez que frigoríficos têm recebido reclamações de consumidores insatisfeitos com o aroma e sabor da carne de animais confinados com caroço de algodão na dieta (CALKINS & HODGEN, 2007).

Assim, esta pesquisa teve como objetivo elucidar o efeito das dietas contendo níveis de caroço de algodão na terminação de cordeiros em confinamento sobre os parâmetros físico-químicos e as características sensoriais da carne.

MATERIAL E MÉTODOS

Os animais foram confinados no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha/RS (IFF-JC), Campus Julio de Castilhos, localizado na cidade de Julio de Castilhos – RS, com aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais do IFF-JC, sob protocolo nº 01.0378.2015/001.2015. Foram utilizados 45 cordeiros machos não castrados da raça Ile de France. Após o desmame, que ocorreu aproximadamente aos 60 dias de vida, os cordeiros foram confinados em baias individuais, totalmente cobertas, com aproximadamente 2 m² de área, providas de bebedouros e comedouros.

As dietas experimentais (Tabela 1) corresponderam à inclusão de níveis de caroço de algodão, sendo: 0, 100, 200, 300 e 400 g Kg⁻¹ de matéria seca da dieta, sendo formuladas para serem isoprotéicas, utilizando a proporção de volumoso:concentrado de 40:60, e mistura mineral completa; sendo estas calculadas de modo a atender as exigências nutricionais de cordeiros em crescimento de acordo com o NRC (2007). A dieta foi fornecida *ad libitum*, duas vezes ao dia, em horários pré-estabelecidos às 8:00 e 17:00 horas e, a quantidade ofertada ajustada de forma a manter as sobras em aproximadamente 10 % do total oferecido.

O período experimental foi precedido por 7 dias para adaptação dos animais as instalações, alimentação e manejo. O ensaio de alimentação iniciou após o período de adaptação, estendendo-se até o momento em que cada cordeiro atingiu o peso de abate pré-estabelecido, que corresponde a 60 % do peso vivo a maturidade, ou seja, 36 kg de peso vivo, quando então foram abatidos.

Ao atingirem o peso de abate, os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 12 horas. Decorrido este tempo os mesmos foram abatidos, utilizando-se de insensibilização com pistola pneumática, seguido de sangria, esfolia, evisceração, pesagem, lavagem e resfriamento das carcaças em câmara fria a 2 °C por 24 horas, seguindo as normas do Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA).

Imediatamente após o período de 24 horas de resfriamento, foi realizada a secção longitudinal da carcaça e a retirada do músculo *Longissimus dorsi*. Este foi seccionado em porções e cada porção foi destinada às análises segundo Cañeque & Sañudo (2005).

O pH e temperatura foram avaliados imediatamente após o abate e repetida a mensuração 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 18 e 24 horas após o abate, sendo estas mensurações realizadas

através de potenciômetro digital modelo UP 25, marca Denver Instruments, calibrado com solução tampão de pH 4,0 e 7,0, dotado com eletrodo de corpo de vidro e termômetro digital modelo HI 98501, marca Hanna Instruments. As mensurações foram realizadas junto ao músculo *Longissimus dorsi* no espaço entre a 11^a e 12^a costela.

A análise de composição centesimal foi realizada conforme IAL (2008), onde a proteína foi determinada pelo método de Microkjeldahl, umidade quantificada pelo método de secagem até peso constante, em estufa a 105 °C, cinzas através da incineração em mufla a temperatura de 550 °C por 4 horas e a gordura extraída quantificada pelo método Bligh & Dyer (1959).

A capacidade de retenção de água da carne (CRA) foi determinada segundo técnica de Weismerpedersen, variante de Grau & Hamm (1953), modificado por Sierra (1973) e atividade de água (aw) através de equipamento Aqualab CX-2 (Decagon, Washington, Estados Unidos). Foram determinadas, ainda, perda de peso ao descongelamento e por cocção através da diferença de peso antes e após as operações de congelamento e cocção.

A análise de colesterol e tocoferóis ocorreram simultaneamente, onde o método de extração seguiu a metodologia de Prates et al. (2006), com modificações. As amostras (5 gramas) foram misturadas com 0,6 g de ácido ascórbico. A saponificação foi realizada pela adição de 11 % de KOH em metanol, seguido por agitação em vórtex e aquecimento a 80 °C sob agitação. O restante da extração foi realizada de acordo com os autores acima citados. Depois a fase líquida superior (n-hexano) foi removida para um tubo contendo sulfato de sódio anidro. Uma alíquota de 8 mL foi removida, seca em Rotaevaporador e ressuspensa na fase móvel.

Após as amostras (20 µL) foram injetadas em equipamento HPLC (High Performance Liquid Chromatography) Shimadze Prominence, equipado com bomba quaternária, degaseificador, módulo de comunicação e forno, acoplado a uma coluna de fase reversa (C18) Agilent Zorbax ODS (5µm; 4,6 x 250mm). A fase móvel foi acetonitrila:metanol:metil-terc-butil-éter (65:25:10; v/v/v) a uma taxa de fluxo de 1 mL/min e 30 min de tempo execução a 30 °C. Para determinação dos tocoferóis foi utilizado um detector de fluorescência com comprimento de onda de excitação de 295 nm e de emissão de 325 nm e a detecção de agrupamento de fotodíodos UV-Vis para o colesterol (202 nm). A curva padrão de sete pontos foi construída utilizando tocoferol e colesterol Sigma-Aldrich, 99% de pureza.

Para a determinação do perfil de textura e força de cisalhamento as amostras de *Longissimus dorsi* foram cortadas em porções de 2,5 cm de espessura, embaladas em papel

alumínio identificado, levadas ao gril pré-aquecido a 180 °C até atingirem temperatura de 70 °C no seu centro geométrico, sendo esta controlada através de termopar.

A determinação do perfil de textura e força de cisalhamento foram realizadas em cinco amostras (replicatas), analisadas após cocção, pelo teste de Análise de Perfil de Textura (TPA) e teste de Força de Cisalhamento (FC), em texturômetro (modelo TA.XTplus, Inglaterra) equipado com aplicativo Texture Exponent 32 (Stable Microsystems Ltd., Surrey, England).

Para o teste de Análise de Perfil de Textura as amostras em temperatura ambiente, foram cortadas em 6 cubos, com tamanho de 1 cm³, em seguida comprimidas paralelamente no sentido da fibra muscular, duas vezes até 80% de seu tamanho, com sonda cilíndrica metálica P/36R com 36 mm de diâmetro. O tempo entre os ciclos foi de 5 segundos. Utilizou-se velocidade pré-teste de 1 mm/segundo, velocidade de teste de 5 mm/segundo e velocidade pós teste de 5 mm/segundo, a partir da qual foram gerados os parâmetros de textura: dureza (N); coesividade; elasticidade e mastigabilidade.

Para o teste de Força de Cisalhamento (FC), as amostras foram refrigeradas por 24 horas a 4 °C após a cocção e cortadas com auxílio de uma sonda cilíndrica de 12,1 mm de diâmetro no sentido paralelos às fibras musculares. A força de cisalhamento foi medida individualmente, em 6 sub-amostras, de forma que cada cilindro foi colocado no sentido perpendicular às fibras musculares na fenda triangular tipo Warner-Bratzler com lâmina de 1,016 mm, a uma velocidade de 20 cm/min, acoplada ao texturômetro. A força máxima em kgf, para cada cilindro, foi determinada e registrada pelo programa utilizado.

No momento da avaliação da avaliação instrumental da cor, as amostras foram descongeladas a uma temperatura de 4 °C por 24 horas e em seguida seccionadas permitindo a oxigenação da superfície por um período de 30 minutos antes do início das mensurações.

A avaliação da cor foi realizada utilizando o sistema da *Commission Internationale de l'Éclairage* (CIE), através de colorímetro Minolta CM-700D (Konica Minolta, Japão), com iluminante A, realizando as medidas numa área de 3 mm, ângulo observador de 10°, componente especular incluído, calibrado com padrão branco e preto, sendo que para cada repetição foram realizadas seis leituras em pontos distintos da superfície de cada amostra, em intervalos de 10 segundos. Os parâmetros avaliados foram L*, a* e b* do sistema CIELab, onde L* representa a luminosidade, a* representa intensidade de vermelho, b* intensidade do amarelo, ângulo de tonalidade ($h^{\circ} = (\arctang[b^*/a^*])$), índice de saturação ou croma ($C = ([a^{*2} + b^{*2}]^{1/2})$) e a relação ab ($ab = a^*/b^*$).

Ainda foi obtido o espectro de reflectância em comprimentos de onda entre 360 e 740 nm com intervalo de 10 nm, permitindo o cálculo das diferentes formas químicas da mioglobina, onde a reflectância foi medida nos comprimentos de onda isobéticos de 473, 525 e 572 nm, e 730 nm que é referido como a reflectância do pigmento livre da carne, calculados por interpolação linear. Dessa forma, foi necessário realizar a conversão dos valores obtidos em reflectância (R) para atenuância (A) através da fórmula $A = \log 1/R$. Realizada a conversão, utilizou-se os valores de atenuância para o cálculo do percentual de metamioglobina (MMb), desoximioglobina (DMb) e oximioglobina (OMb) conforme segue as equações a seguir:

$$\% \text{ MMb} = \{1,395 - [A_{572} - A_{730} / A_{525} - A_{730}]\} \times 100; \quad \% \text{ DMb} = \{2,375 \times [1 - (A_{474} - A_{730}) / (A_{525} - A_{730})]\} \times 100; \quad \% \text{ OMb} = 100 - (\% \text{ MMb} + \% \text{ DMb}).$$

A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Carnes da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), unidade Embrapa Pecuária Sul, onde as amostras foram avaliadas pelo teste de análise descritiva qualitativa (ADQ), através de dez julgadores treinados, de ambos os sexos, pertencentes à equipe do laboratório. Os testes foram realizados em cabines individuais, com temperatura controlada entre 23 e 25 °C, com oferta de água, pão e providas de luz vermelha para evitar influência da cor durante a avaliação.

As amostras de carne foram descongeladas sob refrigeração em temperatura média de 4 °C por 24 horas e posteriormente assadas em forno a 180 °C até alcançar a temperatura de 70 °C em seu centro geométrico. As amostras foram cortadas paralelamente as fibras musculares, em cubos de aproximadamente 1,27 cm², embrulhadas em papel alumínio, identificadas e mantidas aquecidas em forno elétrico a 60 °C até o momento da avaliação.

A ficha de avaliação foi elaborada com escala não estruturada de 9 cm, ancoradas em pontos extremos, a esquerda pelo termo fraco e a direita forte. As amostras foram apresentadas codificadas com algarismos aleatórios de três dígitos, em blocos completos balanceados. Os atributos avaliados pelos julgadores foram: aroma (característico de carne ovina e estranho), sabor (característico de carne ovina, carne suína, metálico, ranço, ácido, adocicado, fígado e gordura) e textura (maciez e suculência).

Os dados de pH e temperatura muscular (*Longissimus dorsi*) mensurados durante o resfriamento à 2 °C das carcaças entre 0 e 24 horas *post-mortem* foram ajustados por regressão exponencial decrescente, conforme o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = F + (I - F)e^{-kt} + \varepsilon_{ij}$$

em que, Y_{ij} = temperatura (°C) ou pH (adimensional) muscular da j -ésima repetição sob o i -ésimo nível de caroço de algodão no tempo t ; I = temperatura ou pH inicial; F = temperatura ou pH final quando $t \rightarrow \infty$; ℓ = exponencial; k = taxa de decréscimo na temperatura ou pH; t = tempo *post-mortem* (0 a 24 horas); ε_{ij} = erro experimental associado a cada observação, pressuposto $\varepsilon_{ij} \sim \text{iid} N(0, \sigma^2)$. Os parâmetros do modelo foram estimados pelo algoritmo de Gauss-Newton modificado inserido no procedimento NLIN do SAS®.

Com o intuito de verificar a igualdade dos parâmetros e a identidade das equações de regressão não-linear ajustadas para os diferentes sistemas de terminação, aplicou-se o teste da razão de verossimilhança com aproximações dadas pelas estatísticas χ^2 e F. As hipóteses testadas foram:

$H_0^{(1)}$: $I_1 = \dots = I_H$, isto é, as “H” equações têm I iguais;

$H_0^{(2)}$: $F_1 = \dots = F_H$, isto é, as “H” equações têm F iguais;

$H_0^{(3)}$: $k_1 = \dots = k_H$, isto é, as “H” equações têm k comum;

$H_0^{(4)}$: $I_1 = \dots = I_H$, $F_1 = \dots = F_H$, isto é, as “H” equações têm I e F iguais;

$H_0^{(5)}$: $I_1 = \dots = I_H$, $k_1 = \dots = k_H$, isto é, as “H” equações têm I e k iguais;

$H_0^{(6)}$: $F_1 = \dots = F_H$, $k_1 = \dots = k_H$, isto é, as “H” equações têm F e k iguais;

$H_0^{(7)}$: $\bar{\theta}_1 = \dots = \bar{\theta}_H$, isto é, as “H” equações são idênticas, em que $\bar{\theta}_h = \begin{bmatrix} I_h \\ F_h \\ k_h \end{bmatrix}$.

A estatística do teste da razão de verossimilhança com aproximação pela distribuição χ^2 é dada por:

$$\chi_{\text{calc}}^2(H_0) = -N \ln \left(\frac{\hat{\sigma}_{\Omega}^2}{\hat{\sigma}_{\omega}^2} \right) = -N \ln \left(\frac{SQRR_{\Omega}}{SQRR_{\omega}} \right) \quad (\sim \text{sob } H_0 \chi_{\text{tab}}^2(\alpha; \nu))$$

em que, $\chi_{\text{calc}}^2 = \chi^2$ calculado; N = número total de observações; \ln = logaritmo natural; $\hat{\sigma}_{\Omega}^2$ = estimativa de máxima verossimilhança de σ^2 sob nenhuma restrição no espaço paramétrico Ω (modelo completo); $\hat{\sigma}_{\omega}^2$ = estimativa de máxima verossimilhança de σ^2 sob as restrições lineares definidas em H_0 (modelo reduzido); $SQRR_{\Omega}$ = soma de quadrados do resíduo da regressão no modelo completo; $SQRR_{\omega}$ = soma de quadrados do resíduo da regressão no modelo reduzido; $\chi_{\text{tab}}^2 = \chi^2$ tabelado; α = nível de significância; ν = número de graus de liberdade, sendo $\nu = p_{\Omega} - p_{\omega}$, ou seja, o número de parâmetros estimados nos modelos completo e reduzido, respectivamente.

A estatística do teste da razão de verossimilhança com aproximação pela distribuição F é dada por:

$$F_{\text{calc}}(H_0) = \frac{(S_p - S_f) / v_e}{S_f / v_f} \quad \text{em } H_0 \quad F_{\text{tab}}(\alpha; v_e; v_f)$$

em que, $F_{\text{calc}} = F$ calculado; S_p = soma de quadrados residuais do modelo reduzido (sob restrição); S_f = soma de quadrados residuais do modelo completo; v_f = número de graus de liberdade do resíduo do modelo completo; v_e = número de graus de liberdade do resíduo do modelo reduzido menos o número de graus de liberdade do resíduo do modelo completo; $F_{\text{tab}} = F$ tabelado; α = como definido anteriormente. O coeficiente de determinação (r^2) dos modelos de regressão foi expresso em relação à fonte tratamentos (regressão + falta de ajuste).

Os demais dados foram submetidos à análise de variância univariada utilizando o procedimento GLM, suas médias ajustadas pelo método dos quadrados mínimos ordinários com o comando LSMEANS em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e nove repetições cada, usando o peso inicial dos cordeiros como covariável. Adicionalmente, foram testadas as tendências (linear e quadrática) via contrastes a partir dos coeficientes para interpolação dos polinômios ortogonais. Além disso, foi efetuada análise de regressão polinomial para investigar as alterações nas variáveis dependentes em função dos níveis de caroço de algodão na dieta. As análises estatísticas foram realizadas no aplicativo SAS® - *Statistical Analysis System* versão 9.0 (SAS Institute Inc., Cary – NC, USA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de caroço de algodão sobre o pH e temperatura do músculo *Longissimus dorsi* durante o resfriamento das carcaças. Neste caso, há uma equação comum entre os tratamentos e as curvas dessas variáveis podem ser observadas na Figura 1. Os valores médios de pH inicial e final são 6,72 e 5,57, estando o pH inicial ligeiramente menor que o considerado normal, que seria entre 6,9 e 7,2 (PARDI et al., 2006). Uma possível causa para os valores mais baixos do pH inicial pode ser em decorrência de algum possível stress sofrido pelos animais antes do abate, provocando rápida conversão do glicogênio muscular em ácido láctico, reduzindo o pH (PARDI et al., 2006), apesar dos animais terem sido manejados de maneira cuidadosa, justamente a fim de evitar maiores estresses.

Mesmo assim, estes valores se encontram próximos da normalidade, pois dados da literatura apontam que fisiologicamente, o pH muscular decresce de 7,0 logo após o abate até aproximadamente 5,4 a 5,8 após 24 horas do abate (SAVELL et al., 2005), 5,0-5,5 (LAWRIE, 2005) ou 5,5 a 5,8 (PARDI et al., 2006).

Em relação à temperatura, o comportamento semelhante (Figura 1A) ocorreu em função da câmara fria ter excelente capacidade de resfriamento e as carcaças não terem apresentado diferença no estado de engorduramento ($\bar{y} = 3,04$, onde 1- excessivamente magra e 5- excessivamente gorda), visto que a gordura afeta diretamente a velocidade de resfriamento da carcaça, comportando-se como isolante térmico e podendo interferir no processo de conversão do músculo em carne (SAVELL et al., 2005).

O teor lipídios e cinzas apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos, mas os valores não foram ajustados através das equações lineares ou quadráticas (Tabela 2), com valores médios de 3,01 e 1,07 % respectivamente.

No entanto, a redução do teor de lipídio no tratamento com inclusão de 300 g de caroço de algodão não era esperado (Tabela 2), podendo ter ocorrido em função de uma degeneração dos hepatócitos ocasionada pelo gossipol presente no caroço de algodão (3,65 mg g⁻¹ de caroço de algodão na matéria seca), não permitindo o aproveitamento adequado dos nutrientes e conseqüentemente gerando a degradação do tecido adiposo a fim de suprir alguma necessidade nutricional, levando ao aumento do fluxo de ácidos graxos não esterificados no plasma, sendo estes encaminhados ao fígado para serem convertidos em lipoproteínas (alta e baixa densidade) e então distribuídos aos tecidos para utilização (CARVALHO et al., 2013), ocasionando dessa forma a redução no teor de lipídios da carne.

O comportamento do teor de cinzas justifica-se pelos valores de proteína (Tabela 2), que apesar de não demonstrarem diferença significativa, oscilaram entre os tratamentos, interferindo diretamente nos valores de cinzas, visto que Teixeira et al., (2004) afirmam que a elevação do teor protéico eleva também o teor de cinzas.

A atividade de água (Aw) e a capacidade de retenção de água (CRA) reduziram seus valores em 0,006 e 12,05 % para cada nível de caroço de algodão na dieta (Tabela 2, Quadro 1). Esse comportamento da Aw ocorre pela maior interação da água com a proteína, contribuindo sensivelmente para a diminuição da Aw (SABADINI et al., 2001).

A redução CRA (Quadro 1) pode ser explicada em função da diminuição do pH final com o incremento de caroço de algodão na dieta, pois apesar de encontrarem-se dentro da normalidade, estes se apresentam mais próximos do ponto isoelétrico das proteínas (pH entre

5,0 – 5,5), onde ocorrem os menores valores de CRA, devido ao equilíbrio de cargas positivas e negativas (LAWRIE, 2005).

As variáveis perdas por descongelamento (PDC) e coesividade apresentaram comportamento linear crescente de 7,39 % e 0,06 para cada g Kg⁻¹ de inclusão caroço de algodão na dieta (Tabela 2, Quadro 1). O aumento da PDC aconteceu pela diminuição da capacidade de retenção de água (CRA) que propicia uma maior perda de líquido durante o descongelamento. Ainda, apesar do comportamento apresentado pela PDC, o tratamento com inclusão de 300 g de caroço de algodão apresentou maior percentual de perda, ocorrido em função do menor percentual de gordura intramuscular, pois quando se eleva a quantidade de gordura intramuscular conseqüentemente diminui as perdas por descongelamento (COSTA et al., 2002).

O aumento da coesividade (Quadro 1) se justifica pela diminuição da capacidade de retenção de água, onde proporciona uma maior força das ligações internas e conseqüentemente maior resistência de desintegração estrutural, levando a aumento da coesividade (CARR et al., 2006).

Já às variáveis tocoferóis, perdas por cocção (PC), dureza e mastigabilidade tiveram seus valores ajustados através de equações quadráticas (Tabela 2, Quadro 1), sendo que os tocoferóis tiveram seu ponto de máxima em 174,2 g inclusão de caroço de algodão e as demais variáveis seu ponto de mínima em 233,2, 222,7 e 202,9 g de inclusão de caroço de algodão na dieta, respectivamente.

Esse aumento inicial dos tocoferóis até 174,2 g de caroço de algodão é ocasionado pela inclusão de caroço de algodão na dieta, pois o óleo presente no caroço é rico em tocoferóis (OLIVEIRA et al., 2016). Já a redução a partir de 174,2 g ocorreu em virtude dos elevados níveis de lipídios na dieta também ocasionados pela inclusão de caroço de algodão, visto que os tratamentos apresentaram teor de lipídios na dieta superior a 7 % (a partir de 231,9 g de caroço de algodão) e isso segundo Kozloski (2011) inibem a fermentação ruminal e diminui o aproveitamento dos alimentos, conseqüentemente interferindo na absorção dos tocoferóis.

A redução da PC até 233,2 g de caroço de algodão na dieta (Quadro 1) ocorre pelo aumento no teor de lipídios nesses níveis de caroço de algodão, uma vez que as perdas por cocção são menores nas carnes com maior teor de lipídios (SAÑUDO et al., 1997), compensando a redução da CRA. Já o aumento a partir de 233,2 g de caroço de algodão se justifica pela diminuição da CRA, pois a perda de peso por cocção é influenciada pela

capacidade de retenção de água nas estruturas da carne (MONTE et al. 2012), não sendo compensada pelos teores de lipídios.

Tanto a dureza como a mastigabilidade apresentaram comportamento quadrático, com pontos de mínima bem próximos (222,7 e 202,9 g de caroço de algodão). Isso decorreu pelo comportamento semelhante da PC, sendo necessário aplicar menor força e energia para deformação e desintegração da carne até estes níveis de caroço de algodão, ocorrendo o inverso após 222,7 e 202,9 g de caroço de algodão na dieta.

As variáveis L^* , b^* e h° demonstraram um comportamento linear crescente (Tabela 2, Quadro 2), indicando que com o aumento dos níveis de caroço de algodão o músculo *Longissimus dorsi* tornou-se mais claro e, mais amarelado e com maior tonalidade amarela.

O aumento de L^* indica que a carne se tornou mais clara com o incremento dos níveis de caroço de algodão na dieta, justificado pela redução do pH final (5,63 até 5,53), pois existe uma correlação negativa significativa ($R = -0,46$, $P < 0,05$) entre o valor de L^* e pH final, indicando que quanto menor o pH maior a luminosidade, ou seja, mais pálida se torna a carne (MAGANHINI et al., 2007).

O aumento linear de b^* (Tabela 2) é dado em função dos animais receberem uma dieta rica em energia e carotenóides, uma vez que o caroço de algodão, além de ser rico em óleo, tem a presença do gossipol, um alcalóide polifenólico de coloração amarelada encontrado na forma de grânulos. Ainda, segundo Andriguetto (2002), as cascas das sementes de algodão são pobres em carotenóides, contudo o caroço de algodão possui um pigmento polifenólico amarelado rico em carotenóides, fator este que provavelmente tenha interferido na intensidade do amarelo na cor da carne. Já o aumento linear de h° ocorreu em virtude do aumento de b^* uma vez que a^* não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, pois os valores de h° estão diretamente relacionados com os de b^* e a^* , confirmando que a carne se tornou mais clara e amarelada com o aumento dos níveis de caroço de algodão.

Os valores de ab demonstram uma redução linear de 0,32 com o aumento de cada nível de inclusão de caroço de algodão na dieta (Tabela 2, Quadro 2), justificado também pelo aumento de b^* , visto que a variável a^* não apresentou diferença significativa, proporcionando uma redução na vermelhidão e aumentando descoloração do músculo *Longissimus dorsi* com o aumento dos níveis de inclusão de caroço de algodão.

A forma química metamioglobina (MMb) apresentou diferença significativa ($P < 0,05$), porém não demonstrou tendência linear ou quadrática para os resultados obtidos (Tabela 2), tendo seu valor médio de 11,09 %, demonstrando que houve oxidação do ferro da forma ferrosa para a forma férrica, possivelmente pela taxa de consumo de oxigênio e taxa de

oxidação lipídica serem superiores a capacidade redutora. A MMb é utilizada como indicador de aceitabilidade da carne, sendo rejeitada pelos consumidores quando compreende valores entre 20 e 40 % do total de pigmentos da carne (HOOD & RIORDAN, 1973), o que não ocorre neste caso.

Já a oximioglobina demonstrou comportamento linear crescente (Tabela 2, Quadro 2), evidenciado pela presença dos tocoferóis na carne (Tabela 2), que influenciaram diretamente no percentual de OMb, pois os tocoferóis aumentam a resistência da OMb à oxidação e também incrementam a estabilidade da OMb perante a desoxigenação (LIU et al., 1995) por apresentar significativa atividade antioxidante (BERTOLIN et al., 2011), mantendo a cor atrativa ao consumidor. Também pode ser atribuído a atividade antioxidante do gossipol (WANG et al., 2009) presente no caroço de algodão (3,65 mg g⁻¹ de caroço de algodão na matéria seca) e que pode estar presente na carne ovina (KIM et al., 1996).

A desoximioglobina expressou comportamento linear decrescente (Tabela 2, Quadro 2), em decorrência do aumento da oximioglobina, visto que os tocoferóis e o gossipol diminuíram a oxidação da OMb, permitindo um maior aporte de oxigênio molecular, propiciando que o ferro ferroso se ligue ao oxigênio para formar OMb, visto que para formar a DMb é necessário que a 6^a posição de coordenação do átomo de ferro do grupo prostético esteja vazia e para forma OMb precisa estar ligada ao oxigênio. Normalmente o ferro ferroso reage com uma molécula de água formando a desoximioglobina (FAUSTAMAN et al., 2010).

CONCLUSÕES

A inclusão de caroço de algodão na alimentação de cordeiros até 400 g Kg⁻¹ de matéria seca, influencia os parâmetros físico-químicos avaliados na carne, exceto teor de proteína, umidade, colesterol e a força de cisalhamento. A adição do caroço de algodão na dieta aumenta a luminosidade (L*) e a intensidade de amarelo (b*) da carne, o que a torna mais clara e amarelada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A. de; BONA FILHO, A. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal os alimentos**. São Paulo, SP: Nobel, v.2, 2002, 395 p.
- BELEW, J.B.; BROOKS, J.C.; MCKENNA, D.R.; SAVELL, J.W. Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. **Meat Science**, v.64, p.507-512, 2003.

- BERTOLIN, T.E.; MARGARITES, A.C.F.; GIACOMELLI, B.; FRUETTI, A.; HORTS, C.; TEIXEIRA, D.M.F. Ficocianina, tocoferol e ácido ascórbico na prevenção da oxidação lipídica em charque. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.14, n.4, p.301-307, 2011.
- BERTRAND, J. A.; SUDDUTH, T. Q.; CONDON, A.; JENKINS, T.C.; CALHOUN, M.C. Nutrient content of whole cottonseed. **Journal of Dairy Science**, v.88, n.4, p.1470-1477, 2005.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.
- CALKINS, C.R.; HODGEN, J.M. A fresh look at meat flavor. **Meat Science**, 77, p.63–80, 2007.
- CAÑEQUE, V.; SAÑUDO, C. **Estandarización de lãs metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes**. Madri: INIA, 2005. 448p. (Serie Ganadera, 3).
- CARR, L.G.; RODAS, M.A.B.; DELLA TORRE, J.C.M.; TADINI, C.C. Physical, textural and sensory characteristics of 7-day frozen part-baked French bread. **Food Science and Technology**, v.39, n.5, p.540-547, 2006.
- CARVALHO, W.L.; MAIOLI, M.A.; MENDES, L.C.N.; ROZZA, D.B.; MINGATTO, F.E. Mecanismos da intoxicação do fígado de rato causada pelo gossipol. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.33, n.3, p.339-344, 2013.
- COSTA, E.C.; RESTLE, J.; BRONDANI, I.L.; PEROTTONI, J.; FATURI, C.; MENEZES, L.F.G. Composição física da carcaça, qualidade da carne e conteúdo de colesterol no músculo Longissimus dorsi de novilhos red Angus superprecoces, terminados em confinamento e abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.417-428, 2002.
- FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Production: live animals, livestock primary, livestock processed; Trade: countries by commodity (imports and exports), 2013.
- FAO - **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Food Outlook - Biannual report on global food markets, FAO, Rome, 2015.
- FAUSTMAN, C.; SUN, Q.; MANCINI, R.; SUMAN, S.P. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. **Meat Science**, v.86, n.1, p.86-94, 2010.
- HOOD, D.E.; RIORDAN, E.B. Discoloration in pre-packaged beef: Measurement by reflectance spectrophotometry and shopper discrimination. **Journal of food Technology**, v.8, p.333-343, 1973.

- IAL - Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª. ed. 1ª ed digital. São Paulo; Instituto Adolfo Lutz, 2008. 1020p.
- IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Direção de Pesquisa, Coordenação de Agricultura, Produção Pecuária Municipal, Rio de Janeiro, v. 39, n. 43, 1999.
- KIM, H.L.; CALHOUN, M.C.; STIPANOVIC, R.D. Accumulation of gossypol enantiomers in ovine tissues. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.113, n.2, p.417-420, 1996.
- KOSLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3 ed. Santa Maria: Ed da UFSM, 2011, 216p.
- LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.
- LEÃO, A.G.; SOBRINHO, A.G.S.; MORENO, G.M.B.; SOUZA, H.B.A.; PEREZ, H.L.; LOUREIRO, C.M.B. 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**, v.40, n.5, p.1072-1079, 2011.
- LIU, Q.; LANARI, M.C.; SCHAEFER, D.M. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. **Journal of Animal Science**, v.73, n.10, p.3131-3140, 1995.
- LOUVANDINI, H.; NUNES, G.A.; GARCIA, J.A.S. Desempenho, características de carcaça e constituintes corporais de ovinos Santa Inês alimentados com farelo de girassol em substituição ao farelo de soja na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.603-609, 2007.
- MAGANHINI, M.B.; MARANO, B.; SOARES, A.L.; GUARNIERI, P.D.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E.I. Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p.69-72, 2007.
- MONTE, A.L.S.; GONSALVES, H.R.O.; VILLARROEL, A.B.S.; DAMACENO, M.N.; CAVALCANTE, A.B.D. Qualidade da carne caprina e ovina: uma revisão. **Agropecuária Científica do Semiárido**, v.8, n.3, p.11-17, 2012.
- NRC - **National Research Council**. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. 1.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2007. 384p.
- OLIVEIRA, A.S.; CARVALHO, M.L.M.; BÁRBARA, C.N.V.; GUIMARÃES, R.M.; OLIVEIRA, J.A.; PEREIRA, D.S. Biochemical changes in fiber naturally colored cottonseeds during storage. **Journal of Seed Science**, v.38, n.2, p.101-109, 2016.

- PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R.; PARDI, H.S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiana:Ed. da UFG, v.1, 2006, 624p.
- PRATES, J.A.M, QUARESMAA, M.A.G., BESSAB, R.J.B., FONTES, C.M.G.A, ALFAIA, C.M.P.M. Simultaneous HPLC quantification of total cholesterol, tocopherols and β -carotene in Barrosã-PDO veal. **Food Chemistry**, v.94, p.469-477, 2006.
- SABADINI, E., HUBINGER, M.D., SOBRAL, P.J.A., CARVALHO Jr., B.C. Alterações da atividade de água e da cor da carne no processo de elaboração de carne salgada desidratada. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.21, n.1, p.14-19, 2001.
- SANUDO, C.; CAMPO, M.M.; SIERRA, I.; MARIA, G.A.; OLLETA, J.L.; SANTOLARIA, P. Breed effect on carcace and meat quality of suckling lambs. **Meat Science**, v.46, n.4, p.357-365, 1997.
- SAS Institute. (2002). Statistical Analysis System: user guide [CD-ROM]. Version 9. Cary (NC): SAS Insitute Inc.
- SAVELL, J.W.; MUELLER, S.L.; BAIRD, B.E. The chilling of carcasses. **Meat Science**, v.70, n.3, p.449-459, 2005.
- SIERRA, I. Producción de cordero joven y pesado en la raza. Raza Aragonesa. **Instituto de Economia y Producciones Ganadeiras del Ebro (IEPGE)**, 1973, 28p.
- TEIXEIRA, C.E.; MANO, S.; PARDI, H.S.; FREITAS, M.Q. Desenvolvimento de salsicha de carne de frango com baixo teor de gordura. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v.11, n.3, p.135-142, 2004.
- TILYABAEV, K.Z.; KAMAIEV, F.G.; VYPOVA, N.L.; IULDASHEV, A.M.; IBRAGIMOV, B.T.; TALIPOV, S.A. Synthesis, structures, and acute toxicity of gossypol nonsymmetrical aldehyde derivatives. **Russian Journal of Bioorganic Chemistry**, v.36, n.3, p.390-395, 2010.
- WANG, X.; HOWELL, C.P.; CHEN, F.; YIN, J.; JIANG, Y. Gossypol – a polyphenolic compound from cotton plant. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.58, p.215-251, 2009.

Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais, expressas em g kg⁻¹, em relação à matéria seca.

	Dietas (Níveis de caroço de algodão)				
	0	100	200	300	400
Ingredientes					
Silagem de milho	400	400	400	400	400
Caroço de algodão	0	100	200	300	40,0
Milho triturado	325,4	260,2	195,2	129,2	65,5
Farelo de soja	250	215	180	146	110
Calcário calcítico	19,6	19,2	19,2	19,2	19,5
Mistura mineral ¹	5,0	5,6	5,6	5,6	5,0
Composição					
Matéria seca	626	629	633	637	641
Proteína Bruta	180	180	180	181	181
Extrato Etéreo	2,76	4,59	6,42	8,25	10,1
Cinzas	70	71	71	71	71
- Cálcio	10	10	10	10	10
- Fósforo	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0
FDA ²	14,3	17,1	19,8	22,6	25,3
FDN ³	28,6	32,0	35,4	38,8	42,2
ED ⁴ , Mcal kg ⁻¹	3,02	3,26	3,27	3,27	3,28
EM ⁵ , Mcal kg ⁻¹	2,47	2,68	2,68	2,68	2,69
NDT ⁶	68,4	74,0	74,1	74,2	74,4

¹ Composição por kg: 152g de Ca, 85g de P, 135g de Na, 10g de Mg, 18g de S, 80mg de I, 1400mg de Mn, 150mg de Mo, 25mg de Se, 60mg de Co, 4000mg de Zn, 850mg de F. ²FDA- fibra em detergente ácido; ³FDN- fibra em detergente neutro; ⁴ED- energia digestível; ⁵EM- energia metabolizável; ⁶NDT- nutrientes digestíveis totais.

Tabela 2- Composição físico-química e índices objetivos de cor do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros confinados com níveis de caroço de algodão na dieta.

Variáveis*	Níveis de caroço de algodão, g Kg ⁻¹					Equação ou Média	Valor probabilístico			CV ^c
	0	100	200	300	400		Anova	L ^a	Q ^b	
Proteína (%)	20,95	20,93	20,86	21,07	20,81	$\bar{y} = 20,92$	0,0994	0,3804	0,0541	3,25
Lipídios (%)	2,72	3,34	3,30	2,12	3,55	$\bar{y} = 3,01$	0,0126	0,6497	0,6839	30,3
Umidade (%)	75,29	74,59	74,74	75,29	75,09	$\bar{y} = 75,00$	0,4507	0,7729	0,2715	1,33
Cinzas (%)	1,04	1,16	1,09	1,01	1,05	$\bar{y} = 1,07$	0,0362	0,2409	0,1785	9,16
AW	0,9917	0,9922	0,9908	0,9904	0,9895	(1)	0,0009	0,0001	0,2772	0,13
CRA (%)	34,76	32,73	30,58	29,94	30,12	(2)	0,0001	0,0001	0,0251	6,46
PDC (%)	4,93	6,85	7,00	9,40	7,38	(3)	0,0365	0,0170	0,1188	39,7
PC (%)	35,36	35,81	32,06	29,87	35,72	(4)	0,0237	0,2867	0,0352	13,2
Colesterol (ppm)	1251,22	1349,70	1163,37	1597,30	1692,86	$\bar{y} = 1410,89$	0,0837	0,0234	0,2853	32,2
Tocoferóis (ppm)	5,24	7,14	7,08	5,71	4,34	(5)	0,0074	0,0964	0,0011	30,3
FC (kgf)	6,32	5,65	5,36	5,53	4,55	$\bar{y} = 5,48$	0,0914	0,0108	0,9166	23,6
Dureza (N)	230,74	229,42	202,58	176,09	238,89	(6)	0,0008	0,2834	0,0027	14,7
Coesividade	0,42	0,43	0,43	0,43	0,46	(7)	0,0321	0,0141	0,1644	5,70
Mastigabilidade	94,34	89,81	77,86	64,81	106,12	(8)	0,0013	0,9459	0,0009	23,0
L*	44,24	43,89	45,89	45,20	47,65	(9)	0,0179	0,0030	0,3429	5,38
a*	18,15	18,83	18,08	17,75	19,07	$\bar{y} = 18,38$	0,6181	0,7221	0,5089	11,0
b*	13,93	14,12	14,44	13,83	16,42	(10)	0,0131	0,0120	0,0795	11,6
C	22,89	23,56	23,18	22,52	25,17	$\bar{y} = 23,47$	0,2014	0,1835	0,2359	10,5
h°	37,50	36,98	38,69	37,86	40,74	(11)	0,0168	0,0050	0,1511	6,00
ab	1,31	1,32	1,26	1,29	1,16	(12)	0,0213	0,0064	0,1653	8,37
E*	1,72	1,75	1,65	1,69	1,56	$\bar{y} = 1,67$	0,0734	0,0151	0,3172	8,45

Tabela 2 – Continuação

Variáveis*	Níveis de caroço de algodão, g Kg ⁻¹					Equação ou Média	Valor probabilístico			CV ^c
	0	100	200	300	400		Anova	L ^a	Q ^b	
MMb, (%)	9,99	12,39	11,20	8,10	13,77	$\bar{y} = 11,09$	0,0367	0,4271	0,3458	35,0
DMb, (%)	34,95	37,19	31,21	38,71	20,17	(13)	0,0011	0,0071	0,0209	28,8
OMb, (%)	55,06	50,41	57,59	53,19	66,06	(14)	0,0008	0,0028	0,0148	13,1

^aL = tendência linear; ^bQ = tendência quadrática;

CV (%) = coeficiente de variação.

⁽¹⁾ $\hat{y}_{AW} = 0,9921 - 0,000006x$ ($r^2 = 0,86$); ⁽²⁾ $\hat{y}_{CRA} = 34,03 - 0,0121x$ ($r^2 = 0,84$); ⁽³⁾ $\hat{y}_{PDC} = 5,63 + 0,0074x$ ($r^2 = 0,54$);

⁽⁴⁾ $\hat{y}_{PC} = 36,55 - 0,0401x + 0,00008x^2$ ($r^2 = 0,47$); ⁽⁵⁾ $\hat{y}_{TOC} = 5,43 + 0,0192x - 0,00005x^2$ ($r^2 = 0,93$); ⁽⁶⁾ $\hat{y}_{DUR} = 241,21 - 0,3979x + 0,0009x^2$ ($r^2 = 0,49$);

⁽⁷⁾ $\hat{y}_{COE} = 0,42 + 0,00006x$ ($r^2 = 0,56$); ⁽⁸⁾ $\hat{y}_{MAS} = 99,76 - 0,2565x + 0,0006x^2$ ($r^2 = 0,57$); ⁽⁹⁾ $\hat{y}_{L*} = 43,74 + 0,0081x$ ($r^2 = 0,74$);

⁽¹⁰⁾ $\hat{y}_{b*} = 13,62 + 0,0046x$ ($r^2 = 0,47$); ⁽¹¹⁾ $\hat{y}_{h^o} = 36,94 + 0,0072x$ ($r^2 = 0,62$); ⁽¹²⁾ $\hat{y}_{ab} = 1,33 - 0,0003x$ ($r^2 = 0,63$); ⁽¹³⁾ $\hat{y}_{DMb} = 38,03 - 0,0279x$ ($r^2 = 0,36$);

⁽¹⁴⁾ $\hat{y}_{OMb} = 51,5 + 0,0248x$ ($r^2 = 0,43$);

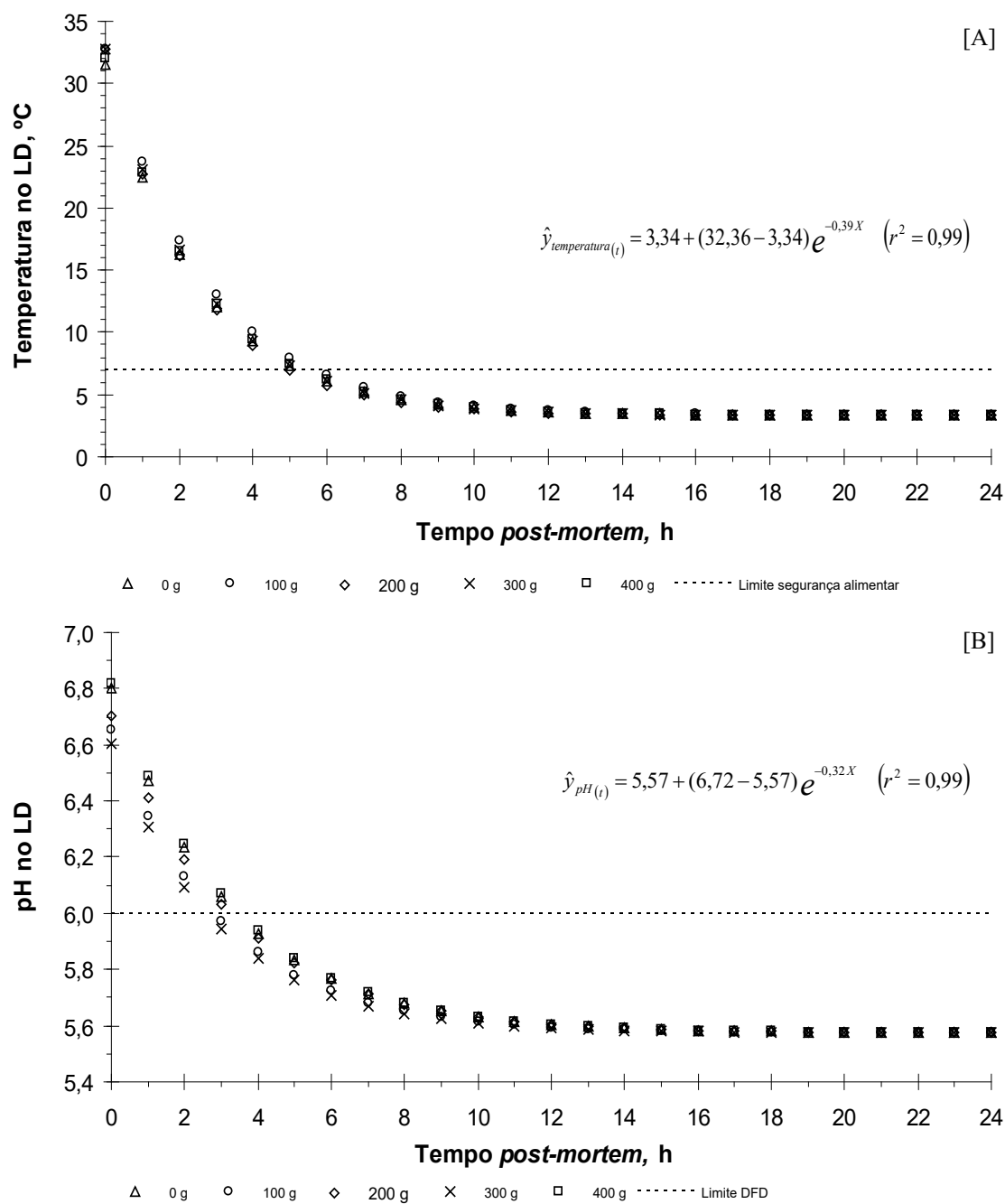
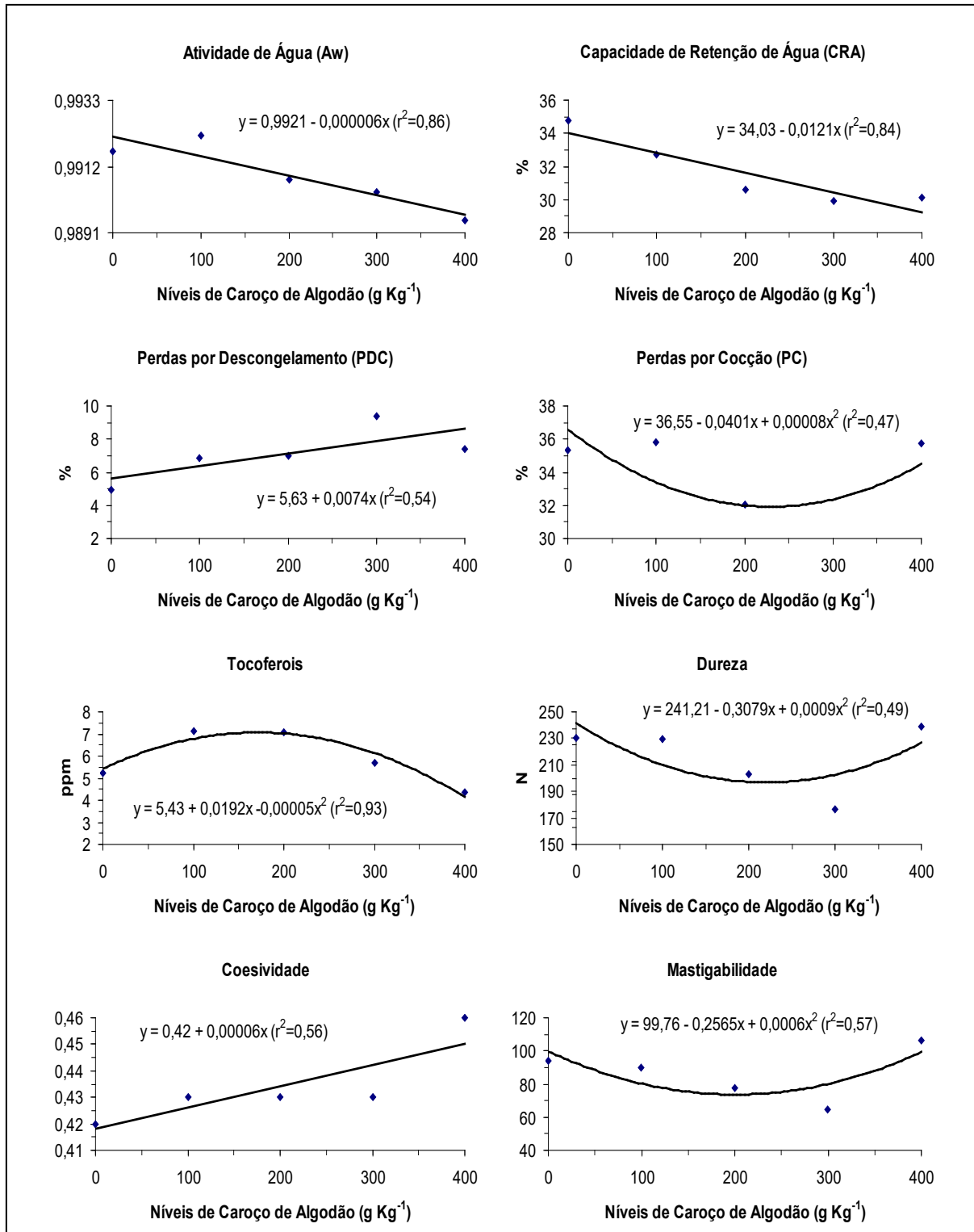
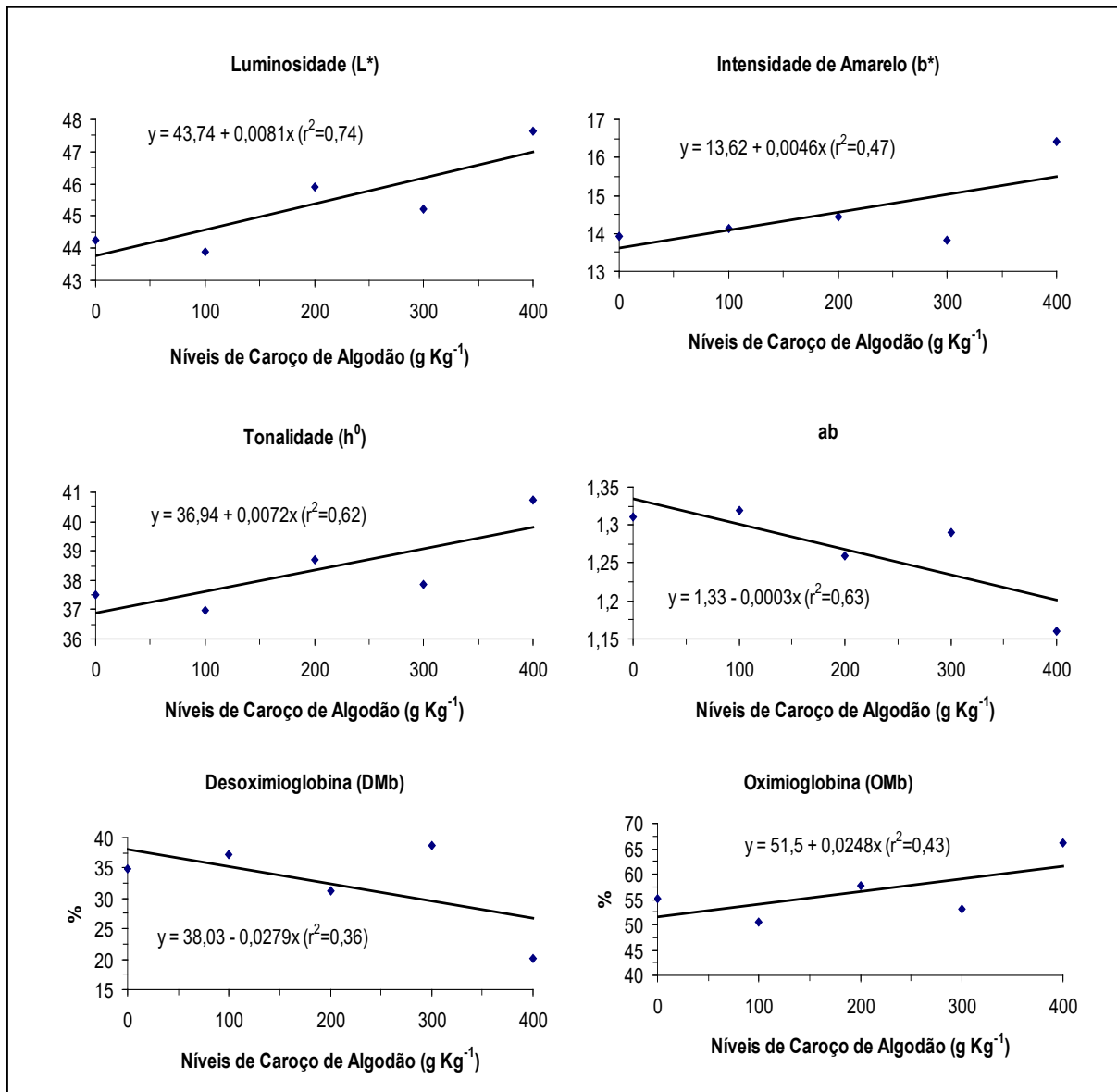


Figura 1. Curvas de temperatura (A) e pH (B) muscular (*longissimus dorsi*) entre 0 e 24 horas *post-mortem* obtidas durante o resfriamento à 2°C das carcaças cordeiros confinados com níveis de caroço de algodão na dieta.



Quadro 1. Comportamento dos valores de atividade de água, capacidade de retenção de água, perdas por descongelamento e cocção, tocoferóis, dureza, coesividade e mastigabilidade do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta.



Quadro 2. Comportamento dos valores de atividade de água, capacidade de retenção de água, perdas por descongelamento e cocção, tocoferóis, dureza, coesividade e mastigabilidade do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta.

4 CAPÍTULO 2

ACEITAÇÃO SENSORIAL, PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS E AMINOÁCIDOS, E COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS NA CARNE DE CORDEIROS CONFINADOS COM NÍVEIS DE CAROÇO DE ALGODÃO NA DIETA

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de caroço de algodão na dieta de cordeiros (0, 100, 200, 300 e 400 g kg⁻¹) sobre a análise sensorial, perfil de ácidos graxos e aminoácidos, e compostos orgânicos voláteis na carne. A aceitação da carne diminuiu com o acréscimo de caroço de algodão. O incremento de caroço de algodão aumentou os ácidos graxos saturados (18:0) e poli-insaturados (18:2ⁿ 6-^c 9, ^c 12), mas reduziu monoinsaturados (18:1ⁿ 9-^c 9) e cadeia ímpar (17:1ⁿ 7-^c 10), piorando as relações $n6/n3$ e nutricional, além dos índices de aterogenicidade e trombogenicidade. A tirosina reduziu com o acréscimo de caroço de algodão. Os compostos 1-penten-3-ol, 1-hexanol, benzyl alcohol, propanal, octanal, nonanal e furanos diminuíram, enquanto os organosulfurados aumentaram com o incremento de caroço de algodão. Logo, o incremento de caroço de algodão influencia negativamente a aceitação e qualidade da carne, por isso, recomenda-se a adição máxima de 180 g kg⁻¹ do mesmo na dieta de cordeiros confinados.

Palavras-chave: aldeídos, linoléico, organosulfurados, ovino, tirosina.

**SENSORY ACCEPTANCE, PROFILES OF FATTY ACIDS AND AMINO ACIDS,
AND VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS IN THE MEAT OF CONFINED LAMBS
WITH LEVELS OF COTTONSEED IN THEIR DIET**

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of cottonseed (0, 100, 200, 300 and 400 g kg⁻¹) in the diet of lambs in terms of sensory analysis, the profiles of fatty acids and amino acids, and the volatile organic compounds in the meat. The level of acceptance of the meat decreased with the addition of increased levels of cottonseed. Increased levels of cottonseed resulted in an higher levels of saturated fatty acids (18:0) and polyunsaturated fatty acids (18:2^{n-6-c-9,c-12}) but reduced the levels of monounsaturated fatty acids (18:1^{n-9-c-9}) and odd-chain fatty acids (17:1^{n-7-c-10}), which had a negative impact on the *n6/n3* and nutritional relationships, in addition to the atherogenicity and thrombogenicity rates. The levels of tyrosine reduced with the addition of cottonseed. The levels of 1-penten-3-ol, 1-hexanol, benzyl alcohol, propanal, octanal, nonanal and furans decreased, while the levels of organosulfate compounds increased in line with increasing levels of cottonseed. Thus, the addition of cottonseed negatively influenced the acceptance and quality of the meat and it is therefore recommended that the maximum level of cottonseed in the diet of confined lambs should be 180 g kg⁻¹.

Keywords: aldehydes; desaturase; linoleic; organosulfates; ovine; tyrosine.

INTRODUÇÃO

A produção mundial de algodão na safra 2015/2106 foi de 21 milhões de toneladas, com estimativa para 2016/2017 de 22,5 milhões de toneladas de algodão, sendo a Índia a maior produtora com 5,7 milhões de toneladas. O Brasil também exerce papel importante no mercado mundial de algodão, sendo o 5º maior produtor e o 4º maior exportador em 2016, com valores de 1,29 e 0,94 milhões de toneladas respectivamente (ICAC, 2016).

No entanto, a produção brasileira de algodão concentra-se especialmente nos estados de Mato Grosso e Bahia, respondendo em 2015 por 86,2 % da produção do país. Mato Grosso tem a liderança com 57,4 % da produção nacional, vindo a seguir o estado da Bahia com 28,8 % da produção brasileira (BRASIL, 2015).

Conseqüentemente, existe uma grande disponibilidade de co-produtos do descaroçamento do algodão, como caroço de algodão integral (2,01 milhões de toneladas) que representa 61 % do beneficiamento do algodão (MARTINEZ, 2008), farelo de algodão e torta de algodão, sendo estes de baixo custo, destacando-os como fonte de nutrientes alternativos para a alimentação animal, em especial para os ruminantes (LOUVANDINI et al., 2007), visto que constante é a busca por alternativas de manejo nutricional que visem à redução dos custos no sistema produtivo em conseqüência da nutrição ser um dos principais entraves do sistema de produção por apresentar elevados custos.

Dentre tais alimentos, o caroço de algodão integral tem se mostrado uma excelente opção, visto que é um alimento com altos teores de lipídios, proteínas e fibra bruta e sua utilização na alimentação de ruminantes têm recebido atenção crescente de pesquisadores, principalmente em virtude de seus altos teores de lipídios, que possibilitam elevar a densidade energética das dietas sem diminuir os teores de fibra e proteínas (COPPOCK et al., 1985; CRANSTON et al., 2006), além de permitir a formulação de dietas de custo mínimo.

Entretanto, o uso do caroço de algodão deve ser analisado com cuidado devido ao alto teor de gordura, pois em ruminantes (geralmente acima de 7 %) isso está relacionado à menor digestibilidade da fibra e conseqüentemente menor ingestão de alimento (NRC, 2007) e principalmente pela presença do gossipol, composto amarelo, aldeído polifenólico, que está presente nas glândulas da semente de algodão (TILYABAEV et al., 2010). Esta substância em sua forma livre na alimentação tem ação bioativa e produz reações adversas nos sistemas circulatório, renal, respiratório e hepático nos animais, podendo levar a óbito (ROGERS et al., 2002; EFSA, 2008), além de agir sobre uma diversa gama de enzimas e transportadores celulares diminuindo a atividade destes (CHEN et al., 2009).

Outro fator que deve ser considerado é a associação do caroço de algodão com aspectos indesejáveis nas características físico-químicas e sensoriais da carne, uma vez que frigoríficos têm recebido reclamações de consumidores insatisfeitos com o aroma e sabor da carne de animais confinados com caroço de algodão na dieta (CALKINS & HODGEN, 2007; COSTA et al., 2013). Entretanto, poucos trabalhos detalham o seu efeito sobre as características qualitativas da carne, propiciando o surgimento de diversas opiniões a respeito do assunto sem comprovação científica fundamentada.

Assim, esta pesquisa teve como objetivo elucidar o efeito das dietas contendo níveis de caroço de algodão integral na terminação de cordeiros em confinamento sobre a aceitação sensoriais, perfil de ácidos graxos e de aminoácidos, e os compostos voláteis da carne produzida.

MATERIAL E MÉTODOS

Animais e alimentação

Os animais foram confinados no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha/RS (IFF-JC), Campus Julio de Castilhos, localizado na cidade de Julio de Castilhos – RS, com aprovação da Comissão de Ética no Uso de Animais do IFF-JC, sob protocolo nº 01.0378.2015/001.2015.

Foram utilizados 45 cordeiros machos não castrados da raça Ile de France. Após o desmame, que ocorreu aproximadamente aos 60 dias de vida, os cordeiros foram confinados em baias individuais, totalmente cobertas, com aproximadamente 2 m² de área, providas de bebedouros e comedouros. Inicialmente os animais receberam uma identificação, foram vacinados preventivamente contra clostridioses, vermifugados e o controle de endoparasitas realizado através do método Famacha de Malan e Van Wyk (1992).

As dietas corresponderam à inclusão de níveis de caroço de algodão, sendo: Sem caroço de algodão; 100 g de caroço de algodão por kg de MS na dieta; 200 g de caroço de algodão por kg de MS na dieta; 300 g de caroço de algodão por kg de MS na dieta; 400 g de caroço de algodão por kg de MS na dieta.

As dietas experimentais (Tabela 1) fornecidas aos animais confinados foram formuladas para serem isoprotéicas e, conforme o tratamento, compostas por silagem de milho (*Zea mays* L.), grão de milho triturado (*Zea mays* L.), farelo de soja (*Glycine max* L.) e caroço de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) triturado em peneira de 2 mm, em uma proporção de volumoso:concentrado de 40:60, e mistura mineral completa. A dieta foi calculada de modo a atender as exigências nutricionais de cordeiros em crescimento (NRC, 2007). A dieta

foi fornecida *ad libitum*, duas vezes ao dia, em horários pré-estabelecidos às 8:00 e 17:00 horas, sendo a quantidade ofertada ajustada de forma a manter as sobras em aproximadamente 10 % do total oferecido. Também foi analisado o perfil de ácidos graxos e aminoácidos dos ingredientes das dietas experimentais (Tabela 2).

O período experimental foi precedido por período de 14 dias para adaptação dos animais as instalações, alimentação e manejo. O ensaio de alimentação iniciou após o período de adaptação, estendendo-se até o momento em que cada cordeiro atingiu o peso de abate pré-estabelecido, que corresponde a 60 % do peso vivo a maturidade, ou seja, 36 kg de peso vivo, quando então foram abatidos.

Os cordeiros foram pesados no início do período experimental e a cada intervalo de 21 dias, após prévia restrição de sólidos de 12 horas.

Abate dos animais e amostragem

Ao atingirem o peso de abate, os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 12 horas. Decorrido este tempo os mesmos foram abatidos, utilizando-se de insensibilização com pistola pneumática, seguido de sangria, esfolagem, evisceração, pesagem, lavagem e resfriamento das carcaças em câmara fria a 2 °C por 24 horas, seguindo as normas do Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 1952).

Imediatamente após o período de 24 horas de resfriamento, foi realizada a secção longitudinal da carcaça e a retirada do músculo *longissimus dorsi*. Este foi seccionado em porções, sendo que cada porção deste foi destinada às análises segundo Cañeque e Sañudo (2005).

Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Carnes da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), unidade Embrapa Pecuária Sul, onde as amostras foram submetidas à avaliação do sabor pelo teste de comparação múltipla e de aceitação, através de oito julgadores treinados, de ambos os sexos, pertencentes à equipe do laboratório.

Os testes foram realizados em cabines individuais, com temperatura controlada entre 23 e 25 °C, com oferta de água e pão, para serem utilizados entre a avaliação das amostras com o intuito de remover o sabor residual e limpeza do palato. As cabines foram providas de luz vermelha para evitar influência da cor durante a avaliação. As amostras foram apresentadas de forma codificada com algarismos aleatórios de três dígitos, em blocos completos.

Foram utilizadas amostras do músculo *Longissimus lumborum* (Cañeque e Sañudo, 2005), as quais foram descongeladas sob refrigeração em temperatura média de 4 °C por 24 horas e posteriormente assadas em forno pré-aquecido a 180 °C até alcançar a temperatura de 70 °C em seu centro geométrico. As amostras foram então cortadas paralelamente as fibras musculares, em cubos de aproximadamente 1,27 cm² (AMSA, 1995) embrulhadas em papel alumínio, identificadas e mantidas aquecidas em forno elétrico a 60 °C até o momento da avaliação.

No teste de comparação múltipla, os julgadores receberam uma amostra padrão (tratamento sem inclusão de caroço de algodão) identificada com a letra “P” e outras 5 amostras referentes aos demais tratamentos, incluindo uma amostra igual ao padrão. Assim, foi solicitado que avaliassem cada uma das amostras em relação à amostra padrão, comparando-as segundo o atributo “sabor” por meio de uma escala de sete pontos (-3 = muito mais fraco que o padrão; -2 = Moderadamente mais fraco que o padrão ; -1 = Ligeiramente mais fraco que o padrão; 0 = Igual ao padrão ; +1 = Ligeiramente mais forte que o padrão ; +2 = Moderadamente mais forte que o padrão; +3 = muito mais forte que o padrão).

Para o teste de aceitação, os julgadores receberam uma amostra por vez e solicitou-se que avaliassem o sabor segundo escala hedônica de sete pontos (1- Desgostei muito, 2- Desgostei, 3- Desgostei pouco, 4- Indiferente, 5- Gostei pouco, 6- Gostei, 7- Gostei muito), com o intuito de verificar se gostaram ou desgostaram da carne.

Perfil de ácidos graxos

Os lipídios foram extraídos pela técnica de Hara e Hadin (1978) e os ésteres metílicos dos ácidos graxos (FAME) foram obtidos conforme Christie (1989). Os FAME foram analisados em cromatógrafo gasoso (Agilent 6890 Series Plus, USA), equipado com detector de ionização em chama (DIC). A separação dos compostos foi realizada em uma coluna capilar de sílica fundida SP-2560[®] de 100 m × 250 µm × 0,20 µm (Supelco, Bellefonte, PA, USA). Utilizou-se como gás de arraste o nitrogênio com pressão de 27,9 psi e 1 µL da amostra foi injetado na porta de injeção operando no modo *split* 1/50. A programação de temperatura da coluna iniciou a 60 °C permanecendo por 1 min, aumentando 15 °C min⁻¹ até chegar a 170 °C, permanecendo por 15 min. Em seguida, aumentou em 3 °C min⁻¹ até atingir 185 °C, permanecendo por 6 min. Depois, aumentou 6 °C min⁻¹ até 210 °C onde permaneceu por 9 min e por fim aumentando 15 °C min⁻¹ até 240 °C, permanecendo em isoterma por 8 min, totalizando uma corrida 57,5 min. O FID operou a temperatura constante de 250 °C. Os FAME foram identificados por comparação entre os tempos de retenção dos padrões

autênticos (Supelco® 37 Components FAME Mix, Linoleic Acid Methyl Ester Mix (Cis/Trans), Linolenic Acid Methyl Ester Isomer Mix, Trans-11-Octadecenoic Methyl Ester; Cis-7,10,13,16,19-Docosapentaenoic methyl Ester, Linoleic Acid Conjugated Methyl Ester). Já a quantificação dos ácidos graxos em mg g⁻¹ de lipídios foi realizada por meio do uso do padrão interno tricosenoato de metila (23:0) e da utilização do fator de correção teórico, assim como, do fator de conversão do éster metílico para ácidos graxos, conforme metodologia proposta por Visentainer (2012).

Ainda foram calculados os somatórios de ácidos graxos de cadeia curta, média, longa e muito longa, de cadeia ímpar e os somatórios de ácidos graxos saturados, insaturados, monoinsaturados e poliinsaturados. Também foram calculadas as relações entre ácidos graxos monoinsaturados e saturados, poliinsaturados e saturados e, dos ômega 6/ômega 3. As atividades das enzimas Δ^9 dessaturases e elongases foram determinadas conforme descrito por Malau-Aduli et al., (1997), por meio de índices matemáticos. O índice de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) foi calculado de acordo com Ulbricht & Southgate (1991) e a relação nutricional (NR) conforme Estévez et al., (2004). Também foi calculado a atividade da enzima tioesterase (Tio) e o índice de funcionalidade (FI) dos ácidos graxos encontrados da seguinte forma:

$$\text{Tio} = 16:0/14:0;$$

$$\text{FI} = \Sigma\text{CLA}/(12:0+14:0+16:0)$$

Análise do perfil de aminoácidos

A determinação de aminoácidos foi realizada por cromatografia líquida de alta performance (HPLC). As amostras passaram por hidrolização prévia com ácido clorídrico (HCl) bidestilado 6 N, seguida de derivação pré-coluna dos aminoácidos livres com fenilisotiocianato (PITC) e da separação dos derivativos feniltiocarbamil-aminoácidos (PTC aa) em coluna de fase reversa C18 (Pico-Tag - 3,9 x 300 mm), com detecção por UV a 254 nm. A quantificação da amostra ocorreu baseada na altura de cada pico de aminoácido, sendo usada como referência a altura do pico do padrão interno de aminoácidos com concentração conhecida, com o padrão derivado nas mesmas condições e no mesmo tempo que as amostras. Os teores de aminoácidos foram transformados para gramas por 16 g N de amostra seca. Para isso, o teor de proteína bruta (g por 100 g matéria seca) da amostra foi determinado pelo método de micro-Kjeldahl (N x 6,25), a partir da metodologia descrita pela AOAC 982.30 (1995).

Determinação dos compostos voláteis da carne

As amostras, antes das análises, foram submetidas a tratamento térmico adaptado de Elmore et al. (2001) por Donadel et al. (2013) para a caracterização dos voláteis. Dessa forma, aproximadamente 50 g do músculo *Longissimus thoracis* foram descongeladas em temperatura de 4 °C por 12 h e cortadas em pedaços com $30 \pm 0,1$ g, os quais foram fatiados em duas partes iguais e submetidos ao cozimento em autoclave, à temperatura de 121 °C em frasco de vidro tampado com placa de Petry, durante 10 min. Posteriormente, as amostras foram resfriadas à temperatura ambiente e trituradas em processador de alimentos.

As análises foram realizadas com a técnica de microextração em fase sólida (SPME) aplicada ao *headspace*. Na extração foi utilizada uma fibra de revestimento Car/PDMS (carboxen/polidimetilsiloxano, 75 μ m \times 10 mm (SupelcoTM, Bellefonte, PA, USA). Assim, 5 g ds amostra homogeneizada e triturada foi inserida em frasco de vidro âmbar de 20 mL com tampa de face interna de PTFE. O frasco contendo a amostra foi acondicionado em banho de imersão a 60 °C por 15 min para equilíbrio de temperatura da amostra e, posteriormente, a mesma foi exposta por 50 min para sorção dos compostos na fibra. Após o tempo de extração, a fibra foi reposicionada dentro da agulha e o dispositivo imediatamente levado ao injetor do cromatógrafo para dessorção dos analitos. A fibra permaneceu por 10 min, com objetivo da completa eliminação dos compostos (efeito memória – *carry over*). Cada amostra foi analisada em triplicata.

A separação e identificação dos compostos voláteis foi realizada com o cromatógrafo a gás acoplado a um espectrômetro de massas (GC/MS), Shimadzu, modelo GC/MS -QP 2010 *Plus*. A dessorção térmica da fibra de SPME ocorreu no injetor a 250 °C, no modo *splitless*, utilizando *liner* de 0,75 mm de diâmetro interno. A separação dos compostos voláteis realizou-se em uma coluna capilar de fase polar de polietilenoglicol (PEG), Chrompack WAX 52-CB (60 m \times 0,25 mm d.i \times 0,25 μ m). O programa de temperatura da coluna iniciou em 35 °C, permanecendo por 2 min, posteriormente, aumentando até 80 °C a uma taxa de 2 °C min⁻¹, a partir desta temperatura, aumentou-se até 230 °C com um gradiente de 8 °C min⁻¹. O gás de arraste utilizado foi o He com uma vazão constante de 1,6 mL min⁻¹. O espectrômetro de massas operou no modo de ionização por impacto de elétrons a energia de +70 eV. A temperatura do transfer line e da fonte de íon foi ajustada em 230 °C. O analisador de massas quadrupolo foi operado no modo de varredura (*scan*), monitorando as massas de 35 a 350 m/z. A identificação dos constituintes foi baseada na comparação dos espectros obtidos experimentalmente com os da literatura (NIST 05) ou obtidos por padrões, por comparação do índice de retenção linear, calculados com uma série homóloga de n-alcanos.

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância univariada utilizando o procedimento GLM, suas médias ajustadas pelo método dos quadrados mínimos ordinários com o comando LSMEANS, em delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e nove repetições cada, usando o peso inicial dos cordeiros como covariável. Adicionalmente, foram testadas as tendências (linear e quadrática) via contrastes a partir dos coeficientes para interpolação dos polinômios ortogonais. Além disso, foi efetuada análise de regressão polinomial para investigar as alterações nas variáveis dependentes em função dos níveis de caroço de algodão na dieta.

Os dados da análise sensorial foram transformados com o intuito de validar o uso da estatística paramétrica e em seguida analisados em delineamento de blocos casualizados, tendo seus resultados informados na tabela expressos em sua escala original.

Posteriormente, foi executada a análise de variância multivariada com o comando MANOVA, complementada pela técnica de componentes principais com os procedimentos PRINQUAL, PRINCOMP E FACTOR. As análises estatísticas foram realizadas no aplicativo SAS[®] - *Statistical Analysis System* versão 9.0 (SAS Institute Inc., Cary – NC, USA).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os julgadores não discerniram ($P > 0,05$) o *flavour* da carne oriunda de animais alimentados com caroço de algodão na dieta em relação aos sem. Todavia, houve rejeição ($P < 0,05$) da mesma a partir da inclusão de 235 g kg⁻¹ de caroço de algodão na matéria seca da dieta (Tabela 3). Assim, pode-se inferir que a adição de caroço de algodão na dieta aumentou a rejeição sensorial da carne.

Houve aumento ($P < 0,05$) na deposição dos ácidos graxos 18:0 (Tabela 4, Quadro 1), 18:2n 6-c 9,c 12, 20:2n 6-c 11,c 14 e 24:1n 9-c 15 (Tabela 5, Quadro 2) à medida que se elevou os níveis de caroço de algodão na dieta. Este comportamento deve-se as quantidades destes ácidos graxos presente nos ingredientes, especialmente no caroço de algodão (Tabela 2), aumentando suas participações nas dietas e deposição na gordura intramuscular. O aumento de 18:0 também pode estar associado a diminuição na atividade da Δ^9 desaturase (Tabela 6), reduzindo a conversão de esteárico para oléico. Além disso, o aumento destes ácidos graxos insaturados pode ser atribuído a biohidrogenação parcial dos ácidos graxos poli-insaturados no rúmen em decorrência da elevação dos lipídios nas dietas com o incremento de caroço de algodão (Tabela 1), incorporando-os na gordura intramuscular.

Por outro lado, os ácidos graxos 16:1n-7c9, 17:1n-7c10, 18:1n-9c9, 18:2n-6-t9, t12 (Tabela 5, Quadro 2) reduziram ($P < 0,05$) à medida que se elevou o caroço de algodão na dieta. Este fato deve-se ao aumento de fibra e sua efetividade com o incremento de caroço de algodão (Tabela 1), pois, os maiores valores de fibra aumentam o tempo de retenção do alimento no rúmen e proporcionam pH mais favorável as bactérias (DEPENBUSCH et al., 2009), além da lenta liberação de triglicerídeos da matriz do grão, resultando em maior biohidrogenação ruminal dos ácidos graxos insaturados e reduzindo sua deposição nos adipócitos.

A redução de 18:1n-9c9 também pode ser atribuída a inibição da Δ^9 desaturase (Tabela 6), ao mesmo ter sido metabolizado para a síntese de colesterol ($\hat{Y}_{\text{cholesterol, ppm}} = 1184.4 + 11.33x$; $r^2 = 0.63$) ou ter atuado como modulador para tal (FARIA et al., 2012).

Os ácidos graxos 16:0 (Tabela 4), 18:1n-7-t11, 18:1n-9-t9 (Tabela 5) e 24:0 (Tabela 4) tiveram ($P < 0,05$) comportamento quadrático (Quadro 1 e 2), respectivamente, com ponto de máxima em 235 e 157 g kg⁻¹ para os primeiros e ponto de mínima em 58 e 140 g kg⁻¹ de caroço de algodão na matéria seca da dieta para os últimos.

O aumento de 16:0 até 235 g kg⁻¹ de caroço de algodão pode ser explicado pela sua maior participação na dieta ($\hat{Y}_{16:0} = 126.2 + 0.0115x$; $r^2 = 0.99$; Tabela 3) e pela inibição na atividade da Δ^9 desaturase (Tabela 6), reduzindo a conversão de palmítico para palmitoleico (Tabela 5). No entanto, sua diminuição a partir de 235 g kg⁻¹ de caroço de algodão pode ser justificada pela sua mobilização para a síntese (alongamento) de ácidos graxos com maior comprimento de cadeia, principalmente, de 18:0 e 24:0 (Tabela 4).

O aumento de 18:1n-7-t11 até 157 g kg⁻¹ de caroço de algodão pode ser atribuído a biohidrogenação incompleta dos ácidos graxos poli-insaturados no rúmen. Entretanto, sua diminuição a partir de 157 g kg⁻¹ de caroço de algodão pode ser devido a biohidrogenação completa do mesmo até 18:0 em detrimento do efeito de repleção ruminal da fibra ou isomerização até 18:1n-9-t9.

A diminuição de 18:1n-9-t9 até 58 g kg⁻¹ de caroço de algodão deve-se a sua menor participação na dieta ($\hat{Y}_{18:1n-9-t9} = 0.637 - 0.0002x$; $r^2 = 0.99$; Tabela 3). Todavia, seu aumento a partir de 58 g kg⁻¹ de caroço de algodão pode ser em detrimento da isomerização do 18:1n-7-t11 e do 18:1n-9c9 (MOSLEY et al., 2002) ou pela hidrogenação catalítica dos PUFA durante a fermentação ruminal.

Na literatura não foi encontrada explicação para a diminuição de 24:0 até 140 g kg⁻¹ de caroço de algodão, haja vista que o mesmo teve maior participação na dieta ($\hat{Y}_{24:0} = 1.413 + 0.0002x$; $r^2 = 0.99$, Tabela 3). Porém, seu aumento a partir de 140 g kg⁻¹ de caroço de algodão pode ser justificado pelo alongamento do 16:0.

A diminuição dos ácidos graxos de cadeia ímpar ($P < 0,05$) com o acréscimo de caroço de algodão (Tabela 6, Quadro 3) sinaliza o comprometimento da fermentação ruminal em função do aumento de lipídios não protegidos na dieta (Tabela 1).

O aumento ($P < 0,05$) na deposição de ácidos graxos saturados bem como a redução ($P < 0,05$) de insaturados totais e monoinsaturados com o incremento de caroço de algodão (Tabela 6 e Quadro 3), especialmente de 18:1 $n-9-c$ 9 (Tabela 5), deve-se a biohidrogenação completa dos monoinsaturados por serem menos nocivos a microbiota ruminal (MAIA et al., 2010), resultando em menor ($P < 0,05$) relação MS (Tabela 6). Além disso, a inibição da Δ^9 desaturase também pode explicar este comportamento.

A redução significativa na atividade da Δ^9 desaturase nos carbonos 16 e 18 com o acréscimo de caroço de algodão (Tabela 6, Quadro 4) é explicada pelos ácidos graxos ciclopropenóides (estercúlico e malvático) existentes no caroço de algodão, os quais deprimem irreversivelmente a atividade da enzima Δ^9 desaturase (PAGE et al., 1997; YANG et al., 1999; ARCHIBEQUE et al., 2005; SMITH et al., 2006). Talvez, estes compostos presentes no caroço de algodão também possam justificar a supressão na atividade da enzima alongase com o acréscimo do mesmo na dieta.

Em contrapartida, o aumento na deposição de ácidos graxos poli-insaturados ($P < 0,05$) com o acréscimo de caroço de algodão (Tabela 6), principalmente de 18:2 $n-6-c$ 9, c 12 (Tabela 5), deve-se ao maior escape a biohidrogenação por serem mais nocivos a microbiota ruminal (MAIA et al., 2010), resultando em maior ($P < 0,05$) relação PS, $\frac{n6}{n3}$ e $\frac{n6}{n3}$ (Tabela 6 e Quadro 4). Apesar da relação PS ter melhorado (maior valor), a relação $\frac{n6}{n3}$ piorou, pois, dados da literatura apontam valores inferiores a 4 (WOOD et al., 2004), 5 (NANTAPO et al., 2015) ou 10 (INSTITUTE of MEDICINE, 2002-2005) como desejáveis a saúde humana. Portanto, os resultados encontrados nesse estudo podem ser considerados altos ($\frac{n6}{n3} > 10$), principalmente, a partir da adição de 115 g kg⁻¹ de caroço de algodão na dieta. Isto, também se deve pelos animais terem sido confinados ao invés de criados a pasto (DALEY et al., 2010).

Tal comportamento para os ácidos graxos piorou (maior valor) os índices de aterogenicidade, trombogenicidade e relação nutricional ($P < 0,05$) com o incremento de caroço de algodão na dieta (Tabela 6, Quadro 4). Dessa forma, pode-se deduzir que cordeiros confinados com níveis de caroço de algodão alteram negativamente o perfil de ácidos graxos depositados na gordura intramuscular da carne.

Houve redução ($P < 0,05$) de tirosina na carne com o incremento de caroço de algodão (Tabela 7). Este fato se deve pela sua diminuição na dieta ($\hat{y}_{Tiro\ sin\ a} = 4,63 - 0,0008x$; $r^2 = 0,99$; Tabela 3), principalmente, pela menor participação do farelo de soja e milho triturado (Tabelas 1 e 2).

Além disso, o gossipol ($3,65\text{ mg g}^{-1}$) e/ou os ácidos graxos ciclopropenóides presentes no caroço de algodão, provavelmente, podem ter inibido a atividade da fenilalanina hidroxilase; monooxigenase responsável pela síntese metabólica de tirosina a partir de fenilalanina. Isto se justifica em função desta enzima ser regulada alostericamente pelos seus substratos, fenilalanina e tetrahydrobiopterina (FITZPATRICK, 1999); considerando que a phenylalanine aumentou na dieta ($\hat{y}_{Fenilalanina} = 4,57 + 0,0010x$; $r^2 = 0,99$; Tabela 3) e não sofreu alteração na carne (Tabela 7).

Por outro lado, a diminuição de ácido glutâmico (Tabela 7; $P = 0,1280$; $\hat{y}_{\text{ÁcidoGlutâmico}} = 14,28 - 0,0027x$; $r^2 = 0,94$) também pode explicar a redução na atividade desta hidroxilase, pois, cada enzima contém um único átomo de ferro ferroso ligado a duas histidinas e um glutamato (FITZPATRICK, 1999).

Os aldeídos constituíram a maior parte dos compostos orgânicos voláteis, aproximadamente 78 % (Tabela 9, Tabela 8), corroborando com Donadel et al. (2013), os quais mencionaram que os mesmos são os mais abundantes na carne ovina.

Os compostos 1-penten-3-ol, 1-hexanol, benzyl alcohol (alcoóis), propanal, octanal, nonanal (aldeídos) e furanos totais (Tabela 8, Quadro 5 e 6) diminuiram ($P < 0,05$), ao passo que os organosulfurados totais absolutos (pico de área $\times 10^{-5}$, Tabela 8) e relativos (% , Tabela 9) aumentaram ($P < 0,05$) com o acréscimo de caroço de algodão na dieta.

Os alcoóis e aldeídos são derivados do processo de auto oxidação dos ácidos graxos poli-insaturados presentes nos triglicerídeos intramusculares e fosfolípidios estruturais (MOTTRAM, 1998; ELMORE et al., 2005; DRANSFIELD, 2008; MADRUGA et al., 2009). Por isso, aumentam em dietas enriquecidas com óleos (COSTA et al., 2008), uma vez que os ácidos graxos poli-insaturados se oxidam rapidamente quando aquecidos, produzindo

compostos voláteis indesejáveis para a formação do sabor (WOOD et al., 2004; CALKINS & HODGEN, 2007) e comprometendo a qualidade sensorial da carne.

No presente estudo houve aumento de gordura na dieta (Tabela 1) e de ácidos graxos poli-insaturados na carne (Tabela 6), especialmente de linoléico (Tabela 5), com o incremento de caroço de algodão. Assim, o resultado normalmente esperado seria aumento de aldeídos. Em contrapartida, houve redução.

A oxidação lipídica (auto oxidação e oxidação enzimática) e a geração de aromas desagradáveis podem ter reduzido com o acréscimo de caroço de algodão devido ao mesmo conter compostos fenólicos com atividade antioxidante (VILLA et al., 2014) e tocoferol (OLIVEIRA et al., 2016). Dentre estes, o gossypol é um composto aldeídico polifenólico presente no caroço de algodão que apresenta atividade antioxidante (WANG et al., 2008; WANG et al., 2009) e pode ser depositado na carne ovina (KIM et al., 1996).

O consumo de gossypol aumentou linearmente com o acréscimo de caroço de algodão ($\hat{Y}_{\text{Gossypol, ppm}} = 3.97x$; $r^2 = 0.99$). O limite de ingestão diária considerado seguro para bovinos jovens é de 600 ppm por animal (ROGERS et al., 2002). Nesse caso, a adição máxima recomendada de caroço de algodão na dieta seria de 151 g kg^{-1} para evitar toxidez. No entanto, cordeiros que consumiram 400 g de caroço de algodão ingeriram 1588 ppm de gossypol, não apresentando sinais clínicos nem alterações macroscópicas de intoxicação por gossypol.

Os furanos também foram reportados em estudos realizados com carne caprina por Madruga et al. (2009). Esses compostos são originados das reações de Strecker, Maillard, e da oxidação lipídica (VRANOVÁ & CIESAROVÁ, 2009) no cozimento. Nesta etapa, ocorrem reações complexas entre os componentes não voláteis dos tecidos magros e gordurosos para originar compostos voláteis. Tais como, a proteólise e degradação dos aminoácidos leucina, isoleucina (ESTÉVEZ, 2011), serina, cisteína, alanina, treonina e ácido aspártico, e a oxidação de ácidos graxos poli-insaturados (VRANOVÁ & CIESAROVÁ, 2009) induzidos por tratamento térmico. Os furanos contribuem para a sensação do aroma característico de carne processada termicamente (MOTTRAM, 1998).

A redução de furanos totais (Quadro 6) pode ser explicada pela presença de tocoferol no algodão (OLIVEIRA et al., 2016), pois, este antioxidante reduz até 70 % a formação de furanos (VRANOVÁ & CIESAROVÁ, 2009).

Os organosulfurados são oriundos da degradação de aminoácidos sulfurados, tiamina e produtos intermediários da reação de Maillard (HOFMANN et al., 1996; CERNY, 2007). Eles

podem ter influenciado negativamente a aceitação da carne, pois, apresentam odor desagradável (VAN DEN VELDE et al., 2007).

O butanal (aldeído), octan-2-one e 2-propanone (cetonas) tiveram ($P < 0,05$) comportamento quadrático (Tabela 8, Quadro 5 e 6), respectivamente, com ponto de mínima em 221 e 259 g kg⁻¹, e ponto de máxima em 230 g kg⁻¹ de caroço de algodão na dieta.

Portanto, animais alimentados com caroço de algodão na dieta foram capazes de produzir carne com maior estabilidade a oxidação lipídica e menor estabilidade a oxidação de aminoácidos sulfurados, contribuindo negativamente para aceitação sensorial da carne.

A análise multivariada revelou a formação de quatro (4) grupos distintos entre os níveis de caroço de algodão na dieta (Figura 1), são eles: 0 g kg⁻¹ (quadrante I), 100 g kg⁻¹ (quadrante IV), 200 e 300 g kg⁻¹ (quadrante III), e 400 g kg⁻¹ (quadrante II). Além disso, é possível visualizar um típico comportamento quadrático entre os mesmos, com ponto de mínima aproximado em 200 g kg⁻¹ de caroço de algodão.

O primeiro e quarto quadrantes foram caracterizados por maior aceitação sensorial, maior quantidade de ácidos graxos de cadeia ímpar e monoinsaturados, maior atividade enzimática, maior teor de tirosina, e por maior compostos voláteis oriundos de oxidação lipídica (aldeídos e alcoóis); e vice-versa para o segundo e terceiro quadrantes.

Entretanto, o segundo e terceiro quadrantes foram caracterizados por maior quantidade de ácidos graxos saturados e poli-insaturados, maior relação $\frac{n6}{n3}$, pior relação nutricional, índices de trombogenicidade e aterogenicidade, e por maior composto volátil oriundo de oxidação protéica (organosulfurados); e vice-versa para o primeiro e quarto quadrantes.

Logo, pode-se dizer que a redução de compostos voláteis majoritários (aldeídos e alcoóis) permitiu que o aumento de compostos minoritários (organosulfurados) apresentasse impacto negativo na aceitação da carne.

Por isso, acredita-se que o nível ideal de inclusão de caroço de algodão na dieta de cordeiros durante a terminação em confinamento esteja entre 100 e 150 g kg⁻¹ ($\bar{x} = 125$); e, recomenda-se a adição máxima de 180 g kg⁻¹ a fim de não comprometer a fermentação ruminal, a aceitação sensorial da carne, a qualidade lipídica, protéica e compostos orgânicos voláteis da carne, e visando a saúde humana.

CONCLUSÃO

O aumento de organosulfurados e ácidos graxos poli-insaturados, especialmente linoléico; e a redução de furanos e alguns compostos aldeídicos com o incremento de caroço de algodão influenciam negativamente a aceitação sensorial da carne. Por isso, recomenda-se a inclusão máxima de 180 g kg⁻¹ de caroço de algodão na dieta de cordeiros durante a fase de terminação em confinamento.

Há evidências que o acréscimo de caroço de algodão na dieta de cordeiros tem efeito protetivo sobre a oxidação lipídica, mas não sobre a oxidação de aminoácidos sulfurados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMSA - American Meat Science Association. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. **American Meat Science Association**, Chicago, IL, 1995.
- ARCHIBEQUE, S.L.; LUNT, D.K.; GILBERT, C.D.; TUME, R.K.; SMITH, S.B. Fatty acid indices of stearoyl-CoA desaturase do not reflect actual stearoyl-CoA desaturase enzyme activities in adipose tissues of beef steers finished with corn, flaxseed, or sorghum-based diets. **Journal of Animal Science**, 83, p.1153-1166, 2005.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists International. **Official methods of analysis Chemists**. (15th ed). Washington, 1995, 1141 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Regulamento Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA**. Brasília: MAPA, 1952. 154 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio 2014/2015 to 2024/2025**. Brasília, DF, 2015, 50 p.
- CALKINS, C.R.; HODGEN, J.M. A fresh look at meat flavor. **Meat Science**, v.77, p.63–80, 2007.
- CAÑEQUE, V.; SAÑUDO, C. **Estandarización de lãs metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes**. (Serie Ganadera, 3). Madri: INIA, 2005, 448p.
- CERNY, C. Origin of carbons in sulphur-containing aroma compounds from the Maillard reaction of xylose, cysteine and thiamine. **Food Science and Technology**, v.40, p.1309-1315, 2007.
- CHEN, B.B.; LIN, H.; HU, G.X.; SU, Y.; ZHOU, H.Y.; LIAN, Q.Q.; CAI, H.; HARDY, D.O.; GU, D.Y.; GE, R.S.. The (+)- and (-)-gossypols potently inhibit human and rat 11

betahydroxysteroid dehydrogenase type 2. **Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology**, v.113, n.3, p.177-181, 2009.

CHRISTIE, W.W. A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesteryl esters. **Journal of Lipid Research**, v.23, p.1072-1075, 1989.

COPPOCK, C.E.; WEST, J.W.; MOYA, J.R.; NAVE, D.H.; LABORE, J.M.; THOMPSON, K.G.; ROWE, L.D.JR.; GATES, C.E. Effects of amount of whole cottonseed on intake, digestibility, and physiological responses of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.68, p.2248-2258, 1985.

COSTA, D.P.B.; ROÇA, R.O.; COSTA, Q.P.B.; LANNA, D.P.D.; LIMA, E.S.; BARROS, W.M. Meat characteristics of Nellore steers fed whole cottonseed. **Brazilian Journal of Animal Science**, v.42, n.3, p.183-192, 2013.

COSTA, R.G.; CARTAXO, F.Q.; SANTOS, N.M.; QUEIROGA, R.C.R.E. Goat and sheep meat: lipid composition and sensory characteristics. **Brazilian Journal of Animal Health and Production**, v.9, n.3, p.498-506, 2008.

CRANSTON, J.J.; RIVERA, J.D.; GALYEAN, M.L.; BRASHEARS, M.M.; BROOKS, J.C.; MARKHAM, C.E.; MCBETH, L.J.; KREHBIEL, C.R. x Effects of feeding whole cottonseed and cottonseed products on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v.84, n.8, p.2186-2199, 2010.

DALEY, C.A.; ABBOTT, A.; DOYLEL, P.S.; NADER, G.A.; LARSON, S. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. **Nutrition Journal**, v.9, n.10, p.1-12, 2010.

DEPENBUSCH, B.E.; COLEMAN, C.M.; HIGGINS, J.J.; DROUILLARD, J.S. Effects of increasing levels of dried corn distillers grains with solubles on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of yearling heifers. **Journal of Animal Science**, v.87, p.2653–2663, 2009.

DONADEL, J.Z.; NÖRNBERG, J.L.; KESSLER, J.D.; OSÓRIO, J.C.S.; OSÓRIO, M.T.M.; WAGNER, R. Qualitative analysis of headspace volatile compounds of lambs and goats cooked meat. **Journal Rural Science**, v.43, n.11, p.2085-2092, 2013.

DRANSFIELD, E. The taste of fat. **Meat Science**, v.80, n.1, p.37-42, 2008.

ELMORE, J.S.; MOTTRAM, D.S.; HIERRO, E. Two-fibre solid-phase microextraction combined with gas chromatography–mass spectrometry for the analysis of volatile aroma compounds in cooked pork. **Journal of Chromatography A**, v.905, p.233-240, 2001.

ELMORE, J.S.; COOPER, S.L.; ENSER, M.; MOTTRAM, D.S.; SINCLAIR, L.A.; WILKINSON, R.G.; WOOD, J.D. Dietary manipulation of fatty acid composition in lamb

meat and its effect on the volatile aroma compounds of grilled lambs. **Meat Science**, v.69, p.233-242, 2005.

ESTÉVEZ, M. Protein carbonyls in meat systems: a review. **Meat Science**, v.89, p.259-279, 2011.

ESTÉVEZ, M.; MORCUENDE, D.; RAMÍREZ, R.; VENTANAS, J.; CAVA, R.. Extensively reared Iberian pigs versus intensively reared white pigs for the manufacture of liver pâté. **Meat Science**, v.67, p.453-461, 2004.

EFSA - European Food Safety Authority. Gossypol as undesirable substance in animal feed – Scientific Opinion of the panel on contaminants in the food chain. **The EFSA Journal**, v.908, p.1-55, 2008.

FARIA, P.B.; BRESSAN, M.C.; VIEIRA, J.O.; VICENTE-NETO, J.; FERRÃO, S.P.B.; ROSA, F.C.; MONTEIRO, M.; CARDOSO, M.G.; GAMA, L.T. Meat quality and lipid profiles in crossbred lambs finished on clover-rich pastures. **Meat Science**, v.90, p.733-738, 2012.

FIEVEZ, V.; VLAEMINCK, B.; DHANOA, M.S.; DEWHURST, R.J. Use of principal component analysis to investigate the origin of heptadecenoic and conjugated linoleic acids in milk. **Journal Dairy Science**, v.86, p.4047-4053, 2003.

FITZPATRICK, P.F. Tetrahydropterin-dependent amino acid hydroxylases. **Annual Review of Biochemistry**, v.68, p.355-381, 1999.

HARA, A.; RADIN, N.S. Lipid extraction of tissues of low toxicity solvent. **Analytical Biochemistry**, v.90, p.420-426, 1978.

HOFMANN, T.; SCHIEBERLE, P.; GROSCH, W. Model studies on the oxidative stability of odor-active thiols occurring in food flavors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, p.251-255, 1996.

INSTITUTE OF MEDICINE (F.A.N.B). **Dietary reference intakes (DRIs): Estimated average requirements**. Washington, DC: National Academy of Sciences, (2002–2005).

ICAC - International Cotton Advisory Committee. **Cotton: review of the world situation**. Washington, USA, December, 2016, 10p.

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

LOUVANDINI, H.; NUNES, G.A.; GARCIA, J.A.S. Performance, carcass characteristics and body constituents of Santa Inês sheep fed with sunflower meal in replacement of soybean meal. **Brazilian Journal of Animal Science**, v.36, n.3, p.603-609, 2007.

- MADRUGA, M.S.; ELMORE, J.S.; DODSON, A.T.; MOTTRAM, D.S. Volatile flavour profile of goat meat extracted by three widely used techniques. **Food Chemistry**, v.115, p.1081-1087, 2009.
- MAIA, M.R.G.; CHAUDHARY, L.C.; BESTWICK, C.S.; RICHARDSON, A.J.; MCKAIN, N.; LARSON, T.R.; GRAHAM, I.A.; WALLACE, R.J. Toxicity of unsaturated fatty acids to the biohydrogenating ruminal bacterium, *Butyrivibrio fibrisolvens*. **BMC Microbiology**, v.10, n.52, p.1-10, 2010.
- MALAN, F.S.; VAN WYK, J.A. The packed cell volume and color of the conjunctivae as aids for monitoring *Haemonchus contortus* infestations in sheep. In: BIENNIAL NATIONAL VETERINARY CONGRESS, 1., 1992, Grahamstown, África do Sul. **Anais...** Grahamstown: South African Veterinary Association, v.1, p.139, 1992.
- MALAU-ADULI, A.E.O.; SIEBERT, B.D.; BOTTEMA, C.D.K.; PITCHFORD, W.S. A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. **Australian Journal Agricultural Research**, v.48, p.715-722, 1997.
- MARTINEZ, J.C. **Fontes alternativas de energia para bovinos leiteiros - Parte 6**, 2008. Acesso em 20 março de 2017. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/radar-tecnico/nutricao/fontes-alternativas-de-energia-para-bovinos-leiteiros-parte-6-43853n.aspx>.
- MOSLEY, E.E.; POWELL, G.L.; RILEY, M.B.; JENKINS, T.C. Microbial biohydrogenation of oleic acid to *trans* isomers in vitro. **The Journal of Lipid Research**, v.43, p.290-296, 2002.
- MOTTRAM, D.S. Flavour formation in meat and meat products: a review. **Food Chemistry**, v.62, n.4, p.415-424, 1998.
- NANTAPO, C.W.T.; MUCHENJE, V.; NKUKWANA, T.T.; HUGO, A.; DESCALZO, A.; GRIGIONI, G.; HOFFMAN, L.C. Socio-economic dynamics and innovative technologies affecting health-related lipid content in diets: Implications on global food and nutrition security. **Food Research International**, v.76, n.4, p.896-905, 2015.
- NRC - National Research Council. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. (1th ed.) Washington, D.C.: National Academy Press, 2007, 384p.
- OLIVEIRA, A.S.; CARVALHO, M.L.M.; BÁRBARA, C.N.V.; GUIMARÃES, R.M.; OLIVEIRA, J.A.; PEREIRA, D.S. Biochemical changes in fiber naturally colored cottonseeds during storage. **Journal of Seed Science**, v.38, n.2, p.101-109, 2016.
- PAGE, A.M.; STURDIVANT, C.A.; LUNT, D.K.; SMITH, S.B. Dietary whole cottonseed depresses lipogenesis but has no effect on stearoyl coenzyme A desaturase activity in bovine

- subcutaneous adipose tissue. *Comparative Biochemistry and Bio Physiology*, v.118, n.1, p.79-84, 1997.
- ROGERS, G.M.; POORE, M.H.; PASCHAL, J.C. Feeding cotton products to cattle. *Veterinary Clinics of North America-Food Animal Practice*, v.18, n.2, p.267-294, 2002.
- SAS Institute. Statistical Analysis System: user guide. Version 9. Cary (NC): SAS Institute Inc., 2002.
- SMITH, S.B.; LUNT, D.K.; CHUNG, K.Y.; CHOI, C.B.; TUME, R.K.; ZEMBAYASHI, M. Adiposity, fatty acid composition, and delta-9 desaturase activity during growth in beef cattle. *Animal Science Journal*, v.77, p.478-486, 2006.
- TILYABAEV, K.Z.; KAMAEV, F.G.; VYPOVA, N.L.; YULDASHEV, A.M.; IBRAGIMOV, B.T.; TALIPOV, S.A. Synthesis, structures, and acute toxicity of gossypol nonsymmetrical aldehyde derivatives. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, v.36, n.3, p.390-395, 2010.
- ULBRICHT, T.L.V.; SOUTHGATE, D.A.T. Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet*, v.338, n.8773, p.985-992, 1991.
- VAN DEN VELDE, S.; QUIRYNEN, M.; VAN HEE, P.; VAN STEENBERGHE, D. Halitosis associated volatiles in breath of healthy subjects. *Journal of Chromatography B*, v.853, p.54-61, 2007.
- VILLA, D.Y.G.; PICCINELLI, A.L.; RUSSO, L.; LANDI, M.; RASTRELLI, L. Antioxidant Activity of Phenolic Compounds from whole cottonseed by-product. *Pharmacologyonline*, v.1, p.81-86, 2014.
- VISENTAINER, J.V. Analytical aspects of the flame ionization detector response for fatty acid esters in biodiesel and food. *New Chemistry*, v.35, p.274-279, 2012.
- VRANOVÁ, J.; CIESAROVÁ, Z. Furan in Food – a Review. *Czech Journal of Food Sciences*, v.27, p.1-10, 2009.
- WANG, X.; HOWELL, C. P.; CHEN, F.; YIN, J.; JIANG, Y. (2009). Gossypol – a polyphenolic compound from cotton plant. In S. L. Taylor (Ed.), *Advances in Food and Nutrition Research* (pp.215-251), v.58. San Diego: Elsevier Inc.
- WANG, X.; THOMAS, H.B.; JAMES, C.M.; FENG, C.; GANGEMI, J.D. Bioactivities of Gossypol, 6-Methoxygossypol, and 6,6'-Dimethoxygossypol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.56, p.4393-4398, 2008.
- WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R.; FISHER, A.V.; CAMPO, M.M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P.R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, v.66, p.21-32, 2004.

YANG, A.; LARSEN, T. W.; SMITH, S. B.; TUME, R. K. Delta 9 desaturase activity in bovine subcutaneous adipose tissue of different fatty acid composition. *Lipids*, v.34, n.9, p.971-978, 1999.

Tabela 1. Proporção de ingredientes e composição química nas dietas experimentais, expressas em g kg⁻¹, em relação à matéria seca.

	Dietas (Níveis de Carvão de Algodão)				
	0	100	200	300	400
Ingredientes					
Silagem de milho	400	400	400	400	400
Carvão de algodão	0	100	200	300	40,0
Milho triturado	325,4	260,2	195,2	129,2	65,5
Farelo de soja	250	215	180	146	110
Calcário calcítico	19,6	19,2	19,2	19,2	19,5
Mistura mineral ¹	5,0	5,6	5,6	5,6	5,0
Composição					
Matéria seca	626	629	633	637	641
Proteína Bruta	180	180	180	181	181
Cinzas	70	71	71	71	71
- Cálcio	10	10	10	10	10
- Fósforo	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0
Fibra em Detergente Ácido (FDA)	143	171	198	226	253
Fibra em Detergente Neutro (FDN)	286	320	354	388	422
Extrato Etéreo	27,6	45,9	64,2	82,5	101,0
Nutrientes Digestíveis Totais	684	740	741	742	744
Energia Digestível, Mcal kg ⁻¹	3,02	3,26	3,27	3,27	3,28
Energia Metabolizável, Mcal kg ⁻¹	2,47	2,68	2,68	2,68	2,69

¹Composição por kg: 152g of Ca, 85g of P, 135g of Na, 10g of Mg, 18g of S, 80mg of I, 1400mg of Mn, 150mg of Mo, 25mg of Se, 60mg of Co, 4000mg of Zn, 850mg of F.

Tabela 2. Perfil de ácidos graxos e aminoácidos dos ingredientes das dietas experimentais.

Compostos ¹	Ingredientes			
	Farelo de Soja	Milho Triturado	Caroço de Algodão	Silagem de Milho
Ácidos graxos, mg g⁻¹ de lipídio				
4:0	110,06	0,46	55,26	27,86
6:0	2,55	0,27	1,41	0,84
8:0	3,31	0,24	1,78	1,01
10:0	3,27	0,20	1,74	0,97
11:0	4,84	1,33	3,09	2,21
12:0	<i>nd</i> ²	0,32	0,16	0,24
13:0	1,04	0,66	0,85	0,75
14:0	2,65	2,17	2,41	2,29
15:0	<i>nd</i>	0,72	0,36	0,54
15:1 _n 5- _c 10	<i>nd</i>	0,45	0,22	0,33
16:0	177,92	102,33	140,12	121,23
16:1 _n 7- _c 9	<i>nd</i>	1,68	0,84	1,26
17:0	<i>nd</i>	0,75	0,38	0,57
18:0	46,76	28,32	37,54	32,93
18:1 _n 9- _t 9	<i>nd</i>	1,02	0,51	0,76
18:1 _n 7- _t 11	87,20	231,17	159,18	195,18
18:1 _n 9- _c 9	12,81	5,24	9,03	7,14
18:2 _n 6- _t 9, _t 12	<i>nd</i>	0,35	0,17	0,26
18:2 _n 6- _c 9, _c 12	488,32	396,79	442,55	419,67
20:0	<i>nd</i>	4,62	2,31	3,46
20:1 _n 9- _c 11	53,72	8,96	31,34	20,15
22:0	3,43	1,24	2,34	1,79
20:4 _n 6- _c 5, _c 8, _c 11, _c 14	<i>nd</i>	2,35	1,17	1,76
24:0	2,12	1,07	1,60	1,34
24:1 _n 9- _c 15	<i>nd</i>	207,29	103,65	155,47
SFA	357,95	144,71	251,33	198,02
UFA	642,05	855,29	748,67	801,98
- MUFA	153,73	455,81	304,77	380,29
- PUFA	488,32	399,48	443,90	421,69
Aminoácidos, g 16g⁻¹ de N na matéria seca				
Isoleucina	3,38	2,71	2,51	4,66
Leucina	6,99	9,49	5,02	12,4
Lisina	6,27	2,71	4,02	3,11
Metionina	1,21	1,36	1,00	1,55
Fenilalanina	5,55	4,07	5,52	4,66
Treonina	3,86	4,07	3,01	6,21
Triptofano	1,35	1,08	7,63	5,28
Valina	4,82	5,42	4,52	6,21
Alanina	4,82	8,13	4,52	10,9
Ácido Aspártico	7,48	5,42	6,02	6,21
Arginina	8,44	5,42	12,5	1,55

Tabela 2. Continuação.

Compostos ¹	Ingredientes			
	Farelo de Soja	Milho Triturado	Farelo de Soja	Silagem de Milho
Cistina	1,21	1,36	1,00	1,55
Glicina	5,31	4,07	5,02	4,66
Ácido Glutâmico	19,3	20,3	21,1	14,0
Histidina	1,69	1,36	2,51	3,11
Serina	5,55	5,42	4,52	1,55
Prolina	6,27	12,2	4,52	9,32
Tirosina	6,51	5,42	5,02	3,11

¹4:0= butanoico; 6:0= hexanoico; 8:0= octanoico; 10:0= decanoico; 11:0= undecanoico; 12:0= dodecanoico; 13:0= tridecanoico; 14:0= tetradecanoico; 15:0= pentadecanoico; 15:1ⁿ 5-*c* 10= *cis* -10 pentadecenoico; 16:0= hexadecanoico; 16:1ⁿ 7-*c* 9= *cis* -9 hexadecenoico; 17:0= heptadecanoico; 18:0= octadecanoico; 18:1ⁿ 9-*t* 9= *trans* -9 octadecenoico; 18:1ⁿ 7-*t* 11= *trans* -11 octadecenoico; 18:1ⁿ 9-*c* 9= *cis* -9 octadecenoico; 18:2ⁿ 6-*t* 9, *t* 12= *trans* -9, *trans* -12 octadecadienoico; 18:2ⁿ 6-*c* 9, *c* 12= *cis* -9, *cis* -12 octadecadienoico; 20:0= eicosanoico; 20:1ⁿ 9-*c* 11= *cis* -11 eicosenoico; 22:0= docosanoico; 20:4ⁿ 6-*c* 5, *c* 8, *c* 11, *c* 14= all *cis* -5, 8, 11, 14 eicosatetraenoico; 24:0= tetracosanoico; 24:1ⁿ 9-*c* 15= *cis* -15 tetracosenoico; SFA= ácidos graxos saturados; UFA= ácidos graxos insaturados; MUFA= ácidos graxos monoinsaturados; PUFA= ácidos graxos poliinsaturados.

²*nd*= não detectado.

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos e aminoácidos das dietas experimentais.

Compostos	Caroço de Algodão, g kg ⁻¹				
	0	100	200	300	400
Ácidos graxos, mg g⁻¹ de lipídio					
C4	38,81	40,45	42,10	43,85	45,39
C6	1,06	1,09	1,13	1,16	1,20
C8	1,31	1,36	1,40	1,45	1,49
C10	1,27	1,32	1,36	1,41	1,45
C11	2,53	2,58	2,63	2,69	2,74
C12	0,20	0,19	0,19	0,18	0,18
C13	0,78	0,78	0,79	0,79	0,80
C14	2,29	2,29	2,30	2,31	2,32
C15	0,45	0,44	0,43	0,42	0,41
C15/1n5c	0,28	0,27	0,27	0,26	0,25
C16	126,23	127,36	128,49	129,60	130,86
C16/1n7	1,05	1,02	1,00	0,97	0,95
C17	0,47	0,46	0,45	0,44	0,43
C18	34,07	34,34	34,62	34,89	35,20
C18/1n9t	0,64	0,62	0,61	0,59	0,58
C18/1n7t11	175,00	172,84	170,68	168,15	166,59
C18/1n9c	7,76	7,88	7,99	8,11	8,22
C18/2n6t9t12	0,22	0,21	0,21	0,20	0,20
C18/2n6c9c12	418,90	420,27	421,65	422,72	424,79
C20	2,89	2,82	2,75	2,67	2,61
C20/1n9c	24,40	25,07	25,74	26,45	27,09
C22	1,98	2,01	2,04	2,08	2,11
C20/4n6	1,47	1,43	1,40	1,36	1,33
C24	1,41	1,43	1,44	1,46	1,48
C24/1n9	129,56	126,45	123,34	119,81	117,33
SFA	215,73	218,93	222,13	225,39	228,67
UFA	759,27	756,07	752,87	748,61	747,33
- MUFA	338,69	334,15	329,62	324,33	321,02
- PUFA	420,59	421,92	423,25	424,27	426,32
Aminoácidos, g 16g⁻¹ de N na matéria seca					
Isoleucina	3,59	3,54	3,50	3,46	3,42
Leucina	9,80	9,44	9,08	8,71	8,37
Lisina	3,69	3,70	3,70	3,71	3,72
Metionina	1,36	1,33	1,30	1,27	1,24
Fenilalanina	4,57	4,67	4,76	4,85	4,95
Treonina	4,77	4,67	4,57	4,47	4,38
Triptofano	2,80	3,45	4,09	4,74	5,38
Valina	5,45	5,38	5,31	5,24	5,18
Alanina	8,20	7,95	7,71	7,45	7,22
Ácido Aspartico	6,12	6,10	6,09	6,08	6,07
Arginina	4,49	5,10	5,71	6,31	6,93
Cistina	1,36	1,33	1,30	1,27	1,24
Glicina	4,51	4,56	4,62	4,66	4,72
Ácido Glutâmico	17,02	17,13	17,24	17,33	17,49
Histidina	2,10	2,21	2,31	2,42	2,52
Serina	3,77	3,67	3,58	3,48	3,40

Tabela 3. Continuação

Compostos	Caroço de Algodão, g kg ⁻¹				
	0	100	200	300	400
Aminoácidos, g 16g⁻¹ de N na matéria seca					
Prolina	9,26	8,70	8,14	7,56	7,03
Tirosina	4,63	4,55	4,48	4,39	4,32

¹4:0= butanoico; 6:0= hexanoico; 8:0= octanoico; 10:0= decanoico; 11:0= undecanoico; 12:0= dodecanoico; 13:0= tridecanoico; 14:0= tetradecanoico; 15:0= pentadecanoico; 15:1ⁿ 5-^c 10= *cis* -10 pentadecenoico; 16:0= hexadecanoico; 16:1ⁿ 7-^c 9= *cis* -9 hexadecenoico; 17:0= heptadecanoico; 18:0= octadecanoico; 18:1ⁿ 9-^t 9= *trans* -9 octadecenoico; 18:1ⁿ 7-^t 11= *trans* -11 octadecenoico; 18:1ⁿ 9-^c 9= *cis* -9 octadecenoico; 18:2ⁿ 6-^t 9, ^t 12= *trans* -9, *trans* -12 octadecadienoico; 18:2ⁿ 6-^c 9, ^c 12= *cis* -9, *cis* -12 octadecadienoico; 20:0= eicosanoico; 20:1ⁿ 9-^c 11= *cis* -11 eicosenoico; 22:0= docosanoico; 20:4ⁿ 6-^c 5, ^c 8, ^c 11, ^c 14= all *cis* -5, 8, 11, 14 eicosatetraenoico; 24:0= tetracosanoico; 24:1ⁿ 9-^c 15= *cis* -15 tetracosenoico; SFA= ácidos graxos saturados; UFA= ácidos graxos insaturados; MUFA= ácidos graxos monoinsaturados; PUFA= ácidos graxos poliinsaturados.

Tabela 4. Avaliação sensorial do sabor do *Longissimus lumorum* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta.

Teste ¹	Caroço de Algodão, g kg ⁻¹					Média ou Equação	Valor Probabilístico ²			CV ³
	0	100	200	300	400		WCS	L	Q	
MCT	0,49	0,36	1,17	0,40	1,51	0,78	0,5633	0,2660	0,6766	14,0
AT	6,24	4,85	3,92	3,15	3,26	(1)	0,0007	0,0001	0,1196	17,4

Escala Hedônica: Teste de Comparação Múltipla ((-3 = muito mais fraco que o padrão; -2 = Moderadamente mais fraco que o padrão ; -1 = Ligeiramente mais fraco que o padrão; 0 = Igual ao padrão ; +1 = Ligeiramente mais forte que o padrão ; +2 = Moderadamente mais forte que o padrão; +3 = muito mais forte que o padrão); Teste de Aceitação (1- Desgostei muito, 2- Desgostei, 3- Desgostei pouco, 4- Indiferente, 5- Gostei pouco, 6- Gostei, 7- Gostei muito)

¹ MCT= teste de comparação múltipla; AT= teste de aceitação.

² WCS= níveis de caroço de algodão; L= tendência linear; Q= tendência quadrática.

³ CV (%)= coeficiente de variação.

(1) $\hat{y}_{AT} = 5.81 - 0.0077x$ ($r^2 = 0.91$).

Tabela 5. Ácidos graxos saturados no *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta, expressos em mg g⁻¹ de lipídios.

Ácidos graxos ¹	Caroço de Algodão, g kg ⁻¹					Média ou Equação	Valor Probabilístico ²			CV ³
	0	100	200	300	400		WCS	L	Q	
4:0	0,31	0,25	0,28	0,29	0,22	$\bar{y} = 0,27$	0,4939	0,2527	0,7137	44,9
6:0	0,18	0,37	0,20	0,34	0,17	$\bar{y} = 0,25$	0,1679	0,8383	0,1372	84,0
8:0	0,16	0,16	0,20	0,21	0,21	$\bar{y} = 0,19$	0,2841	0,0440	0,7195	34,7
10:0	1,14	1,24	1,42	1,34	1,32	$\bar{y} = 1,29$	0,3248	0,1427	0,1658	21,9
12:0	1,36	1,52	2,05	1,40	1,37	$\bar{y} = 1,54$	0,7036	0,9440	0,3013	77,6
14:0	21,4	23,8	27,4	25,8	22,0	$\bar{y} = 24,1$	0,5284	0,7187	0,1027	35,3
15:0	2,85	3,03	3,45	3,31	3,06	$\bar{y} = 3,14$	0,6486	0,4620	0,2195	28,7
16:0	224,1	236,3	243,7	236,3	235,0	(1)	0,0130	0,0689	0,0043	4,71
17:0	10,5	10,7	9,86	10,8	9,61	$\bar{y} = 10,3$	0,3847	0,3282	0,5764	14,9
18:0	204,7	225,9	252,6	257,6	290,8	(2)	0,0001	0,0001	0,9568	13,4
20:0	1,21	1,18	1,27	1,23	1,41	$\bar{y} = 1,26$	0,0819	0,0252	0,1960	14,1
22:0	1,01	1,08	0,56	0,40	0,35	$\bar{y} = 0,68$	0,1475	0,0177	0,9048	112,4
24:0	0,66	0,31	0,42	0,89	1,13	(3)	0,0141	0,0099	0,0270	77,6

¹ 4:0= butanoico; 6:0= hexanoico; 8:0= octanoico; 10:0= decanoico; 12:0= dodecanoico; 14:0= tetradecanoico; 16:0= hexadecanoico; 17:0= heptadecanoico; 18:0= octadecanoico; 20:0= eicosanoico; 22:0= docosanoico; 24:0= tetracosanoico,

² WCS= níveis de caroço de algodão; L= tendência linear; Q=tendência quadrática.

³ CV (%)= coeficiente de variação.

(1) $\hat{y}_{16:0} = 224.71 + 0.1412x - 0.0003x^2$ ($r^2 = 0.87$).

(2) $\hat{y}_{18:0} = 205.49 + 0.2041x$ ($r^2 = 0.97$).

(3) $\hat{y}_{24:0} = 0.5976 - 0.0028x + 0.00001x^2$ ($r^2 = 0.88$).

Tabela 6. Ácidos graxos insaturados no *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta, expressos em mg g⁻¹ de lipídios.

Ácidos graxos ¹	Caroço de Algodão, g kg ⁻¹					Média ou Equação	Valor Probabilístico ²			CV ³
	0	100	200	300	400		WCS	L	O	
14:1n 5-c 9	0,43	0,44	0,56	0,84	0,31	$\bar{y} = 0,52$	0,3241	0,7921	0,1942	106,6
15:1n 5-c 10	0,33	0,48	0,51	0,40	0,42	$\bar{y} = 0,43$	0,8283	0,8140	0,3617	84,0
16:1n 7-c 9	10,9	9,01	7,11	5,95	4,14	(1)	0,0001	0,0001	0,6165	20,6
17:1n 7-c 10	5,69	4,15	2,86	2,70	1,67	(2)	0,0001	0,0001	0,1214	31,8
18:1n 9-c 9	393,5	343,2	283,7	246,8	197,7	(3)	0,0001	0,0001	0,4559	9,11
18:1n 9-t 9	6,72	2,70	5,76	40,0	50,1	(4)	0,0001	0,0001	0,0001	50,4
18:1n 7-t 11	18,8	32,4	33,9	15,4	3,14	(5)	0,0001	0,0005	0,0001	58,0
18:2n 6-c 9,c 12	50,3	63,0	83,2	104,5	130,6	(6)	0,0001	0,0001	0,1353	17,1
18:2n 6-t 9,t 12	1,73	1,67	1,58	1,45	1,04	(7)	0,0039	0,0003	0,1404	25,8
18:2n 7-c 9,t 11	5,24	4,35	3,62	6,15	5,29	$\bar{y} = 4,93$	0,2074	0,4430	0,2638	47,4
18:3n 3-t 9,t 12,c 15	3,61	3,51	3,53	3,08	2,33	$\bar{y} = 3,21$	0,4835	0,1044	0,4104	53,0
18:3n 6-c 6,c 9,c 12	0,64	0,59	0,65	0,58	0,55	$\bar{y} = 0,60$	0,5738	0,2353	0,5746	24,2
20:2n 6-c 11,c 14	0,47	0,45	0,59	0,84	1,05	(8)	0,0001	0,0001	0,0160	27,2
20:3n 3-c 11,c 14,c 17	0,62	0,79	0,57	0,19	0,41	$\bar{y} = 0,52$	0,0648	0,0343	0,9052	85,0
20:3n 6-c 8,c 11,c 14	1,81	1,65	1,90	1,90	2,07	$\bar{y} = 1,87$	0,5362	0,1593	0,5474	27,2
20:4n 6-c 5,c 8,c 11,c 14	20,1	17,0	18,0	21,0	24,2	$\bar{y} = 20,1$	0,0822	0,0479	0,0425	28,0
20:5n 3-c 5,c 8,c 11,c 14,c 17	2,23	2,23	1,55	1,40	1,02	$\bar{y} = 1,69$	0,1259	0,0109	0,8785	68,3
22:1n 9-c 13	0,44	0,44	1,03	0,68	0,62	$\bar{y} = 0,64$	0,0566	0,2211	0,0739	71,1
22:2n 6-c 13,c 16	0,62	0,40	0,76	0,53	0,93	$\bar{y} = 0,65$	0,6013	0,3508	0,4807	113,7
22:5n 3-	4,33	3,77	3,45	3,53	3,43	$\bar{y} = 3,70$	0,6306	0,1753	0,4532	37,5
22:6n 3-	1,13	1,12	0,91	0,87	0,60	$\bar{y} = 0,93$	0,1264	0,0117	0,5595	51,1
24:1n 9-c 15	0,82	0,81	0,80	1,50	1,65	(9)	0,0207	0,0029	0,2410	62,8

¹ 14:1n 5-c 9= *cis* -9 tetradecenoico; 15:1n 5-c 10= *cis* -10 pentadecenoico; 16:1n 7-c 9= *cis* -9 hexadecenoico; 17:1n 7-c 10 = *cis* -10 heptadecenoico; 18:1n 9-c 9= *cis* -9 octadecenoico; 18:1n 9-t 9= *trans* -9 octadecenoico; 18:1n 7-t 11= *trans* -11 octadecenoico; 18:2n 6-c 9,c 12= *cis* -9, *cis* -12 octadecadienoico; 18:2n 6-t 9,t 12= *trans* -9, *trans* -12 octadecadienoico; 18:2n 7-c 9,t 11= *cis* -9, *trans* -11 octadecadienoico (CLA); 18:3n 3-t 9,t 12,c 15= *trans* -9, *trans* -12, *cis* -15 octadecatrienoico; 18:3n 6-c 6,c 9,c 12= *cis* -6, *cis* -9, *cis* -12 octadecatrienoico; 20:2n 6-c 11,c 14= *cis* -11, *cis* -14 eicosadienoico; 20:3n 3-c 11,c 14,c 17= *cis* -11, *cis* -14, *cis* -17 eicosatrienoico; 20:3n 6-c 8,c 11,c 14= *cis* -8, *cis* -11, *cis* -14 eicosatrienoico; 20:4n 6-c 5,c 8,c 11,c 14= all *cis* -5, 8, 11, 14 eicosatetraenoico; 20:5n 3-c 5,c 8,c 11,c 14,c 17= all *cis* -5, 8, 11, 14, 17 eicosapentaenoico (EPA); 22:1n 9-c 13= *cis* -13 docosenoico; 22:2n 6-c 13,c 16= *cis* -13, *cis* -16 docosadienoico; 22:5n 3-c 7,c 10,c 13,c 16,c 19= all *cis* -7, 10, 13, 16, 19 docosapentaenoico (DPA); 22:6n 3-c 4,c 7,c 10,c 13,c 16,c 19= all *cis* -4, 7, 10, 13, 16, 19 docosahexaenoico (DHA); 24:1n 9-c 15= *cis* -15 tetracosenoico.

Tabela 6. Continuação.

² WCS= níveis de caroço de algodão; L= tendência linear; Q= tendência quadrática.

³ CV (%)= coeficiente de variação.

(1) $\hat{Y}_{16:1N7-c9} = 10.76 - 0.0167x$ ($r^2 = 0.99$); (2) $\hat{Y}_{17:1N7-c10} = 5.31 - 0.0095x$ ($r^2 = 0.94$); (3) $\hat{Y}_{19:1N9-c9} = 390.64 - 0.4884x$ ($r^2 = 0.99$); (4) $\hat{Y}_{19:1N9-c9} = 4.73 - 0.0461x + 0.0004x^2$ ($r^2 = 0.97$); (5) $\hat{Y}_{19:1N7-c11} = 20.12 + 0.1566x - 0.0005x^2$ ($r^2 = 0.92$); (6) $\hat{Y}_{19:2N6-c9,c12} = 45.92 + 0.2020x$ ($r^2 = 0.99$); (7) $\hat{Y}_{19:2N6-c9,c12} = 1.81 - 0.0016x$ ($r^2 = 0.86$); (8) $\hat{Y}_{20:2N6-c11,c14} = 0.36 + 0.0016x$ ($r^2 = 0.90$); (9) $\hat{Y}_{24:1N9-c15} = 0.65 + 0.0023x$ ($r^2 = 0.77$).

Tabela 7. Soma, razão e índices de ácidos graxos no *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta.

Variáveis ¹	Caroço de Algodão, g kg ⁻¹					Média ou Equação	Valor Probabilístico ²			CV ³
	0	100	200	300	400		WCS	L	Q	
Ácidos Graxos de Cadeia Curta (SCFA), mg g ⁻¹ lipídio	1,80	2,03	2,10	2,18	1,91	$\bar{y} = 2,00$	0,3673	0,3959	0,0765	21,7
Ácidos Graxos de Cadeia Média (MCFA), mg g ⁻¹ lipídio	277,5	289,4	297,5	287,5	277,6	$\bar{y} = 285,9$	0,0627	0,9190	0,0043	5,71
Ácidos Graxos de Cadeia Longa (LCFA), mg g ⁻¹ lipídio	712,7	701,7	693,0	702,3	712,2	$\bar{y} = 704,4$	0,1055	0,9789	0,0083	2,44
Ácidos Graxos de Cadeia Muito Longa, mg g ⁻¹ lipídio	8,01	6,84	7,38	8,00	8,35	$\bar{y} = 7,71$	0,6978	0,4745	0,3088	31,5
Odd-chain fatty acids (OCFA), mg g ⁻¹ lipídio	19,3	18,4	16,7	17,2	14,8	(1)	0,0313	0,0026	0,8435	17,5
Ácidos Graxos Saturados (SFA), mg g ⁻¹ lipídio	469,5	505,8	543,5	539,9	566,6	(2)	0,0001	0,0001	0,1140	6,00
Ácidos Graxos Insaturados (UFA), mg g ⁻¹ lipídio	530,5	494,2	456,5	460,1	433,3	(3)	0,0001	0,0001	0,1140	6,31
- Ácidos Graxos Monoinsaturados (MUFA), mg g ⁻¹	437,6	393,6	336,2	314,2	259,8	(4)	0,0001	0,0001	0,6930	8,48
- Ácidos Graxos Poliinsaturados (PUFA), mg g ⁻¹ lipídio	92,9	100,6	120,3	145,9	173,6	(5)	0,0001	0,0001	0,0903	16,7
MS, adimensional	0,94	0,78	0,62	0,59	0,46	(6)	0,0001	0,0001	0,1353	14,2
PS, adimensional	0,20	0,20	0,22	0,27	0,31	(7)	0,0001	0,0001	0,1095	19,8
n3 , mg g ⁻¹ lipídio	11,9	11,4	10,0	9,06	7,80	$\bar{y} = 10,0$	0,2898	0,0298	0,8455	44,3
n6 , mg g ⁻¹ lipídio	75,7	84,8	106,7	130,7	160,5	(8)	0,0001	0,0001	0,0684	16,7
n6/n3 , adimensional	6,70	8,90	11,8	17,1	22,1	(9)	0,0001	0,0001	0,1708	34,9
Δ⁹ desaturase (16) , adimensional	4,68	3,68	2,83	2,47	1,73	(10)	0,0001	0,0001	0,2188	21,1
Δ⁹ desaturase (18) , adimensional	65,7	60,3	52,9	49,2	40,6	(11)	0,0001	0,0001	0,6637	9,27
Elongase (Elo), adimensional	71,8	69,9	68,1	67,5	67,1	(12)	0,0001	0,0001	0,0330	2,17
Tioesterase (Tio), adimensional	11,5	10,4	10,7	10,0	10,9	$\bar{y} = 10,7$	0,8964	0,6283	0,4787	30,1
Índice de Aterogenicidade (IA), adimensional	0,60	0,68	0,78	0,75	0,76	(13)	0,0001	0,0001	0,0036	10,6
Índice de trombogenicidade (IT), adimensional	1,55	1,80	2,09	2,13	2,36	(14)	0,0001	0,0001	0,4137	14,5
Valor Nutricional (NR), adimensional	0,56	0,65	0,75	0,75	0,79	(15)	0,0001	0,0001	0,0095	7,98
Índice de Funcionalidade (FI), adimensional	2,12	1,67	1,34	2,33	2,06	$\bar{y} = 1,91$	0,1524	0,5749	0,1406	46,7

¹ MS= MUFA/SFA; PS= PUFA/SFA.

² WCS= níveis de caroço de algodão; L= tendência linear; Q= tendência quadrática.

³ CV (%)= coeficiente de variação.

(1) $\hat{y}_{OCFA} = 19.32 - 0.0103x$ ($r^2 = 0.88$); (2) $\hat{y}_{SFA} = 479.29 + 0.2289x$ ($r^2 = 0.91$); (3) $\hat{y}_{UFA} = 520.70 - 0.2289x$ ($r^2 = 0.91$); (4) $\hat{y}_{MUFA} = 435.37 - 0.4355x$ ($r^2 = 0.99$); (5) $\hat{y}_{PUFA} = 85.33 + 0.2066x$ ($r^2 = 0.96$); (6) $\hat{y}_{MS} = 0.91 - 0.0011x$ ($r^2 = 0.96$); (7) $\hat{y}_{PS} = 0.18 + 0.0003x$ ($r^2 = 0.91$); (8) $\hat{y}_{n6} = 68.62 + 0.2153x$ ($r^2 = 0.97$); (9) $\hat{y}_{n6/n3} = 5.51 + 0.0389x$ ($r^2 = 0.97$); (10) $\hat{y}_{\Delta^9 \text{ desaturase (16)}} = 4.50 - 0.0071x$ ($r^2 = 0.98$); (11) $\hat{y}_{\Delta^9 \text{ desaturase (18)}} = 66.05 - 0.0615x$ ($r^2 = 0.99$); (12) $\hat{y}_{Elo} = 71.20 - 0.0116x$ ($r^2 = 0.92$); (13) $\hat{y}_{IA} = 0.63 + 0.0004x$ ($r^2 = 0.67$); (14) $\hat{y}_{IT} = 1.59 + 0.0020x$ ($r^2 = 0.96$); (15) $\hat{y}_{NR} = 0.58 + 0.0006x$ ($r^2 = 0.91$).

Tabela 8. Perfil de aminoácidos no *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com níveis de caroço de algodão na dieta, expressos em g 16g⁻¹ de N em relação à matéria seca.

Aminoácidos	Caroço de Algodão, g kg ⁻¹					Média ou Equação	Valor Probabilístico ¹			CV ²
	0	100	200	300	400		WCS	L	Q	
Isoleucina	3,80	3,93	4,03	4,55	3,90	$\bar{y} = 4,04$	0,8042	0,5903	0,5331	17,7
Leucina	8,09	8,38	8,28	8,24	8,03	$\bar{y} = 8,20$	0,6428	0,6435	0,1892	3,41
Lisina	7,80	7,94	8,15	8,01	8,21	$\bar{y} = 8,02$	0,2733	0,0640	0,6434	3,24
Metionina	2,53	2,60	2,65	2,52	3,09	$\bar{y} = 2,68$	0,2787	0,1216	0,2871	13,0
Fenilalanina	3,98	3,96	3,90	4,23	3,94	$\bar{y} = 4,00$	0,2427	0,5864	0,6776	4,60
Treonina	4,43	4,42	4,38	4,38	4,27	$\bar{y} = 4,38$	0,9466	0,4820	0,7771	5,05
Triptofano	10,5	9,96	10,2	10,5	10,7	$\bar{y} = 10,4$	0,9582	0,6619	0,6208	11,0
Valina	4,68	4,55	4,64	5,18	4,76	$\bar{y} = 4,76$	0,8040	0,5344	0,9270	12,4
Alanina	6,21	6,26	6,44	6,12	6,34	$\bar{y} = 6,27$	0,7350	0,8430	0,7988	4,35
Ácido Aspártico	5,04	4,71	4,69	4,86	4,79	$\bar{y} = 4,82$	0,4904	0,4641	0,2227	5,01
Arginina	6,49	6,69	6,56	6,57	6,33	$\bar{y} = 6,53$	0,7539	0,4731	0,3346	4,54
Cistina	1,95	1,68	1,73	1,57	1,73	$\bar{y} = 1,73$	0,8098	0,4493	0,4567	19,1
Glicina	4,11	4,57	4,23	4,08	4,29	$\bar{y} = 4,26$	0,7550	0,8795	0,7753	10,2
Ácido Glutâmico	14,3	14,0	13,8	13,3	13,3	$\bar{y} = 13,8$	0,1280	0,0152	0,6853	4,14
Histidina	4,43	4,45	4,69	4,25	4,79	$\bar{y} = 4,52$	0,1222	0,2652	0,5266	6,64
Serina	3,70	3,66	3,78	3,75	3,76	$\bar{y} = 3,73$	0,9697	0,6333	0,9249	5,42
Prolina	3,98	4,28	4,08	4,08	4,12	$\bar{y} = 4,11$	0,7617	0,8851	0,6057	6,11
Tirosina	3,98	3,96	3,75	3,75	3,58	(1)	0,0396	0,0041	0,7686	5,33

¹ WCS= níveis de caroço de algodão; L= tendência linear; Q= tendência quadrática.

² CV (%)= coeficiente de variação.

$$^{(1)} \hat{y}_{Tiro\sin a} = 4,01 - 0,0010x \quad (r^2=0,91)$$

Tabela 9. Compostos voláteis presentes nos extratos aromáticos do *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com níveis de caroço de algodão na dieta, expressos como área média do pico $\times 10^{-5}$ (n=3), utilizando microextração em fase sólida.

Compostos	LRI ¹	I ²	Caroço de Algodão, g kg ⁻¹					Média ou Equação	Valor Probabilístico ³			CV ⁴
			0	100	200	300	400		WCS	L	Q	
ÁCIDOS												
Hexanoic acid	1865	a	6,99	nd ⁵	nd	nd	9,67	$\bar{y} = 7,66$	-	-	-	51,8
Total			6,99				9,67	$\bar{y} = 7,66$	-	-	-	51,8
ALCOOIS												
Ethyl alcohol	949	b	8,36	16,1	9,21	16,8	27,7	$\bar{y} = 16,6$	0,1683	0,0367	0,4098	58,0
10-Undecen-1-ol	1081	b	12,9	5,76	6,16	4,89	7,22	$\bar{y} = 7,39$	0,0677	0,0580	0,0295	52,5
1-Butanol	1151	a	3,02	3,88	3,04	4,88	3,66	$\bar{y} = 3,86$	0,5353	0,3834	0,7007	29,0
1-Penten-3-ol	1157	a	9,50	8,99	4,66	6,63	3,31	(1)	0,0359	0,0064	0,8946	46,9
3-Methyl-1-butanol	1217	b	nd	2,94	1,49	1,69	nd	$\bar{y} = 1,95$	-	-	-	47,7
1-Pentanol	1260	b	147,0	105,1	112,8	65,3	97,0	$\bar{y} = 105,4$	0,1765	0,0619	0,2673	38,0
Cis-2-Penten-1-ol	1324	a	1,34	1,29	nd	nd	nd	$\bar{y} = 1,33$	-	-	-	13,1
1-Hexanol	1360	a	53,9	25,6	28,9	15,8	20,2	(2)	0,0087	0,0021	0,0487	55,6
Ethanol, 2-butoxy	1402	a	87,8	79,1	31,2	36,0	64,3	$\bar{y} = 59,7$	0,7337	0,4440	0,3670	97,9
1-Octen-3-ol	1451	a	339,1	154,3	203,4	94,8	172,7	$\bar{y} = 192,9$	0,0517	0,0295	0,0707	57,2
1-Heptanol	1320	b	56,2	14,2	13,8	6,46	7,86	$\bar{y} = 21,5$	0,0591	0,0497	0,1443	113,2
1-Hexanol, 2-ethyl	1467	a	11,0	21,0	26,4	26,8	21,3	$\bar{y} = 21,3$	0,7378	0,3782	0,3148	65,2
1-Octanol	1557	a	78,4	21,6	20,9	7,47	12,2	$\bar{y} = 30,9$	0,0577	0,0214	0,0945	108,6
2-Octen-1-ol	1614	b	3,26	3,26	3,26	4,00	3,26	$\bar{y} = 9,72$	0,1017	0,0408	0,0946	74,2
2-Octen-1-ol (E)	1607	b	0,87	1,06	1,53	nd	nd	$\bar{y} = 3,49$	-	-	-	72,2
Benzyl alcohol	1904	b	7,53	19,1	9,56	4,95	6,32	(3)	0,0124	0,0485	0,1055	64,7
1-Dodecanol	1973	a	nd	nd	2,10	nd	4,11	$\bar{y} = 2,77$	-	-	-	52,8
Total			838,9	483,8	473,5	291,0	445,3	$\bar{y} = 506,5$	0,0735	0,0241	0,0796	50,1
ORGANOCOLORADOS												
Benzene, 1,2-dichloro	1452	a	6,67	7,13	2,93	14,3	4,12	$\bar{y} = 7,71$	0,0877	0,7728	0,6311	65,1
Total			6,67	7,13	2,93	14,3	4,12	$\bar{y} = 7,71$	0,0877	0,7728	0,6311	65,1

Tabela 9. Continuação.

Compostos	LRI ¹	I ²	Caroço de Algodão, g kg ⁻¹					Média ou Equação	Valor Probabilístico ³			CV ⁴
			0	100	200	300	400		WCS	L	Q	
ORGANOSULFURADO												
Carbon disulfide	738	b	46,2	47,9	<i>nd</i>	46,0	50,6	$\bar{y} = 47,7$	-	-	-	9,58
Dimethyl sulfide	753	a	54,5	60,9	57,4	78,6	60,7	$\bar{y} = 62,4$	0,3131	0,2633	0,4468	25,1
Disulfide, dimethyl	1077	b	12,1	13,1	15,9	29,2	15,5	$\bar{y} = 17,2$	0,5050	0,3486	0,5086	73,5
Trisulfide, dimethyl	1371	b	15,8	15,1	20,1	20,8	18,5	$\bar{y} = 18,1$	0,4001	0,1771	0,4273	25,2
Methanethiol	686	b	116,5	135,9	111,9	158,5	158,5	$\bar{y} = 136,3$	0,0516	0,0183	0,4875	24,2
Total			245,2	272,9	205,3	333,2	303,9	(4)	0,0001	0,0006	0,0752	21,8
ALDEIDOS												
Acetaldehyde	715	a	106,2	130,0	111,5	131,6	134,4	$\bar{y} = 122,7$	0,5326	0,2248	0,9472	21,3
Propanal	808	b	64,2	48,6	40,1	32,1	25,2	(5)	0,0048	0,0008	0,2663	29,7
Propanal, 2-methyl	819	a	21,1	41,2	37,0	54,6	50,9	$\bar{y} = 41,0$	0,3589	0,0827	0,5743	51,7
Butanal	882	a	25,9	17,9	22,1	12,9	26,4	(6)	0,0237	0,6444	0,0139	30,6
Butanal, 3-methyl	925	a	14,0	30,6	35,3	50,4	45,4	$\bar{y} = 36,6$	0,5461	0,1273	0,5731	65,6
Pentanal	986	a	601,8	420,0	486,1	282,9	507,2	$\bar{y} = 459,6$	0,4248	0,3901	0,2360	42,2
Hexanal	1090	b	7422,2	4559,1	5601,4	3110,1	4947,6	$\bar{y} = 5128,1$	0,2383	0,1304	0,2293	43,8
Heptanal	1197	a	838,4	436,9	381,5	160,2	217,1	$\bar{y} = 406,8$	0,4009	0,0877	0,4444	106,4
2-Hexenal	1230	a	3,93	4,08	4,64	8,43	<i>nd</i>	$\bar{y} = 4,82$	-	-	-	43,4
Octanal	1290	b	975,4	229,1	169,9	40,4	87,1	(7)	0,0079	0,0021	0,0216	137,0
Nonanal	1392	b	1612,3	371,7	329,4	115,4	112,4	(8)	0,0066	0,0017	0,0266	131,7
2-Octenal	1433	a	32,3	11,3	16,2	3,56	4,72	$\bar{y} = 16,5$	0,3360	0,1128	0,5087	91,8
N-Decanal	1496	a	31,6	13,4	15,8	5,56	<i>nd</i>	$\bar{y} = 17,1$	-	-	-	76,9
Benzaldehyde	1540	b	229,6	246,1	248,8	211,0	234,9	$\bar{y} = 234,0$	0,6414	0,7181	0,7430	12,5
Tetradecanal	1940	a	5,33	2,74	4,75	2,82	3,66	$\bar{y} = 3,99$	0,1533	0,2271	0,3508	34,5
Pentadecanal	2050	b	5,23	3,42	5,47	3,60	6,58	$\bar{y} = 4,86$	0,4009	0,4855	0,2597	44,0
Hexadecanal	2156	b	23,4	40,4	57,9	66,5	57,9	$\bar{y} = 49,2$	0,2605	0,0564	0,2721	51,1
Octadecanal	1833	b	0,65	6,99	23,6	32,2	47,0	$\bar{y} = 29,3$	0,8416	0,3758	0,9480	98,8
Total			11986,	6596,1	7561,8	4305,5	6412,3	$\bar{y} = 7372,5$	0,0743	0,0275	0,1089	47,3

Tabela 9. Continuação.

Compostos	LRI ¹	I ²	Caroço de Algodão, g kg ⁻¹					Média ou Equação	Valor Probabilístico ³			CV ⁴
			0	100	200	300	400		WCS	L	Q	
AROMÁTICOS												
Toluene	1048	b	45,5	70,7	58,1	74,8	69,8	$\bar{y} = 63,8$	0,0922	0,0449	0,2758	23,4
Ethylbenzene	1132	a	17,9	17,3	22,5	13,3	35,1	$\bar{y} = 21,2$	0,1656	0,1334	0,1969	53,0
P-Xylene	1141	b	<i>nd</i>	7,88	2,72	7,20	3,46	$\bar{y} = 5,59$	-	-	-	54,3
Pyrrrole	1519	b	1,71	1,55	2,19	2,27	83,6	$\bar{y} = 18,3$	0,4657	0,1926	0,2700	344,9
Total			65,2	91,8	84,0	97,7	190,9	$\bar{y} = 105,9$	0,2853	0,0740	0,3316	69,1
TERPENOS												
Limonene (R)	1179	b	21,4	29,5	6,79	23,1	<i>nd</i>	$\bar{y} = 20,4$	-	-	-	42,5
Limonene (S)	1179	b	13,6	28,4	13,2	28,6	<i>nd</i>	$\bar{y} = 21,0$	-	-	-	41,7
Total			18,9	29,0	9,79	25,8		$\bar{y} = 20,7$	-	-	-	39,4
CETONAS												
2-Propanone	824	b	103,9	148,5	223,0	324,4	116,8	(9)	0,0001	0,0112	0,0001	49,0
2-Butanone	912	a	141,3	252,9	257,0	294,5	257,2	$\bar{y} = 240,6$	0,2539	0,0914	0,1568	35,5
2,3-Butanedione	998	a	<i>nd</i>	<i>nd</i>	<i>nd</i>	45,2	55,3	$\bar{y} = 50,2$	-	-	-	14,2
2,3-Pentanedione	1074	b	14,2	12,4	9,48	11,1	11,5	$\bar{y} = 11,7$	0,3475	0,1997	0,1517	24,3
2-Heptanone	1288	b	879,9	<i>nd</i>	<i>nd</i>	<i>nd</i>	<i>nd</i>	$\bar{y} = 879,9$	-	-	-	48,9
Octan-2-one	1244	a	9,11	3,15	4,23	2,43	5,65	(10)	0,0068	0,0361	0,0023	57,8
Octan-3-one	1253	b	5,68	2,32	3,85	1,43	<i>nd</i>	$\bar{y} = 3,58$	-	-	-	52,0
3-Hydroxy 2-butanone	1298	b	86,4	61,6	58,9	81,2	116,8	$\bar{y} = 78,5$	0,7745	0,5815	0,3685	54,2
1-Octen-3-one	1303	b	8,03	12,0	12,8	1,19	10,6	$\bar{y} = 9,10$	0,2983	0,6328	0,9230	63,2
2-Propanone, 1-hydroxy	1322	b	<i>nd</i>	13,5	75,4	16,5	29,7	$\bar{y} = 34,4$	-	-	-	127,9
Oxirane, pentyl	1143	b	14,8	20,6	21,6	4,21	5,12	$\bar{y} = 13,3$	0,7343	0,3795	0,5391	123,8
2,3-Octanedione	1340	b	<i>nd</i>	<i>nd</i>	9,92	<i>nd</i>	32,1	$\bar{y} = 18,8$	-	-	-	72,3
5-Hepten-2-one-6-	1365	a	9,91	7,08	14,0	5,12	9,20	$\bar{y} = 9,07$	0,4998	0,7673	0,8829	64,7
2-Nonanone	1389	a	1,27	0,79	0,51	1,63	0,86	$\bar{y} = 0,95$	0,1559	0,9824	0,4717	49,7
Butyrolactone	1662	b	9,45	11,9	8,52	9,31	11,7	$\bar{y} = 10,2$	-	-	-	37,9
Total			932,4	515,7	667,3	761,3	550,2	$\bar{y} = 685,4$	0,5442	0,4023	0,6248	45,1

Tabela 9. Continuação.

Compostos	LRI ¹	I ²	Caroço de Algodão, g kg ⁻¹					Média ou Equação	Valor Probabilístico ³			CV ⁴
			0	100	200	300	400		WCS	L	Q	
ESTERES												
Acetic acid, ethyl ester	900	a	nd	nd	nd	15,6	35,0	$\bar{y} = 20,5$	-	-	-	40,7
3-Methyl-2-butanone	927	a	42,0	75,4	89,6	69,8	92,4	$\bar{y} = 73,8$	0,5440	0,2090	0,5216	55,5
Ethylbutanoate	1043	a	nd	nd	nd	nd	1,35	$\bar{y} = 1,35$	-	-	-	-
Total			42,0	75,4	89,6	88,9	101,0	$\bar{y} = 79,4$	0,5744	0,1449	0,5709	58,5
ÉTERES												
Ethane, 1,1-oxybis	623	a	10,6	32,1	8,05	56,0	84,2	$\bar{y} = 39,7$	0,1348	0,0451	0,2263	82,4
Total			10,6	32,1	8,05	56,0	84,2	$\bar{y} = 39,7$	0,1348	0,0451	0,2263	82,4
FURANOS												
tetrahydro-2-methyl	878	a	21,2	21,1	26,2	17,8	26,1	$\bar{y} = 22,5$	0,2447	0,4847	0,7690	23,1
Furan, 2-ethyl	959	a	36,2	17,9	25,3	24,6	13,4	$\bar{y} = 24,1$	0,1261	0,0761	0,7729	43,8
2-N-Butyl furan	1127	b	5,46	2,49	4,29	7,99	6,52	$\bar{y} = 5,35$	0,6615	0,3918	0,6356	78,4
Furan, 2-pentyl	1224	a	149,3	62,8	88,6	54,0	69,8	$\bar{y} = 84,9$	0,1143	0,0546	0,1427	58,9
Total			212,3	104,3	144,3	88,0	111,3	(11)	0,0450	0,0234	0,1136	44,6

¹ LRI= índice de retenção linear.

² I= confiabilidade de identificação: 'a' espectro de massa e LRI experimental concordando com os dados da literatura; 'b' tentativamente identificado pela pesquisa avançada do computador contra a biblioteca NIST 02.

³ WCS= níveis de caroço de algodão; L= tendência linear; Q= tendência quadrática.

⁴ CV (%)= coeficiente de variação.

⁵ nd= não detectado.

(¹) $\hat{Y}_{1-Penten-3-ol} = 9.57 - 0.0148x$ ($r^2 = 0.76$); (²) $\hat{Y}_{1-Hexanol} = 44.38 - 0.0775x$ ($r^2 = 0.68$); (³) $\hat{Y}_{Benzyl\ alcohol} = 12.8 - 0.0166x$ ($r^2 = 0.22$); (⁴) $\hat{Y}_{Organosulfurs} = 235.99 + 0.1806x$ ($r^2 = 0.33$); (⁵) $\hat{Y}_{Propanal} = 60.76 - 0.0970x$ ($r^2 = 0.96$); (⁶) $\hat{Y}_{Butanal} = 28.08 - 0.0884x + 0.0002x^2$ ($r^2 = 0.49$); (⁷) $\hat{Y}_{Octanal} = 694.13 - 1.9687x$ ($r^2 = 0.66$); (⁸) $\hat{Y}_{Nonanal} = 1160.6 - 3.2618x$ ($r^2 = 0.67$); (⁹) $\hat{Y}_{2-Propanone} = 74.73 + 1.5642x - 0.0034x^2$ ($r^2 = 0.61$); (¹⁰) $\hat{Y}_{Octan-2-one} = 8.66 - 0.0518x + 0.0001x^2$ ($r^2 = 0.82$); (¹¹) $\hat{Y}_{Furans} = 175.91 - 0.2193x$ ($r^2 = 0.50$);

Tabela 10. Classes químicas dos compostos voláteis presentes nos extractos aromáticos de *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta, expressos em área total relativa (%).

Classes Químicas	Caroço de Algodão, g kg ⁻¹					Média ou Equação	Valor Probabilístico ¹			CV ²
	0	100	200	300	400		WCS	L	Q	
Ácidos	0,05	nd	nd	nd	0,08	$\bar{y} = 0,06$	-	-	-	51,8
Alcoóis	5,71	6,08	5,02	4,88	5,39	$\bar{y} = 5,42$	0,3178	0,1981	0,4672	50,1
Organoclorados	0,05	0,09	0,01	0,24	0,06	$\bar{y} = 0,10$	0,8027	0,1820	0,5837	65,1
Organosulfurados	1,77	3,45	2,57	5,68	4,27	(1)	0,0400	0,0149	0,4647	21,8
Aldeídos	83,1	79,9	80,4	70,4	75,7	$\bar{y} = 77,9$	0,3825	0,1265	0,7179	47,3
Aromáticos	0,47	1,21	1,01	1,69	2,35	$\bar{y} = 1,35$	0,0833	0,0105	0,6599	69,1
Terpenos	0,14	0,37	0,09	0,49	nd	$\bar{y} = 0,26$	-	-	-	39,4
Cetonas	6,86	6,64	8,18	13,2	8,57	$\bar{y} = 8,69$	0,5309	0,3033	0,6322	45,1
Ésteres	0,31	0,85	1,10	1,62	1,68	$\bar{y} = 1,11$	0,4849	0,0914	0,7557	58,5
Éteres	0,09	0,41	0,15	1,12	0,85	$\bar{y} = 0,50$	0,1935	0,0618	0,9610	82,4
Furanos	1,48	1,28	1,57	1,57	1,40	$\bar{y} = 1,46$	0,9357	0,8841	0,8392	44,6

¹ WCS= níveis de caroço de algodão; L= tendência linear; Q= tendência quadrática.

² CV (%)= coeficiente de variação.

³ nd= não detectado.

(1) $\hat{y}_{\text{Organosulfurados}} = 2,09 + 0,0073x$ ($r^2 = 0,57$).

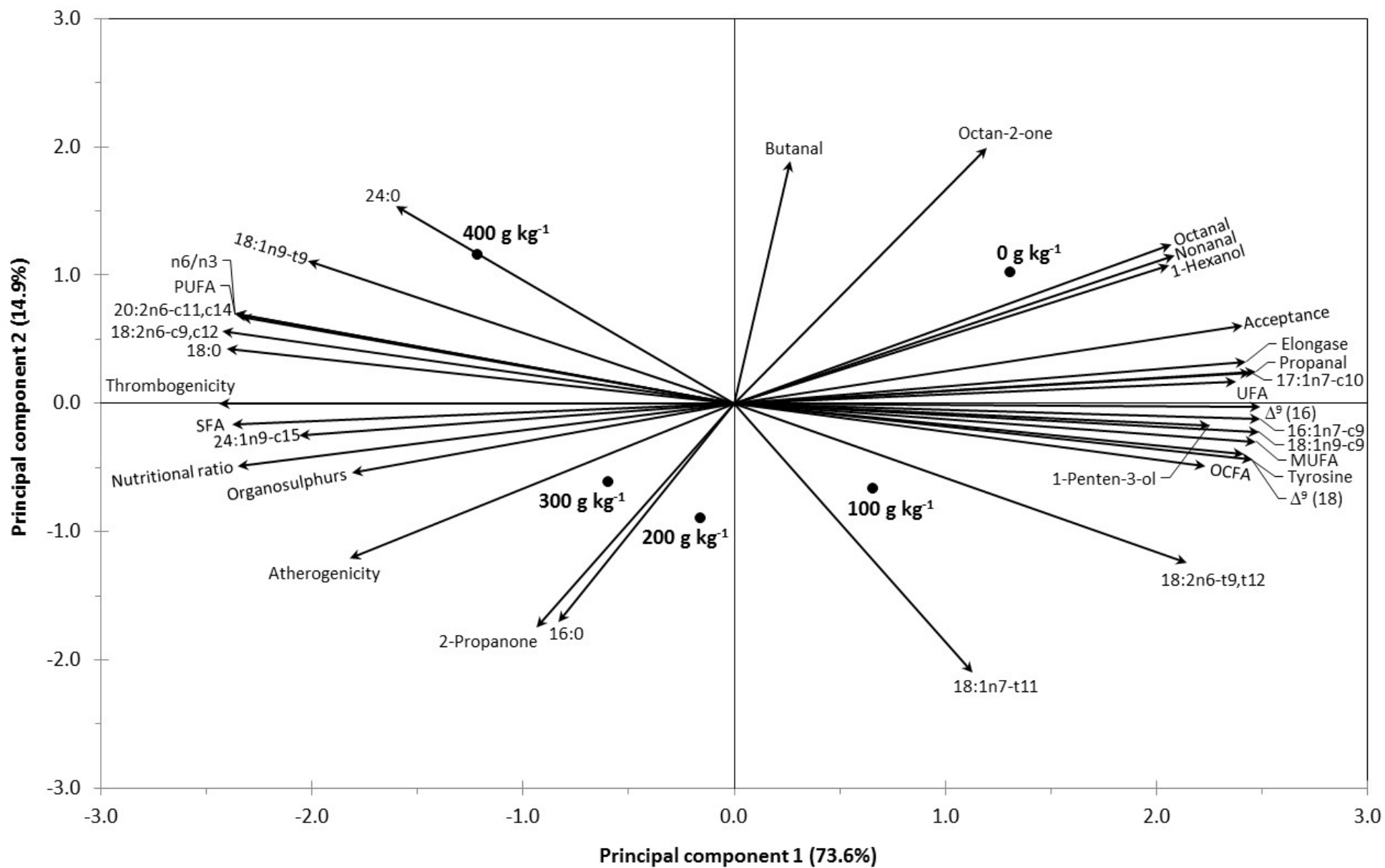
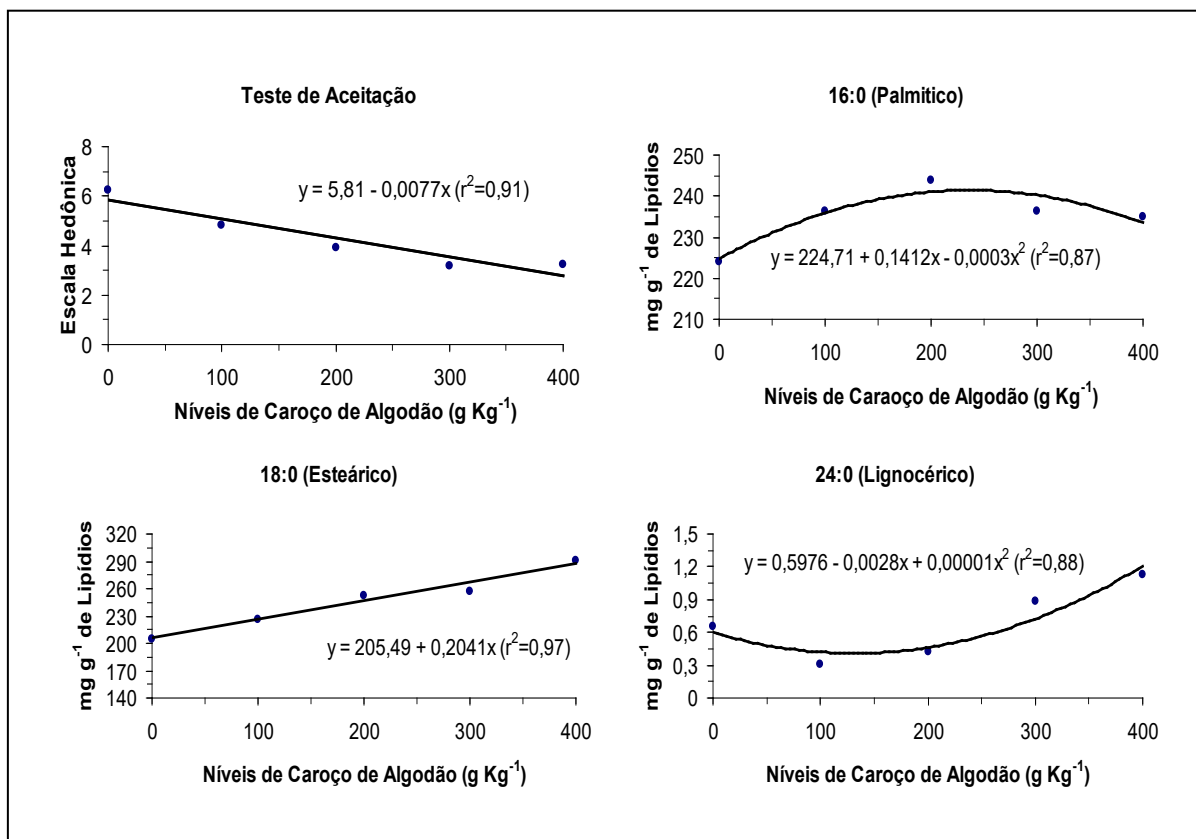
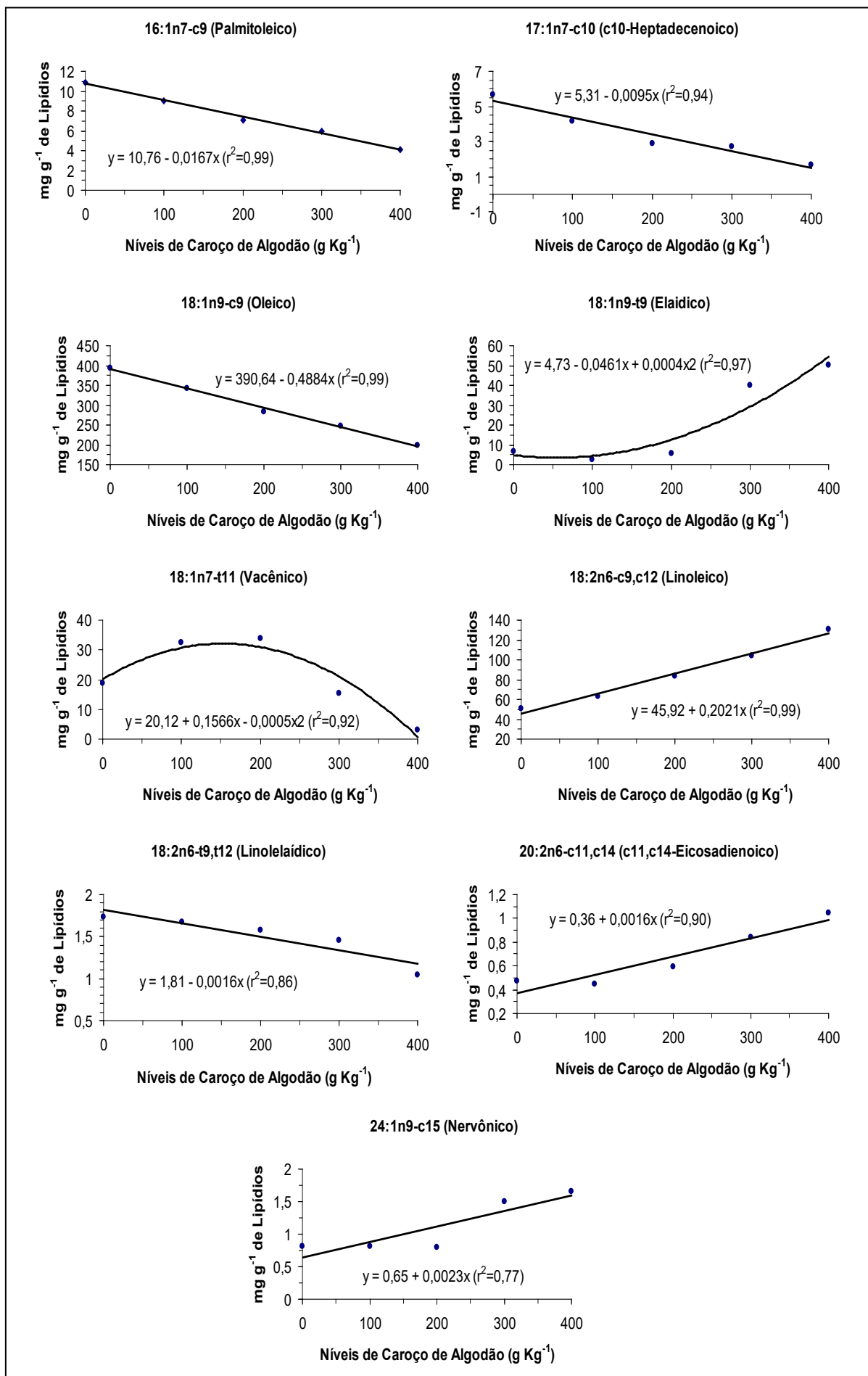


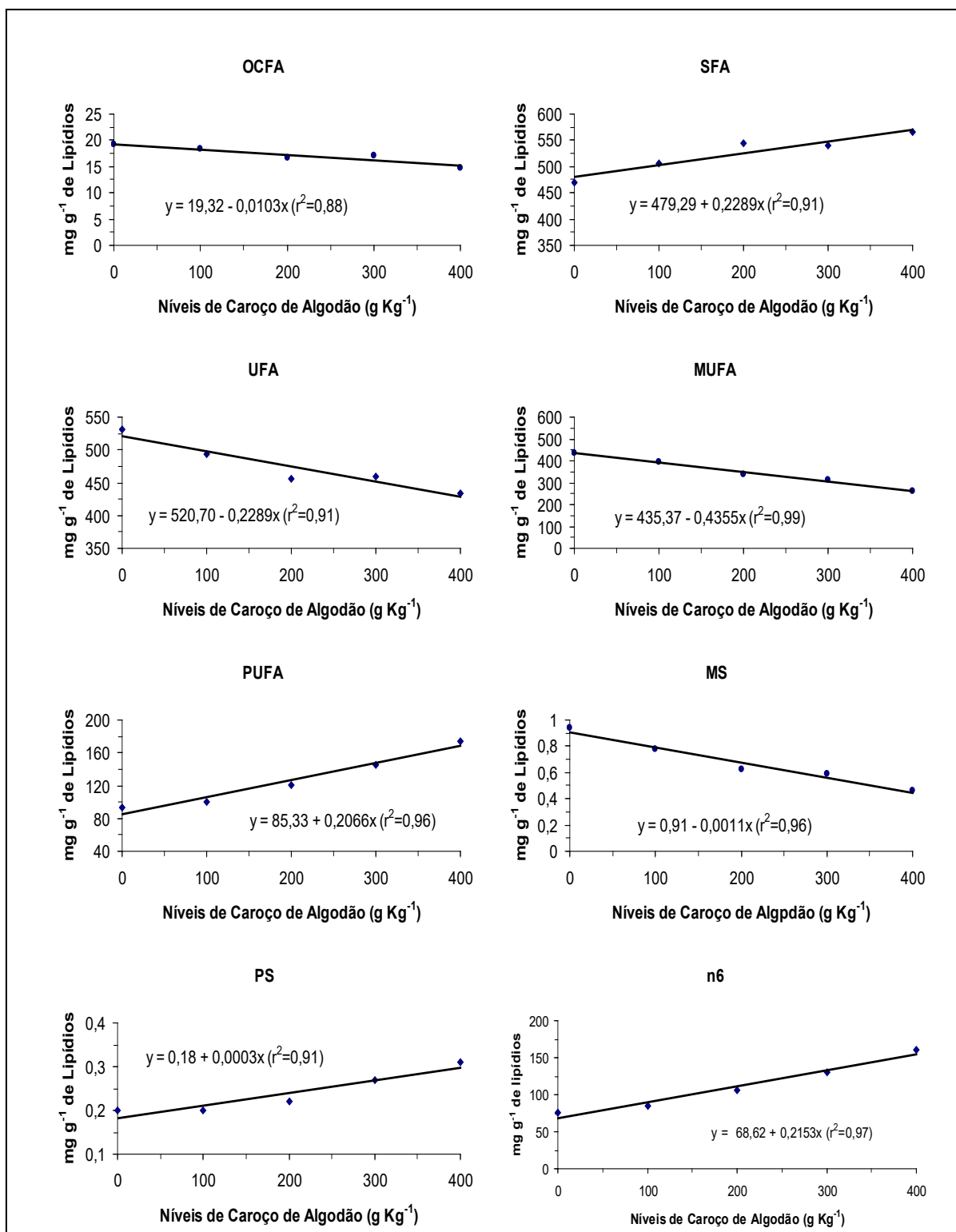
Figura 1. Biplot da qualidade da carne de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta.



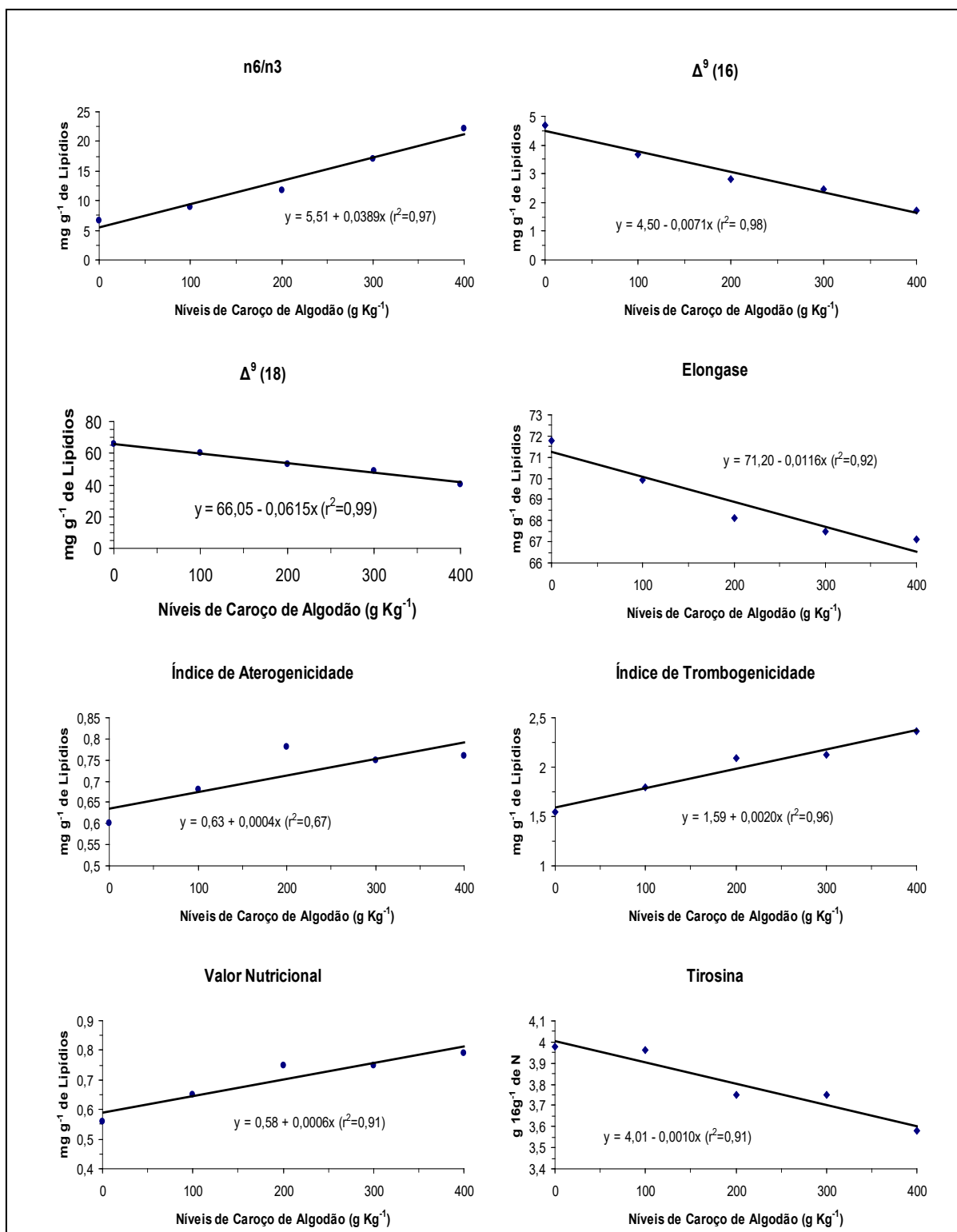
Quadro 1. Comportamento dos valores do teste de aceitação e ácidos graxos palmítico, esteárico e lignocérico do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta.



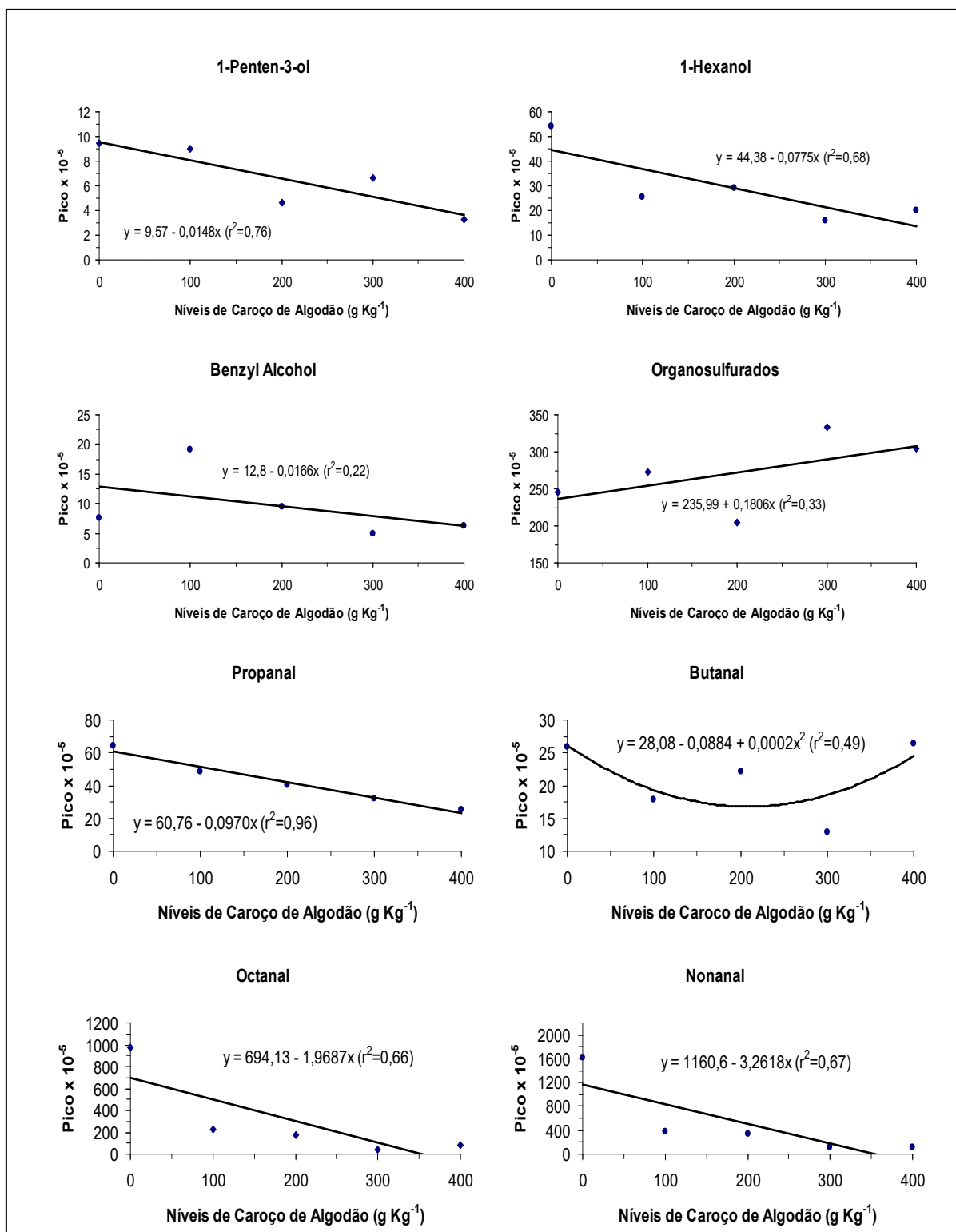
Quadro 2. Comportamento dos ácidos graxos palmitoleico, c10-heptadecenoico, oléico, elaidico, vacênico, linoléico, linolelaídico, c11,c14-eicosadienoico e nervônico do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta.



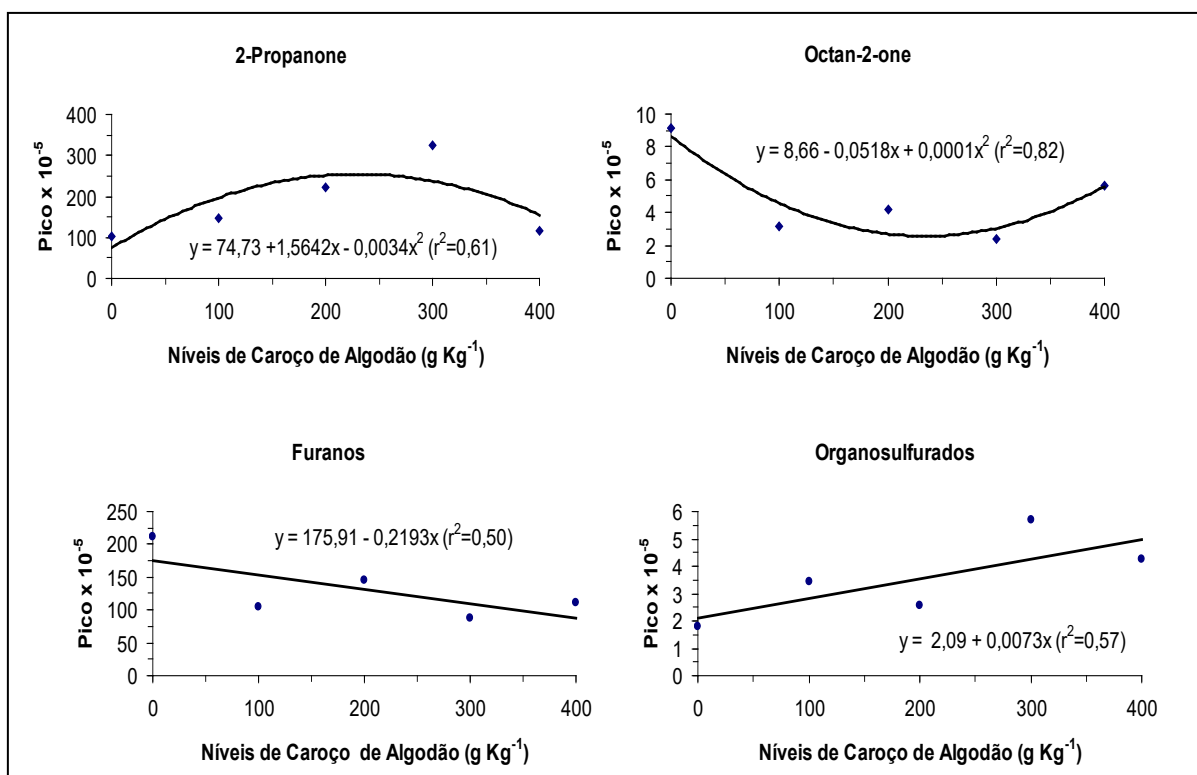
Quadro 3. Comportamento dos ácidos graxos de cadeia ímpar, saturados, insaturados, monoinsaturados, poliinsaturados, relação monoinsaturados/saturados e poliinsaturados/saturados e ômega 6 do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta.



Quadro 4. Comportamento dos valores da relação ômega 6/ômega3, dessaturase no carbono 16 e 18, elongase, índice de aterogenicidade e trombogenicidade, valor nutricional e aminoácido tirosina do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta.



Quadro 5. Comportamento dos compostos orgânicos voláteis 1-Penten-3-ol, 1-Hexanol, Benzyl Alcohol, Organosulfurados, Propanal, Butanal, Octanal e Nonanal do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta.



Quadro 6. Comportamento dos compostos orgânicos voláteis 2-Propanone, Octan-2-one, furanos e organosulfurados relativos do músculo *Longissimus thoracis* de cordeiros confinados com os níveis de caroço de algodão na dieta.

5. DISCUSSÃO GERAL

Atualmente a ovinocultura tem sido uma atividade de destaque na pecuária brasileira. No entanto, quando se trata de qualidade de carne, há uma série de fatores, intrínsecos e extrínsecos que podem alterar as características de qualidade e o valor do produto final. Além disso, a melhoria na qualidade da carne disponibilizada aos consumidores tem sido fator de grande contribuição para o aumento do consumo.

Para a produção de carne com os atributos de qualidade desejados pelos consumidores tem sido empregado o sistema de confinamento de animais destinados ao abate. Quando se trata de confinamento e engorda dos animais, logo se levanta a questão da gordura e seus possíveis prejuízos para a saúde humana. A gordura tem sido abolida das dietas, por ser responsabilizada, erroneamente, pelo excesso de colesterol e pelas doenças cardiovasculares, em um processo que desconsidera seu valor nutricional de elemento essencial para o funcionamento normal do organismo.

Neste sentido, o uso de sementes de oleaginosas tem sido empregado na alimentação de animais em confinamento, proporcionando bom desempenho animal e melhoria da qualidade da carne. O teor de gordura e a composição de ácidos graxos da carne assumem, atualmente, um papel importante na cadeia produtiva, sob influência das exigências estabelecidas pelo mercado consumidor. A tendência atual é a da demanda crescente por alimentos considerados "saudáveis", cujas características principais são os baixos teores de gordura saturada. Por outro lado, a biohidrogenação incompleta dos ácidos graxos no rúmen pode aumentar os níveis de ácido linoléico conjugado (CLA) na carne, o qual possui efeitos terapêuticos .

Além disso, podem ocorrer modificações do perfil de ácidos graxos na carne. Fontes de lipídeos, como, semente de algodão, fornecida para ruminantes, aumentaram a disponibilidade para absorção e deposição de ácidos graxos polinsaturados nos músculos, o que é interessante.

O caroço de algodão é um subproduto da indústria e tem sido utilizado em dietas de ruminantes principalmente na tentativa de diminuir o custo com alimentação, visto que é um alimento com altos teores de lipídios, proteínas e fibra bruta e sua utilização na alimentação de ruminantes têm recebido atenção crescente de pesquisadores, principalmente em virtude de seus altos teores de lipídios, que possibilitam elevar a densidade energética das dietas sem diminuir os teores de fibra e proteínas. Outra vantagem seria um perfil mais insaturado da gordura contida na carne de animais alimentados com caroço de algodão.

Entretanto, o uso do caroço de algodão deve ser analisado com cuidado devido ao alto teor de gordura, pois em ruminantes (geralmente acima de 7 %) isso está relacionado à menor digestibilidade da fibra e conseqüentemente menor ingestão de alimento e principalmente pela presença do gossipol, composto amarelo, aldeído polifenólico, que está presente nas glândulas da semente de algodão. Esta substância em sua forma livre na alimentação tem ação bioativa e produz reações adversas nos sistemas circulatório, renal, respiratório e hepático nos animais, podendo levar a óbito, além de agir sobre uma diversa gama de enzimas e transportadores celulares diminuindo a atividade destes.

Outro fator que deve ser considerado é a associação do caroço de algodão com aspectos indesejáveis nas características físico-químicas e sensoriais da carne, uma vez que frigoríficos têm recebido reclamações de consumidores insatisfeitos com o aroma e sabor da carne de animais confinados com caroço de algodão na dieta.

Sendo assim, buscou-se inovar na tentativa de estudar a qualidade da carne de cordeiros confinados com níveis de caroço de algodão na dieta, pois poucos trabalhos detalham o seu efeito sobre as características qualitativas da carne, propiciando o surgimento de diversas opiniões a respeito do assunto sem comprovação científica fundamentada.

Ao avaliar a influência dos níveis de caroço de algodão, observou-se que a adição a partir de 235 g kg⁻¹ de caroço de algodão na dieta de cordeiros durante a terminação em confinamento diminui a aceitação sensorial da carne. Os cordeiros confinados com níveis de caroço de algodão afetam negativamente o perfil de ácidos graxos depositados na gordura intramuscular da carne. O acréscimo de caroço de algodão na dieta reduz a tirosina na carne. Os compostos orgânicos voláteis 1-penten-3-ol, 1-hexanol, benzyl alcohol (alcoóis), propanal, octanal, nonanal (aldeídos) e furanos totais diminuem, enquanto os organosulfurados aumentam com o incremento de caroço de algodão na dieta. A redução de compostos voláteis majoritários (aldeídos e alcoóis) permite que o aumento de compostos minoritários (organosulfurados) apresentem impacto negativo na aceitação sensorial da carne com o incremento de caroço de algodão.

Ainda, a inclusão de caroço de algodão na alimentação de cordeiros até 400 g Kg⁻¹ de matéria seca, influencia os parâmetros físico-químicos avaliados na carne, exceto teor de proteína, umidade, colesterol e a força de cisalhamento. A adição do caroço de algodão na dieta também favoreceu o aumento da luminosidade (L*) e a intensidade de amarelo (b*), o que torna a carne mais clara e amarelada.

6 CONCLUSÃO GERAL

O sistema alimentar testado apresentou efeito significativo sobre a qualidade da carne, sendo que o aumento dos níveis de caroço de algodão na dieta afetaram negativamente o perfil de ácidos graxos e a aceitação sensorial da carne. Além disso, influenciaram também as características físico-químicas e a cor da carne.

No entanto, sugere-se estudos mais aprofundados a respeito do assunto, em vista da possível influência do caroço de algodão sobre oxidação lipídica e protéica na carne, além de estudos que comprovem a inibição enzimática sugerida neste experimento.