

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Produção, composição do leite e desempenho reprodutivo de
ovelhas Santa Inês alimentadas com rações contendo óleo de
canola ou linhaça**

Cristine Paduan Nolli

**Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Ciências. Área de concentração:
Ciência Animal e Pastagens**

**Piracicaba
2012**

Cristine Paduan Noll
Zootecnista

**Produção, composição do leite e desempenho reprodutivo de ovelhas Santa
Inês alimentadas com rações contendo óleo de canola ou linhaça**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:
Prof.^a. Dr.^a. IVANETE SUSIN

**Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Ciências. Área de concentração:
Ciência Animal e Pastagens**

**Piracicaba
2012**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Nolli, Cristine Paduan

Produção, composição do leite e desempenho reprodutivo de ovelhas Santa Inês alimentadas com rações contendo óleo de canola ou linhaça / Cristine Paduan Nolli. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 5890 de 2010. - - Piracicaba, 2012. 88 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Ácidos graxos 2. Dieta animal 3. Leite - Produção - Composição 4. Lipídeos 5. Ovinos 6. Prenhez 7. Ração I. Título

CDD 636.3084
N796p

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

À Deus, como sempre serei grata pelo Seu amor por todos nós, dedico.

À minha família e ao Pedro que contribuíram muito para o meu
crescimento, ofereço.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre presente no meu caminho, iluminando os meus passos.

À minha família, pelo apoio em minhas escolhas e presença nas horas boas e difíceis.

Ao Pedro, uma pessoa especial que me ajudou a evoluir bastante.

À família do Pedro, que também considero minha!

À professora Ivanete Susin, por ter sido responsável pelo meu crescimento profissional e pessoal, com conselhos e ensinamentos sempre bem-vindos.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização do curso de Mestrado.

Ao professor Alexandre Vaz Pires pelas valiosas contribuições, aprendizado e amizade.

À CAPES e à Fundação de Amparo à pesquisa no Estado de São Paulo - FAPESP pela concessão da bolsa de estudos.

À Ana Paula Oeda e Carlos César Alves pelo auxílio nas análises laboratoriais.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial aos professores Carla Maris Machado Bittar, Gerson Barreto Mourão e Roberto Sartori pelas valiosas sugestões.

A todo pessoal do Departamento de Zootecnia, em especial Denise, Cláudia, Creide, Ana e Vera, sempre muito atenciosas.

Aos funcionários do SIPOC: Seu Marcos, Joseval, Adilson, Seu Roberto, Alexandre, Dito e Dona Ilda pelo auxílio na condução do experimento e agradável convívio.

À minha querida amiga Michelle, pela grande amizade que ajudou a fazer as coisas acontecerem de forma mais fácil.

A minhas amigas Monique e Fernanda pelo convívio harmonioso e companheirismo.

Aos amigos Evandro, Marcão e Renato pelos conselhos, amizade e disposição para ajudar sempre.

Aos integrantes do grupo de pesquisa e estagiários que passaram pelo SIPOC: Evandro, C-trero, Colã, Daniel, Delci, Duróq, Fabi, Fiu-Dental, HP, Kneco, Marcão, Marcos, Michellinha, Pirulão, Potter, Rabicó, Rafael Leite, Renato, Risca-Faca, Rodrigo, Ronk, Suspiro, Zacarias.

Aos amigos da pós-graduação que proporcionaram agradáveis momentos juntos: Fernandinha, Fabi e Rafinha (em Lavras e em Pira), Ashley, Aline, Amália, Amanda, Bia, Eva, Fernanda, Hellen, Johana, Mariana Caetano, Mariana, Martinha, Simone, Uruk (em Pira e em Madison).

À grande conselheira Tuka, pela amizade.

Enfim, a todos aqueles que passaram pelo meu caminho, que de alguma forma contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Muito Obrigada!

“Renda-se à instrução com disciplina e abra os ouvidos à voz da experiência”

“A sabedoria faz a força do homem e o conhecimento lhe dá poder. A estratégia é a chave para a guerra, assim como bons conselhos são a chave para a vitória”

**Salomão em “Os trinta preceitos dos sábios”
Pv 22:17 a 24:22**

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS.....	15
LISTA DE TABELAS	17
LISTA DE SIGLAS	19
LISTA DE ABREVIATURAS.....	21
1 INTRODUÇÃO.....	23
Referências	25
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
2.1 Adição de lipídeos na dieta de ruminantes.....	27
2.2 Efeitos da inclusão de lipídeos na dieta de ruminantes em lactação.....	28
2.3 Óleos de canola e linhaça	31
2.4 Aspectos reprodutivos e os efeitos da suplementação lipídica.....	33
Referências	36
3 DESEMPENHO, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE DE OVELHAS SANTA INÊS ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO ÓLEO DE CANOLA OU LINHAÇA.....	41
Resumo.....	41
Abstract.....	42
3.1 Introdução.....	42
3.2 Material e Métodos	44
3.2.1 Local do experimento, animais e condições experimentais.....	44
3.2.2 Período experimental, rações e análises bromatológicas	44
3.2.3 Colheita de dados e cálculos.....	47
3.2.3.1 Determinação do perfil de ácidos graxos da gordura do leite	48
3.2.3.2 Determinação de ácidos graxos não esterificados.....	49
3.2.4 Análise estatística	50
3.3 Resultados e Discussão	51
3.3.1 AGNE e consumo de nutrientes.....	51
3.3.2 Produção e composição química do leite.....	54
3.3.3 Desempenho das crias.....	56
3.3.4 Composição de ácidos graxos da gordura do leite.....	57

3.3.4.1	Ácidos graxos de cadeia curta e média.....	57
3.3.4.2	Ácidos graxos de cadeia longa.....	59
3.4	Considerações Finais	66
3.5	Conclusão	66
	Referências.....	66
4	DESEMPENHO REPRODUTIVO DE OVELHAS DA RAÇA SANTA INÊS COM ESTRO SINCRONIZADO ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO ÓLEO DE CANOLA OU LINHAÇA	75
	Resumo	75
	Abstract.....	75
4.1	Introdução	76
4.2	Material e Métodos	77
4.2.1	Animais, condições e períodos experimentais.....	77
4.2.2	Rações experimentais e análises bromatológicas	79
4.2.3	Análise estatística.....	81
4.3	Resultados e discussão	82
4.4	Considerações finais.....	86
4.5	Conclusão	87
	Referências.....	87

RESUMO

Produção, composição do leite e desempenho reprodutivo de ovelhas Santa Inês alimentadas com rações contendo óleo de canola ou linhaça

O objetivo neste trabalho foi avaliar o efeito da adição de óleo de canola (OC) ou linhaça (OL) na dieta de ovelhas em lactação sobre o consumo, produção e composição química do leite e desempenho reprodutivo com sincronização do estro. No experimento I, 33 ovelhas da raça Santa Inês receberam os óleos que foram adicionados a uma ração base contendo 50% de volumoso (feno de *Cynodon dactylon*). As dietas experimentais foram: Controle – sem adição de óleo; Canola – adição de 3% de OC (%MS) e Linhaça - adição de 3% de OL (%MS). Uma vez por semana, as ovelhas foram ordenhadas mecanicamente, num intervalo de 3h e o leite da segunda ordenha foi amostrado para determinação da composição química e do perfil de ácidos graxos (AG). A colheita de sangue para determinação sérica de AG não esterificados (AGNE) foi realizada a cada duas semanas. A produção e composição química do leite não diferiu entre as dietas, porém o consumo de matéria seca (CMS) e nutrientes diminuiu nos animais alimentados com as dietas com óleos e a concentração de AGNE no sangue aumentou. O fornecimento de óleos diminuiu a concentração de AG de cadeia curta e aumentou os de cadeia média e longa, AG insaturados totais, mono e poliinsaturados, a quantidade de ácido linoleico conjugado (CLA) total e AG da família *n*-3 na gordura do leite. A dieta controle apresentou os maiores valores de AG saturados, índice de aterogenicidade e atividade da enzima Δ 9-dessaturase. A adição de 3% de óleo rico em oleico ou linolênico não afetou a produção de leite e o desempenho das crias. No experimento II, 222 ovelhas foram distribuídas, de acordo com o peso e a condição corporal, em 3 grupos. Os óleos utilizados foram os mesmos do Experimento I, entretanto a dieta basal continha 40% de bagaço de cana-de-açúcar como fonte de volumoso. As dietas experimentais foram fornecidas 45 dias antes da sincronização do estro cujo protocolo consistiu na inserção vaginal de dispositivo com progesterona (D0) por 5 dias, aplicação i.m. de eCG (1,5 mL), prostaglandina (2,0 mL) e colocação dos carneiros no 5º dia. No D0 foram coletados dados de peso corporal das fêmeas. O horário da retirada (D5) foi anotado e a observação de estro teve duração de 72h imediatamente após a retirada do dispositivo vaginal. O repasse iniciou-se no D16 e teve duração de 13 dias. Não houve influência das dietas sobre o peso corporal e no número de crias por fêmea. As taxas de apresentação de estro, de prenhez durante a observação de estro e durante o repasse não sofreram influência das dietas, assim como o tempo (h) para a apresentação de estro. A taxa de prenhez total foi superior nos animais que receberam a dieta controle e inferior naqueles que receberam OL. A suplementação com fontes de óleo rico em ácido oleico ou linolênico não melhorou os índices reprodutivos de ovelhas da raça Santa Inês.

Palavras-chave: Ácidos Graxos; CLA; Linolênico; Lipídeos; Oleico; Ovinos; Prenhez

ABSTRACT

Milk yield, milk composition and reproductive performance of Santa Inês ewes fed diets containing canola or linseed oil

The objective in this study was to evaluate the effect of the addition of canola oil (CO) or linseed oil (LO) on milk production and composition and reproductive performance of Santa Inês ewes. In the experiment I, 33 Santa Inês ewes were fed diets containing 50% of roughage (*Cynodon dactylon* hay). Experimental diets included a control (no oil) and two remaining diets with the addition of 3% of CO or LO (dry matter basis). Ewes were mechanically milked once a week and milk production, in a 3 hours interval, was recorded and sampled for composition and fatty acid (FA) profile determination. The addition of oils decreased DM intake and increased serum non-esterified FA concentration. Lamb performance, milk yield and chemical composition were not altered by the diets. Feeding oils decreased short and medium chain FA, saturated FA (SFA), $\Delta 9$ -desaturase enzyme activity and atherogenicity index; and increased C18:0, C18:1 *n*-9, C18:2 *cis*-9, *trans*-11 C18:2 (CLA), C18:1 *trans*-11, C18:3 *n*-3, long chain, mono and polyunsaturated FA (PUFA) in milk fat. In addition, both oils improved FA profile of milk fat, and LO increased the concentration of healthier FA (*trans*-11 C18:1, *cis*-9 *trans*-11 CLA, total CLA and *n*-3 FA). In the experiment II, 222 Santa Inês ewes were assigned, according to body weight (BW) and body condition score, to one of three experimental diets to determine the effects of fat sources on pregnancy and estrus index, BW, time to estrus and number of lambs per ewe. Ewes were fed diets containing 40% of sugarcane bagasse as the roughage source and the experimental diets included a control (no oil) and two remaining diets with the addition of 3% of CO or LO (dry matter basis). All ewes were fed the experimental diets 45d before the estrus synchronization. The synchronization protocol consisted on vaginal insertion of a progesterone (P4) device for 5d (D0), rams introduction, i.m. injection of eCG (1.5 mL) and PGF2 α (2.0 mL) on the 5th day (D5). At D0 the ewes BW was obtained. The time of P4 device withdrawal (D5) was recorded and estrus observation lasted 72 hours. The 2nd service began at D16 and lasted 13 days. The BW and number of lambs per ewe were not affected by diets. The rates of onset of estrus, pregnancy at 1st and 2nd services and time for the onset of estrus were not affected by diets. The total pregnancy rate was higher in animals from the control diet compared to those fed LO. Supplementation of oil rich in oleic acid or linolenic acid did not improve reproductive rates of Santa Inês ewes.

Keywords: CLA; Linolenic; Lipids; Oleic; Pregnancy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Protocolo de sincronização do estro e eventos experimentais.....78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição de ácidos graxos nos óleos vegetais.....	32
Tabela 2 - Proporção de ingredientes e composição química das rações experimentais.....	45
Tabela 3 - Perfil de ácidos graxos (AG) dos óleos de canola e linhaça utilizados no experimento.....	46
Tabela 4 - Consumo de MS, nutrientes e concentração sanguínea de AGNE em ovelhas Santa Inês alimentadas com dietas contendo óleos vegetais (3% de óleo de canola ou linhaça, com base na MS)	52
Tabela 5 - Produção de leite, leite corrigido para gordura, leite corrigido para proteína e teores dos componentes do leite de ovelhas Santa Inês alimentadas com óleos vegetais (3% de óleo de canola ou linhaça, com base na MS)	54
Tabela 6 - Peso corporal, consumo de concentrado inicial e desempenho das crias em função da adição de óleos vegetais (3% de óleo de canola ou linhaça, com base na MS) na dieta das mães.....	56
Tabela 7 - Perfil de ácidos graxos (g/100g de ácido graxo) da gordura do leite de ovelhas Santa Inês alimentadas com óleos vegetais (3% de óleo de canola ou linhaça, com base na MS)	58
Tabela 8 - Concentrações e relações entre ácidos graxos monoinsaturados e saturados, poliinsaturados e saturados, índice de aterogenicidade e índice de atividade da enzima Δ -9 dessaturase da gordura do leite de ovelhas Santa Inês alimentadas com óleos vegetais (3% de óleo de canola ou linhaça, com base na MS)	64
Tabela 9 - Proporção de ingredientes e composição química das rações experimentais.....	80
Tabela 10 - Efeito da suplementação de óleos (3% de óleo de canola ou linhaça, base na MS) no peso corporal (PC) e número de crias de ovelhas Santa Inês	82
Tabela 11– Efeito da suplementação de óleos (3% de óleo de canola ou linhaça, base na MS) na taxa e tempo de apresentação de estro e na taxa de prenhez de ovelhas Santa Inês.....	83
Tabela 12 - Efeito da suplementação de óleos (3% de óleo de canola ou linhaça, base na MS) nos intervalos de tempo para apresentação de estro após retirada do dispositivo de progesterona de ovelhas Santa Inês	85

LISTA DE SIGLAS

- C4:0 – Ácido butírico
- C6:0 – Ácido caproico
- C8:0 – Ácido caprílico
- C10:0 – Ácido cáprico
- C12:0 – Ácido láurico
- C14:0 – Ácido mirístico
- C14:1 – Ácido miristoleico
- C15:0 – Ácido pentadecanoico
- C16:0 – Ácido palmítico
- C16:1 – Ácido palmitoleico
- C18:0 – Ácido esteárico
- C18:1 *n*-9 – Ácido oleico
- C18:1 *trans* 11 – Ácido vacênico
- C18:2 *cis*-9, *trans*-11 – Ácido rumênico
- C18:2 – Ácido linoleico
- C18:3 *n*-3 – Ácido linolênico
- C18: *n*-6 – Ácido γ -linolênico
- C20:5 – EPA: ácido eicosapentaenoico
- n*-3 – Ácido graxo ômega-3
- n*-6 – Ácido graxo ômega-6

LISTA DE ABREVIATURAS

AG – Ácidos graxos

AGCC – Ácidos graxos de cadeia curta

AGCM – Ácidos graxos de cadeia média

AGCL – Ácidos graxos de cadeia longa

AGNE – Ácidos graxos não esterificados

CI – Concentrado inicial

CCI – Consumo de concentrado inicial

CLA – Ácido linoleico conjugado

CMS – Consumo de matéria seca

ECC – Escore de condição corporal

EPM – Erro padrão da média

GMD – Ganho de peso médio diário

IA – Índice de aterogenicidade

LCG – Leite corrigido para gordura

LCGP – Leite corrigido para gordura e proteína

MS – Matéria seca

PC – Peso corporal

PGF₂α – Prostaglandina 2α

1 INTRODUÇÃO

Com a maior demanda por alimentos para composição das rações concentradas formuladas para as diversas categorias animais da ovinocultura, houve aumento na procura por ingredientes que permitam bom desempenho animal e que possam agregar maior valor ao produto animal, principalmente em sistemas intensivos de criação. Em função disso, a adoção de alimentos ricos em energia, como os óleos vegetais, vem se destacando como excelente componente energético para rações de pequenos ruminantes (MADRUGA et al., 2005).

Palmquist e Jenkins (1980) afirmam que apesar da gordura corresponder a aproximadamente 5% da dieta dos ruminantes, estes animais dependem mais de metabólitos gliconeogênicos para o metabolismo energético do que não-ruminantes. Além disso, a secreção de ácidos graxos (AG) no leite normalmente excede o consumo diário desses compostos, sendo que, desta forma o metabolismo lipídico possui um importante papel na economia de energia do animal lactante. O fornecimento de lípideos para ruminantes também é vantajoso quando se considera os problemas metabólicos causados pelo excesso de amido em dietas de fêmeas com alta produção de leite. Esta necessidade por energia, os efeitos negativos do excesso de carboidratos e o aumento na disponibilidade de fontes lipídicas como alimento tem estimulado o interesse no uso de gordura para aumentar a densidade energética da dieta.

Ao fornecer lípideos na dieta de ruminantes é importante considerar não somente a quantidade de gordura, mas também a sua composição de AG, já que estes podem proporcionar diferentes efeitos metabólicos no organismo de seus consumidores (WHITING, 1999). Como exemplo, o ácido linoleico conjugado (CLA) é compreendido por um conjunto de isômeros posicionais e geométricos do ácido linoleico os quais tem apenas uma ligação simples entre as insaturações e, embora possam existir diversos isômeros possíveis com esta característica, dois deles (*cis*-9, *trans*-11 e *trans*-10, *cis*-12) tem despertado grandes interesses em função dos seus efeitos biológicos sobre a saúde dos seus consumidores e produção de gordura no leite em ruminantes, respectivamente (GATTÁS; BRUMANO, 2005). Os ácidos linolênico, linoleico e seus metabólitos de cadeia longa que incluem os ácidos docosahexaenóico (DHA) e araquidônico são considerados AG essenciais para a

maioria dos mamíferos (HARRIS, 1989). Particularmente na saúde humana, os efeitos de alguns AG sobre o desenvolvimento do cérebro, câncer, doenças neurológicas degenerativas e cardiovasculares tem sido estudados (CLANDININ et al., 1980; MAZZA et al., 2007; ERKKILA et al., 2008).

A linhaça tem sido adicionada à dieta de animais com o objetivo de obter produtos enriquecidos com AG da família ômega 3 (*n*-3) mais acessíveis a consumidores exigentes. Alguns pecuaristas estão interessados em aumentar o conteúdo de AG poliinsaturados *n*-3 e CLA no leite e na carne dos animais, porque são compostos importantes para a nutrição humana. Neste contexto, os derivados de leite e carne de ruminantes alimentados com óleo de linhaça apresentam maior concentração destes AG e menor quantidade de gordura saturada, aumentando desta forma o potencial nutricional destes produtos (FLAX COUNCIL OF CANADA, 2008). A canola, após a obtenção do seu óleo, é o segundo ingrediente proteico mais utilizado no mundo depois da soja. O óleo de canola é caracterizado pela baixa quantidade de AG saturados, teores relativamente altos de monoinsaturados e valores intermediários de poliinsaturados (NEWKIRK, 2009).

Além dos aspectos nutricionais, a suplementação lipídica também pode proporcionar melhora na função reprodutiva de vacas em lactação, sendo que diversas fontes com variadas composições de AG causaram efeitos positivos em folículos, ovócitos, embriões e útero das vacas, geralmente associados aos ácidos linoleico e eicosapentaenóico (SANTOS et al., 2008; STAPLES; BURKE; THATCHER, 1998). Entretanto os AG específicos e o seu mecanismo de ação na taxa de prenhez ainda é desconhecido (BILBY et al., 2006). De acordo com Funston (2004) estudos com a suplementação lipídica tem mostrado resultados variados e inconsistentes em relação à eficiência reprodutiva, incluindo efeitos positivos e negativos. Os efeitos desta suplementação geralmente não estão associados com o teor energético da dieta, já que diversos estudos encontraram melhora no desempenho reprodutivo das fêmeas em que não havia influência do estado energético do animal. Com isso, é possível afirmar que o perfil de AG dos suplementos utilizados influenciou diretamente os efeitos reprodutivos estudados (STAPLES; BURKE; THATCHER, 1998).

A adição de 3% de óleo de canola ou linhaça ricos em ácido oleico e linolênico, respectivamente, pode modificar o perfil de AG da gordura do leite de ovelhas de forma positiva, ou seja, tornar o produto lácteo desses animais com

propriedades mais saudáveis para seus consumidores sem que o seu desempenho seja prejudicado. A sua utilização também pode surtir efeitos na reprodução que ainda devem ser melhor elucidados em ovinos.

Referências

BILBY, T.R.; BLOCK, J.; AMARAL, B.C.do; SA FILHO, O.; SILVESTRE, F.T.; HANSEN, P.J.; STAPLES, C.R.; THATCHER, W.W. Effects of dietary unsaturated fatty acids on oocyte quality and follicular development in lactating dairy cows in summer. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 89, p. 3891-3903, 2006.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J.; LAMBERET, G. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 86, p. 1751–1770, 2003.

CLANDININ, M.T.; CHAPPELL, J.E.; LEONG, S.; HEIM, T.; SAWYER, P.R.; CHANCE, G.W. Intrauterine fatty acid accretion rates in human brain: implications for fatty acid requirements. **Early Human Development**, Maryland Heights, v. 4, p. 121-129, 1980.

ERKKILA, A.; MELLO, V.D.F.; RISÉRUS, U.; LAAKSONEN, D.E. Dietary fatty acids and cardiovascular disease: an epidemiological approach. **Progress in Lipid Research**, Bethesda, v. 47, p. 172-187, 2008.

FLAX COUNCIL OF CANADA. **Linseed in the ruminant diet**. Disponível em: <http://www.flaxcouncil.ca/files/web/Beef_R3_final.pdf >. Acesso em: 23 set. 2010.

FUNSTON, R.N. Fat supplementation and reproduction in beef females. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, p. E154-E161, 2004.

GALVÃO, E.L.; SILVA, D.C.F.; SILVA, J.O.; MOREIRA, A.V.B.; SOUSA, E.M.B.D. Avaliação do potencial antioxidante e extração subcrítica do óleo de linhaça. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 551-557, 2008.

GATTÁS, G.; BRUMANO, G. Ácido linoleico conjugado (CLA). **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 2, p. 164-171, 2005. Disponível em: <http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/017V2N1P164_171_JAN2005.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2012.

HARRIS, W.S. Fish oils and plasma lipid and lipoprotein metabolism in humans: a critical review. **Journal of Lipid Research**, Rockville, v. 30, p. 785-807, 1989.

MADRUGA, M.S.; SOUSA, W.H.; ROSALES, M.D.; CUNHA, M.G.G.; RAMOS, J.L.F. Qualidade da carne de cordeiros santa Inês terminados com diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, p. 309-315, 2005.

MAZZA, M.; POMPONI, M.; JANIRI, L.; BRIA, P.; MAZZA, S. Omega-3 fatty acids and antioxidants in neurological and psychiatric diseases: an overview. **Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry**, Bethesda, v. 31, p. 12-26, 2007.

NEWKIRK, R. **Canola meal feed industry guide**. 2009. Disponível em: <http://www.canolacouncil.org/canola_meal.aspx>. Acesso em: 10 fev. 2010.

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

SANTOS, J.E.P.; BILBY, T.R.; THATCHER, W.W.; STAPLES, C.R.; SILVESTRE, F.T. Long chain fatty acids of diet as factors influencing reproduction in cattle. **Reproduction in Domestic Animals**, Somerset, v. 43, p. 23–30, 2008.

STAPLES, C.R.; BURKE, J.M.; THATCHER, W.W. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 81, p. 856–871, 1998.

WHITING, C.M. **Transfer of alpha-linolenic acid from forage diets to milk in lactating Holsteins**. 1999. 95 p. Thesis (PhD) - The University of Guelph, Guelph, 1999.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Adição de lipídeos na dieta de ruminantes

A premiação do valor do leite com base na sua qualidade tem despertado o interesse para realização de pesquisas focadas na tentativa de aumentar o conhecimento sobre a biossíntese da gordura e os fatores que influenciam a sua quantidade e composição (BAUMAN; GRIINARI, 2003). De acordo com Silva et al. (2007), os microrganismos ruminais não possuem mecanismos fisiológicos para digerir lipídeos tão eficientemente como o fazem para carboidratos e proteínas. Essa ineficiência microbiana para utilização dos lipídeos quando adicionados em excesso desencadeia uma série de alterações no ambiente ruminal, como na relação acetato:propionato e conseqüente redução da produção de leite e do seu teor de gordura (VARGAS et al., 2002). No entanto, essas respostas não devem ser generalizadas, pois estão relacionadas à forma de inclusão dos lipídeos nas dietas, ao grau de sua insaturação e ao comprimento da cadeia.

Os lipídeos esterificados presentes no alimento ingerido sofrem hidrólise por lipases bacterianas no rúmen liberando AG livres. A maior parte destes AG são rapidamente hidrogenados por ação de isomerases e redutases presentes no interior da célula bacteriana, tornando-os mais saturados cujo principal produto final é o ácido esteárico (HARFOOT; HAZLEWOOD, 1997; KOZLOSKI, 2002). Não está bem estabelecido qual a função deste processo, o mais provável é que seja uma função detoxificante, uma vez que AG insaturados prejudicam o desenvolvimento de muitas espécies bacterianas ruminais, cujo efeito estaria associado a uma mudança da composição lipídica e das propriedades físico-químicas das membranas celulares bacterianas. Além disso, o excesso de lipídeos na dieta dos ruminantes, geralmente acima de 7%, também pode inibir a fermentação e o crescimento microbiano ruminal em razão do efeito protetor da gordura sobre as fibras impedindo a aderência bacteriana e o acesso de suas enzimas fibrolíticas ao substrato (KOZLOSKI, 2002).

A biohidrogenação dos ácidos linoleico e α -linolênico envolve uma isomerização inicial que resulta na formação dos AG *cis*-9, *trans*-11 C18:2 e *cis*-9, *trans*-11, *cis*-15 C18:3, respectivamente. Com a hidrogenação de suas ligações *cis*, ocorre a formação de ácido vacênico (*trans*-11 C18:1). E, finalmente, este último é hidrogenado a ácido esteárico (C18:0), produto em comum da biohidrogenação de

ambos ácido linoleico e α -linolênico (HARFOOT; HAZLEWOOD, 1997; BAUMAN et al., 1999). Como resultado dessa transformação, os AG contidos em lípideos no rúmen e em compartimentos pós-rúmen são diferentes daqueles provenientes da dieta, sendo marcadamente ricos em ácido esteárico proveniente principalmente dos ácidos linoleico e linolênico da dieta.

Nem todas as bactérias possuem atividade lipolítica, sendo que o mesmo acontece para os protozoários do rúmen. As taxas de lipólise e biohidrogenação são menores em situações de alta concentração de grão na dieta, resultando em um maior escape de AG insaturados. A extensão da lipólise é dependente também da natureza do lipídeo da dieta, sendo que óleos de plantas, assim como óleo de linhaça (que possui o maior grau de insaturação dos óleos vegetais), são quase que completamente hidrolisados (em torno de 90%) enquanto que os óleos de peixes tendem a ser menos hidrolisados (em torno de 50%; CHURCH, 1988).

O uso de óleo como fonte de alimento apresenta efeitos desejáveis em ruminantes, como inibição da produção de metano, redução da concentração de NH_3 ruminal, aumento na eficiência da síntese microbiana e aumento de ácido linoleico conjugado no leite, que tem sido considerado um importante agente anticarcinogênico (LIN et al., 1995). Por outro lado, a suplementação de óleos pode apresentar efeitos indesejáveis, como a redução na digestibilidade da matéria seca (MS), na relação acetato:propionato e na gordura do leite em vacas (VARGAS et al., 2002; LOOR et al., 2005; ARMENTANO, 2011), sendo que esta última redução não é observada em cabras e ovelhas quando alimentadas com fontes lipídicas na dieta (CHILLIARD et al., 2003). Entretanto, estudos que utilizaram fontes sintéticas de *trans*-10 CLA na dieta de ovelhas, serviram para corroborar que este efeito de diminuição na gordura do leite também ocorre em pequenos ruminantes quando há alta concentração (2,4 g/d) desses AG na fonte (LOCK et al., 2006; SINCLAIR et al., 2007).

2.2 Efeitos da inclusão de lipídeos na dieta de ruminantes em lactação

Um dos objetivos de se fornecer suplementos lipídicos em dietas para animais lactantes é o de aumentar a densidade energética da dieta e reduzir a mobilização corpórea. Em muitos casos tem sido difícil suprir a fêmea lactante adequadamente, o que resulta num balanço energético negativo que afeta a produção de leite e o

crescimento de suas crias (HORTON et al., 1992). De acordo com Palmquist e Jenkins (1980), grande quantidade de gordura adicionada na dieta (mais que 5% da MS total) aumenta a concentração plasmática de triglicerídeos e conseqüentemente lipoproteínas de muito baixa densidade, as quais aumentam a sua utilização pela glândula mamária com inibição da síntese de AG de cadeia curta (AGCC) com conseqüentes mudanças na composição de AG do leite.

Nos ruminantes aproximadamente metade dos AG presentes no leite são provenientes da síntese *de novo*, ou seja, são sintetizados na própria glândula mamária (BAUMAN; DAVIS, 1974). Enquanto que a glicose é utilizada na síntese *de novo* em não-ruminantes, os ruminantes utilizam acetato proveniente da fermentação ruminal de carboidratos como principal fonte de carbono. Além disso, o β -hidroxibutirato (produzido pelo epitélio ruminal a partir do butirato absorvido) é responsável por suprir metade dos primeiros quatro carbonos da síntese de AG nos ruminantes (BAUMAN; GRIINARI, 2003). Ácidos graxos de cadeia longa (AGCL) provenientes da absorção intestinal e da mobilização de gordura podem ser diretamente utilizados na produção de gordura do leite (BARBER et al., 1997; BAUMAN; DAVIS, 1974). Além disso, quando estes AG são fornecidos na dieta (como os óleos vegetais) há um aumento destes no leite, enquanto que há queda na concentração de AGCC (ARMENTANO, 2011).

Os AG *trans* da gordura do leite dos ruminantes são originados da hidrogenação ruminal de AG poliinsaturados ingeridos. O CLA é um precursor do ácido *trans* vacênico (*trans*-11 C18:1) no rúmen e seu isômero predominante na gordura de ruminantes é o *cis*-9, *trans*-11 C18:2. Este CLA possui origem bacteriana no rúmen como intermediário da biohidrogenação do ácido linoleico e também pode ser sintetizado pela conversão de *trans*-11 C18:1 pela enzima Δ 9-dessaturase na glândula mamária (GRIINARI; BAUMAN, 1999). O mecanismo de ação desta enzima consiste na introdução de uma ligação dupla *cis* entre os carbonos 9 e 10 dos AG. Os compostos estearoil-CoA e palmitoil-CoA são os principais substratos para a enzima Δ 9-dessaturase, e os AG produzidos nesta reação são componentes importantes de fosfolipídeos e triglicerídeos, particularmente para a manutenção da fluidez de membrana (BAUMAN et al., 1999).

Ácidos graxos bioativos (como o *trans*-10, *cis*-12 CLA) quando fornecidos em altas quantidades são responsáveis pela diminuição da gordura do leite em vacas (BAUMGARD et al., 2000, 2002) e ovelhas (LOCK et al., 2006; SINCLAIR et al.,

2007). Os óleos possuem maior quantidade de AG insaturados e são conhecidos como “rúmen-ativos”, ou seja, são aqueles que geram AG bioativos. Estes derivados bioativos estão presentes em pequenas quantidades na gordura da dieta, porém seu efeito é potente. Se somente a quantidade desses elementos bioativos for aumentada na dieta, estes irão diminuir a síntese de AGCC na glândula mamária e a captação de AGCL do sangue, cujo processo ainda é desconhecido. Portanto, eles diminuem a quantidade de ambos os tipos de AG e conseqüentemente a quantidade de gordura no leite. Segundo Baumgard et al. (2000) esta queda de gordura no leite proporcionada pelo aumento de AG bioativos deve ser devido à inibição da atividade ou síntese de enzimas chaves envolvidas na síntese *de novo* de AG na glândula mamária, como a acetil-Co-A carboxilase e AG sintetase.

Os isômeros de CLA que contem dupla ligação no carbono 10 parecem ser a chave da redução de síntese de gordura do leite (BAUMGARD et al., 2000). A infusão de mistura de isômeros de CLA no abomaso diminui a concentração de gordura no leite de vacas lactantes em que houve principalmente aumento na concentração de *trans*-10 C18:1 (GRIINARI; BAUMAN, 1999; BAUMGARD et al., 2000), sendo que a biohidrogenação ruminal de *trans*-10, *cis*-12 CLA é a principal fonte deste AG (GRIINARI et al., 1998). Estes últimos autores também encontraram que a redução de gordura do leite corresponde a um aumento na quantidade de *trans*-10 C18:1 e sugeriram que este isômero ou metabólitos relacionados seriam os responsáveis pela diminuição da gordura. Baumgard et al. (2000) e Griinari et al. (1999) encontraram que as concentrações ruminais de *trans*-10, *cis*-12 CLA são negativamente correlacionadas com a porcentagem de gordura no leite enquanto que o *cis*-9, *trans*-11 CLA não causou efeito. Apesar destes resultados, a redução da gordura do leite não é comumente encontrada em pequenos ruminantes devido, possivelmente, à menor sensibilidade do AG *trans*-10, *cis*-12 CLA pelas enzimas lipogênicas na glândula (CHILLIARD et al., 2003), pois diminuição na produção de gordura no leite desses animais foi observada quando fontes sintéticas desses AG foram fornecidas em altas concentrações (LOCK et al., 2006; SINCLAIR et al., 2007).

Alguns estudos com vacas têm utilizado a manipulação da dieta para influenciar a composição de AG do leite com o objetivo de reduzir as concentrações de AG saturados e aumentar a de poliinsaturados. O aumento da concentração de AG mais saudáveis no leite, como o CLA, é de particular interesse devido ao seu

papel na prevenção de alguns problemas de saúde humana (PARODI, 1999). Estes efeitos benéficos do CLA foram reconhecidos pela “National Academy of Science” em seu relatório “Carcinogens and Anticarcinogens in the Human Diet”, confirmando que o CLA é o único AG que certamente inibe a carcinogênese em animais experimentais (NRC, 1996). AbuGhazaleh et al. (2002) afirmaram que os CLA são AG que ocorrem naturalmente em alimentos derivados de ruminantes. Um estudo realizado por Ip et al. (1999) demonstrou que o *cis*-9, *trans*-11 CLA, que representa mais de 82% do CLA em produtos lácteos, reduz a incidência de tumor de mama em ratos quando adicionados na dieta ou consumidos como componente natural de manteigas (HARFOOT; HAZLEWOOD, 1997).

2.3 Óleos de canola e linhaça

2.3.1 Canola

Canola é um termo genérico internacional e seu nome é derivado de “CANadian Oil Low Acid”. Foi desenvolvida por melhoramento genético convencional da colza em 1987 e sua descrição oficial é: “...um óleo que deve possuir menos de 2% de ácido erúxico e, cada grama de componente sólido da semente seco ao ar deve apresentar o máximo de 30 micromoles de glucosinolatos por grama de matéria seca”. Ácido erúxico e glucosinolatos são medianamente tóxicos em alta quantidade e, estão presentes no óleo de colza (THOMAS, 2003).

No Brasil cultiva-se apenas canola de primavera, da espécie *Brassica napus* L. variedade oleífera. O cultivo de canola se encaixa bem nos sistemas de produção de grãos, constituindo excelente opção de cultivo de inverno na região Sul, por poder ser intercalada com leguminosas, como a soja e o feijão, e gramíneas, como o milho e outros cereais. Por entrar no sistema de produção de forma semelhante ao trigo na região Sul, podemos assumir que a área plantada com canola no Brasil pode atingir pelo menos o tamanho da área plantada com trigo, que é de aproximadamente dois milhões de hectares (TOMM, 2005; 2007).

O óleo de canola é rico em ácido oleico (Tabela 1) e é considerado um alimento saudável, pois apresenta elevada quantidade de AG da família ômega 3 (*n*-3: que reduz triglicerídeos e controla arteriosclerose), vitamina E e o menor teor de

gordura saturada de todos os óleos vegetais. Contém AG ômega 6 (*n*-6) e *n*-3 na proporção de 2:1, considerado o óleo mais rico em *n*-3 após o óleo de linhaça. O óleo de canola é um dos óleos mais saudáveis para o coração e há registro de que reduz os teores de colesterol, de triacilglicerol e mantém as plaquetas saudáveis (FALLON; ENIG, 2002).

Tabela 1 - Composição de ácidos graxos nos óleos vegetais

ÓLEOS	C16:0 (palmítico)	C18:0 (esteárico)	C18:1 (oleico)	C18:2 (linoleico)	C18:3 (linolênico)
Canola	4,0	1,6	57,1	23,9	9,6
Linhaça	5,5	3,9	19,9	14,1	55,3
Milho	13,0	2,0	26,4	52,5	1,7
Soja	10,9	4,0	21,5	53,5	7,3

Fonte: National Research Council - NRC (2007).

2.3.2 Linhaça

A linhaça é a semente do linho (*Linum usitatissimum*) e apesar do seu consumo ser relativamente novo, esta é uma das sementes oleaginosas mais tradicionais. Foi cultivada na Mesopotâmia há milhares de anos de acordo com relatos antigos datados de 5.000 anos a.C. Trata-se de uma planta anual, pertencente à família das Lináceas e sua semeadura no Brasil ocorre no outono e inverno, principalmente no Rio Grande do Sul. Esta semente é rica em AG essenciais, com elevado teor de lipídeos (em torno de 32 a 38%) e o seu óleo também pode ser utilizado na indústria de cosméticos e em farmácias de manipulação (TRUCOM, 2006).

Os ácidos α -linolênico e linoleico são considerados AG essenciais e precursores dos demais ácidos da família *n*-3 e *n*-6, respectivamente. O ácido linoleico pode ser encontrado em abundância nos óleos de milho, girassol, soja, dentre outros, enquanto o α -linolênico é encontrado em concentrações elevadas na semente de linhaça, em teores percentuais que variam de 44,6 a 51,5% do total de AG (VISENTAINER et al., 2003).

2.4 Aspectos reprodutivos e os efeitos da suplementação lipídica

Está bem estabelecido que as raças de ovinos com origem de clima temperado são estacionais e que a variação do fotoperíodo ao longo do ano influencia o seu ciclo reprodutivo. Por outro lado, em ambientes tropicais e sub-tropicais as ovelhas não são estacionais e, neste caso, a qualidade e quantidade do alimento influenciam a sua atividade reprodutiva (ROSA; BRYANT, 2003). Quando o estro é sincronizado, a maioria dos animais concebem ao mesmo tempo e, como consequência o período de parição se concentra num intervalo de tempo mais curto. Geralmente, após a sincronização as ovelhas são montadas e aquelas que não conceberem neste período continuam sincronizadas e retornam ao estro em média 16 a 17 dias após a primeira monta. Aquelas ovelhas que forem cobertas no mesmo dia provavelmente terão uma diferença de sete dias no período de parição (INSKEEP et al.¹). Desta forma, o produtor que utilizar da sincronização de estro consegue se programar da forma mais conveniente, de acordo com a exigência e demanda do mercado, obtendo cordeiros nascidos num mesmo período, em lotes mais homogêneos. Além disso, a sincronização de estro permite adequação do manejo alimentar em função do estado fisiológico dos animais, que pode auxiliar na diminuição da mortalidade pré-natal (FREITAS; RUBIANES, 2008).

O consumo de energia inadequado e a condição corporal baixa podem afetar a reprodução de forma negativa. A suplementação lipídica tem sido utilizada para aumentar a densidade energética da dieta e reduzir estes efeitos negativos associados à reprodução. A utilização de lipídeos na dieta também pode proporcionar efeitos que não são dependentes da energia contida nesta e, tem mostrado efeitos positivos em diversos tecidos como o hipotálamo, hipófise anterior, ovário e útero. O efeito no tecido afetado parece estar dependente do perfil de AG presente na fonte lipídica utilizada (FUNSTON, 2004). Associado a isto, os AG tem um importante papel na atividade e mudanças das propriedades biofísicas de membranas, como fluidez e proliferação celular, já que os lipídeos fazem parte da composição destas e o tamanho da cadeia de carbonos e o número e posição das duplas ligações de seus AG influenciam nas suas propriedades (BILBY et al., 2006).

¹ INSKEEP, K.; KNIGHTS, M.; RAMBOLDT, T.; D'SOUZA, K. **Using the EAZI-breed CIDR-G for out-of-season breeding in ewes**. Morgantown: Division of Animal Science and Nutritional Sciences, Unpublished.

O ácido linoleico e α -linolênico não podem ser sintetizados pelos mamíferos e são precursores necessários para a síntese de outros produtos, sendo assim essenciais e precisam ser obtidos de material alimentar vegetal, já que os vegetais conseguem sintetizá-los. A oxidação dos AG ocorre pela remoção oxidativa e sucessiva de unidades de dois átomos de carbono (acetil-CoA), porém a sua biossíntese ocorre por vias e conjuntos de enzimas totalmente diferentes em compartimentos distintos da célula. No processo sintético, todas as reações são catalisadas por um complexo multienzimático, a AG sintetase. Os AG com 20 átomos de carbono são sintetizados a partir dos ácidos linoleico e linolênico por meio de reações de alongamento (NELSON; COX, 2005).

Todos eicosanoides são derivados do ácido araquidônico (C 20:4) e são divididos em três classes: prostaglandinas, tromboxanos e leucotrienos. As prostaglandinas agem em muitos tecidos regulando a síntese da molécula cAMP que é mediadora na ação de hormônios (NELSON; COX, 2005) e, alguns AG poliinsaturados servem como substratos para a sua síntese. O ácido linoleico pode ser dessaturado e alongado para formar o ácido dihomo γ -linolênico (C20:3), que serve como precursor imediato das prostaglandinas da série 1 ou ainda pode ser dessaturado a ácido araquidônico (C20:4), que é um precursor imediato das prostaglandinas da série 2. O ácido α -linolênico pode ser dessaturado e alongado para formar o ácido eicosapentaenoico (C20:5) que serve como precursor das prostaglandinas da série 3 (STAPLES; BURKE; THATCHER, 1998), que podem ser favoráveis ao desenvolvimento ovocitário (MAREI; WATHES; FOULADI-NASHTA, 2009).

Segundo Hess et al. (2008), a possível causa dos efeitos benéficos causados pela suplementação de fontes ricas em ácido linolênico em vacas seria a dessaturação e alongação do C18:3 *n*-3 a C20:5 *n*-3 (EPA) nos tecidos do útero, o que resulta em reduzida síntese de PGF₂ α no endométrio, devido a competição com o ácido araquidônico pela mesma enzima que a sintetiza. Os ácidos linoleico e linolênico tem mostrado efeito inibidor na conversão de araquidônico (C20:4) a prostaglandinas e, se baixas concentrações destes AG atingem os tecidos do ovário, a síntese de PGF₂ α pode ser estimulada, causando regressão precoce do corpo lúteo e ciclos estrais mais curtos (STAPLES; BURKE; THATCHER, 1998). Porém, as prostaglandinas tem um importante papel no reestabelecimento de ciclos estrais após a parição até que uma nova concepção ocorra e, quando esta acontecer, a

PGF2 α deve ser bloqueada para que o corpo lúteo não regrida e para que então a gestação seja mantida. Deste modo, ao utilizar AG na dieta com objetivo de promover efeitos nas funções ovarianas e uterinas, pode-se melhorar de forma eficiente o manejo reprodutivo e a fertilidade do rebanho (STAPLES; BURKE; THATCHER, 1998). Porém, efeitos maléficos da suplementação de AG poliinsaturados no desenvolvimento de ovócitos e embriões *in vitro* tem sido observados (NONOGAKI et al., 1994; MAREI; WATHES; FOULADI-NASHTA, 2009) e na qualidade ovocitária de vacas em lactação (BILBY et al., 2006).

As células da granulosa e os ovócitos são ricos em AG, que são mais saturados que aqueles presentes no plasma sanguíneo, indicando que há um mecanismo de seleção na sua absorção. Estes AG também atuam como fonte de energia durante a maturação ovocitária e durante o desenvolvimento embrionário antes da implantação, sendo que desta forma a sua oxidação é essencial para formar blastocistos após a fertilização (WATHES; ABAYASEKARA; AITKEN, 2007). Funston (2004) ao revisar trabalhos que estudaram o desempenho reprodutivo de vacas utilizando fontes lipídicas, encontrou que a maioria suplementou aproximadamente 5% de gordura e afirmou que ainda não está claro qual a quantidade suficiente para desencadear efeitos positivos ou negativos na reprodução.

Os hormônios esteroides, como a progesterona, são derivados oxidados dos esteróis e ligam-se a proteínas receptoras altamente específicas no núcleo das células do tecido-alvo, induzindo modificações na expressão gênica e no metabolismo. Estes hormônios tem alta afinidade por seus receptores e, por isso, concentrações muito baixas são suficientes pra produzir respostas (NELSON; COX, 2005). O aumento da concentração de colesterol circulante está associado com melhora no desempenho reprodutivo, como maiores taxas de concepção de fêmeas em lactação (STAPLES; BURKE; THATCHER, 1998). A teoria da diminuição do metabolismo dos esteroides é atualmente uma das mais discutidas para explicar as maiores concentrações de esteroides nos animais suplementados com lipídeos (SARTORI; GUARDIEIRO; 2010).

Alguns autores observaram diminuição no desempenho reprodutivo em vacas, e que os seus efeitos geralmente estavam associados com aumento na produção de leite (STAPLES; BURKE; THATCHER, 1998). Vacas de alta produção de leite em lactação geralmente tem baixas concentrações de estradiol e progesterona no

plasma sanguíneo quando comparadas com vacas não lactantes e novilhas em crescimento (SARTORI et al., 2004; WILTBANK et al., 2006). Neste contexto, Wiltbank et al. (2006) afirmaram que o alto consumo de alimento pelas vacas de alta produção é o principal responsável por afetar o metabolismo hepático, que auxilia na diminuição das concentrações de progesterona e de estradiol. Em ovelhas, os efeitos da adição de lipídeos na reprodução ainda não estão elucidados e mais estudos precisam ser realizados com ênfase na taxa de prenhez e na fertilização *in vitro*, uma vez que em vacas suplementadas com lipídeos os resultados observados são contraditórios.

Referências

ABUGHAZALEH, A.A.; SCHINGOETHE, D.J.; HIPPEN, A.R.; KALSCHEUR, K.F.; WHITLOCK, L.A. Fatty acid profiles of milk and rumen digesta from cows fed fish oil, extruded soybeans or their blend. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 85, p. 2266–2276, 2002.

ARMENTANO, L. How different dietary fatty acids affect milk fat production. In: STATE DAIRY NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE PROGRAM, 4., 2011, Dubuque. **Proceedings...** Dubuque: Wisconsin Agri-Service Association, 2011. p. 82-87.

BARBER, M.C.; CLEGG, R.A.; TRAVERS, M.T.; VERNON, R.G. Lipid metabolism in the lactating mammary gland. **Biochimica et Biophysica Acta**, Oakland, v. 1347, p. 101–126, 1997.

BAUMAN, D.E.; DAVIS, C.L. Biosynthesis of milk fat. In: LARSON, B.L.; SMITH, V.R. (Ed.). **Lactation: a comprehensive treatise**. New York: Academic Press, 1974. v. 2, p. 31–75.

BAUMAN, D.E.; GRIINARI, J.M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. **Annual Reviews of Nutrition**, Palo Alto, v. 23, p. 203-227, 2003.

BAUMAN, D.E.; BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A.; GRIINARI, J.M. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. In: ASAS ANNUAL MEETING, 1999, Indianapolis. **Proceedings...** Indianapolis: American Society of Animal Science, 1999. p. 1-15.

BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A.; DWYER, D.A.; SAEBO, A.; BAUMAN, D.E. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 278, p. R179-R184, 2000.

BAUMGARD, L.H.; MATITASHVILI, E.; CORL, B.A.; DWYER, D.A.; BAUMAN, D.E. *Trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 85, p. 2155-2163, 2002.

BILBY, T.R.; BLOCK, J.; AMARAL, B.C.do; SA FILHO, O.; SILVESTRE, F.T.; HANSEN, P.J.; STAPLES, C.R.; THATCHER, W.W. Effects of dietary unsaturated fatty acids on oocyte quality and follicular development in lactating dairy cows in summer. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 89, p. 3891-3903, 2006.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J.; LAMBERET, G. A Review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 86, p. 1751–1770, 2003.

CHURCH, D.C. **The ruminant animal: digestive, physiology and nutrition.** Englewood Cliffs: Waveland Press, 1988. 543 p.

FALLON, S.; ENIG, M.G. **The great canola: health topics – know your fats.** Disponível em: <www.westonaprice.org/The-Great-Con-ola.html>, 2002. Acesso em: 19 out. 2010.

FREITAS, V.J.F.; RUBIANES, E. Preparação das fêmeas: detecção e controle do estro e da ovulação. In: AISEN, E.G. **Reprodução ovina e caprina.** São Paulo: MedVet, 2008. p. 203.

FUNSTON, R.N. Fat supplementation and reproduction in beef females. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.82, p.E154-E161, 2004.

GRIINARI, J.M.; BAUMAN, D.E. Biosynthesis of conjugated linoleic acid and its incorporation into meat and milk in ruminants. In: YURAWECZ, M.P.; MOSSOBA, M.M.; KRAMER, J.K.G.; PARIZA, M.W.; NELSON, G.J. **Advances in conjugated linoleic acid research.** Champaign: The American Oil Chemists Society, 1999. v. 1, p. 180–200.

GRIINARI, J.M.; NURMELA, K.V.V.; DWYER, D.A.; BARBANO, D.M.; BAUMAN, D.E. Variation of milk fat concentration of conjugated linoleic acid and milk fat percentage is associated with a change in ruminal biohydrogenation (Abstract). **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, p. 117–118, 1999.

GRIINARI, J.M.; DWYER, D.A.; MCGUIRE, M.A.; BAUMAN, D.E.; PALMQUIST, D.L.; NURMELA, K.V.V. *Trans*-octadecenoic acids and milk fat depression in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 81, p. 1251–1261, 1998.

HARFOOT, C.G.; HAZLEWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. **The rumen microbial ecosystem**. London: Chapman & Hall, 1997. p. 382-426.

HESS, B.W.; MOSS, G.E.; RULE, D.C. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 86, p. E188-E204, 2008.

HORTON, G.M.J.; WOHLT, J.E.; PALATINI, D.D.; BALDWIN, J.A. Rumen-protected lipid for lactating ewes and their nursing lambs. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 9, p. 27-36, 1992.

IP, C.; BANNI, S.; ANGIONI, E.; CARTA, G.; MCGINLEY, J.; THOMPSON, H. J.; BARBANO, D.; BAUMAN, D. Conjugated linoleic acid-enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 129, p. 2135-2142, 1999.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: UFSM, 2002. 140 p.

LIN, H.; BOYLSTON, T.D.; CHANG, M.J.; LUEDECKE, L.O.; SHULTZ, T.D. Survey of the conjugated linoleic acid contents of dairy products. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 78, p. 235-2365, 1995.

LOCK, A.L.; TELES, B.M.; PERFIELD, J.W.; BAUMAN, D.E.; SINCLAIR, L.A. A conjugated linoleic acid supplement containing *trans*-10, *cis*-12 reduces milk fat synthesis in lactating sheep. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 89, p. 1525-1532, 2006.

LOOR, J.J.; FERLAY, A.; OLLIER, A.; DOREAU, M.; CHILLIARD, Y. Relationship among trans and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 88, p. 726-740, 2005.

MAREI, W.F.; WATHES, D.C.; FOULADI-NASHTA, A.A. The effect of linolenic acid on bovine oocyte maturation and development. **Biology of Reproduction**, Burlington, v. 81, p. 1064-1072, 2009.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Carcinogens and Anticarcinogens in the human diet**. Washington: National Academic Press, 1996. p. 417 p..

_____. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington: National Academic Press, 2007. 384 p.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger: principles of biochemistry**. New York: Worth Publ., 2005. 930 p.

NONOGAKI, T.; NODA, Y.; GOTO, Y.; KISHI, J.; MORI, T. Developmental blockage of mouse embryos caused by fatty acids. **Journal of Assisted Reproduction and Genetics**, New York, v. 11, p. 482-488, 1994.

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

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

PARODI, P.W. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, p. 1339-1349, 1999.

ROSA, H.J.D.; BRYANT, M.J. Seasonality of reproduction in sheep. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 48, p. 155-171, 2003.

SARTORI, R.; GUARDIEIRO, M.M. Fatores nutricionais associados à reprodução da fêmea bovina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, p. 422-432, 2010.

SARTORI, R.; HAUGHIAN, J.M.; SHAVER, R.D.; ROSA, G.J.M.; WILTBANK, M.C. Comparison of ovarian functions and circulating steroids in estrous cycles of Holstein heifers and lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 87, p. 905-920, 2004.

SILVA, M.M.C.; RODRIGUES, M.T.; BRANCO, R.H.; RODRIGUES, C.A.F.; SARMENTO, J.L.R.; QUEIROZ, A.C.; SILVA, S.P. Suplementação de lipídeos em dietas para cabras em lactação: consumo e eficiência de utilização de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 257-267, 2007.

SINCLAIR, L.A.; LOCK, A.L.; EARLY, R.; BAUMAN, D.E. Effects of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid on ovine milk fat synthesis and cheese properties. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 90, p. 3326-3335, 2007.

STAPLES, C.R.; BURKE, J.M.; THATCHER, W.W. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 81, p. 856-871, 1998.

THOMAS, P. **Canola growers manual**. 2003. Disponível em: <http://www.canolacouncil.org/canola_growers_manual.aspx>. Acesso em: 20 out. 2010.

TOMM, G.O. **Situação em 2005 e perspectivas da cultura de canola no Brasil e em países vizinhos**. 2005. Disponível em: <http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp26.htm>, 2005. Acesso: 17 set. 2010.

_____. **O cultivo de canola**. 2007. Disponível em:
<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Canola/CultivodeCanola/index.htm>>. Acesso em: 17 set. 2010.

TRUCOM, C. **A importância da linhaça na saúde**. 2006. Disponível em:
<www.docelima.com.br/site/linhaça/218-o-que-e-a-linhaça.html>. Acesso em: 18 set. 2010.

VARGAS, L.H.; LANA, R.P.; JHAM, G.N.; SANTOS, F.L.; QUEIROZ, A.C.; MANCIO, A.B. Adição de lipídeos na ração de vacas leiteiras: parâmetros fermentativos ruminais, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 522-529, 2002.

VISENTAINER, J.V.; GOMES, S.T.M.; HAYASHI, C.; SANTOS-JÚNIOR, O.O.; SILVA, A.B.M.; JUSTI, K.C.; SOUZA, N.E.; MATSUSHITA, M. Efeito do tempo de fornecimento de ração suplementada com óleo de linhaça sobre a composição físico-química e de ácidos graxos em cabeças de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 478-484, 2003.

WATHES, D.C.; ABAYASEKARA, D.R.E.; AITKEN, R.J. Polyunsaturated fatty acids in male and female reproduction. **Biology of Reproduction**, Burlington, v. 77, p. 190-201, 2007.

WILTBANK, M.C.; LOPEZ, H.; SARTORI, R.; SANGSRITAVONG, S.; GUMEN, A. Changes in reproductive physiology of lactating dairy cows due to elevated steroid metabolism. **Theriogenology**, New York, v. 65, p. 17-29, 2006.

3 DESEMPENHO, PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE DE OVELHAS SANTA INÊS ALIMENTADAS COM RAÇÕES CONTENDO ÓLEO DE CANOLA OU LINHAÇA

Resumo

O objetivo no presente trabalho foi avaliar o efeito da adição de óleo de canola (OC) ou linhaça (OL) na dieta de ovelhas em lactação sobre o consumo de matéria seca (CMS), produção, composição química e perfil de ácidos graxos (AG) do leite, AG não esterificados (AGNE) no sangue, além do consumo de concentrado inicial e ganho de peso das crias. Foram utilizadas 33 ovelhas da raça Santa Inês distribuídas em delineamento experimental de blocos completos casualizados. Os óleos foram adicionados a uma ração basal, contendo 50% de volumoso (feno de "coastcross" - *Cynodon dactylon*). As dietas experimentais foram: Controle – sem adição de óleo; Canola – adição de 3% de OC (%MS) e Linhaça - adição de 3% de OL (%MS). Uma vez por semana (da segunda a oitava semana de lactação), as ovelhas foram ordenhadas mecanicamente, num intervalo de 3h e o leite da segunda ordenha foi amostrado para determinação da composição química e do perfil de ácidos graxos (AG). A colheita de sangue para determinação sérica de AGNE foi realizada a cada duas semanas. A desmama foi realizada na oitava semana de lactação. O CMS e nutrientes foi menor pelos animais que receberam as dietas com óleos, com exceção do consumo de extrato etéreo que aumentou. A concentração de AGNE foi maior nas dietas com óleo e não houve diferença entre as dietas quanto à produção e composição química do leite. O fornecimento dos óleos diminuiu a concentração de AG de cadeia curta (C6:0, C8:0, C10:0, C12:0), sendo que os animais alimentados com OC apresentaram menor quantidade de C6:0, C8:0 e C10:0 e, AG de cadeia média (C14:0, C14:1, C15:0 e C16:0) em relação à gordura do leite dos animais alimentados com OL. A suplementação lipídica aumentou a concentração de AG de cadeia longa, sendo que a gordura do leite dos animais alimentados com OC apresentou os maiores valores para C18:0, C18:1 e C18:3 *n*-6, enquanto o OL aumentou *trans*-11 C18:1, *cis*-9 *trans*-11 C18:2 e C18:3 *n*-3. A concentração dos AG insaturados totais, mono e poliinsaturados foi maior na gordura do leite dos animais alimentados com os óleos. A gordura do leite dos animais alimentados com a dieta controle apresentou os maiores valores de AG saturados. A quantidade de ácido linoleico conjugado (CLA) total na gordura do leite foi maior quando os animais foram suplementados com OL que também apresentou os maiores teores de AG da família *n*-3. Os índices de aterogenicidade e da atividade da enzima Δ 9-dessaturase foram maiores quando os animais receberam a ração controle. O OL proporcionou maiores concentrações de *trans*-11 C18:1, *cis*-9, *trans*-11 CLA, CLA total e AG da família *n*-3, mostrando desta forma, efeitos mais saudáveis no perfil de AG da gordura do leite que o OC. A adição de 3% de óleo rico em C18:1 e em C18:3 não afetou a produção e composição química do leite assim como o desempenho das crias, entretanto o óleo de linhaça favoreceu o aumento de AG considerados desejáveis para a saúde humana.

Palavras-chave: Ácidos Graxos; CLA; Linolênico; Lípidios; Oleico; Ovinos

Abstract

The objective in this trial was to determine the effects of feeding diets with canola oil (CO) or linseed oil (LO) on dry matter intake (DMI), milk yield and composition, fatty acids (FA) profile of milk fat, serum non esterified FA (NEFA) of Santa Inês ewes and performance of their lambs. Thirty-three ewes were fed diets containing 50% of roughage (*Cynodon dactylon* hay). The experimental diets included a control (no oil) and two remaining diets with the addition of 3% of CO or LO (DM basis). Ewes were mechanically milked once a week, from the second to the eighth week of lactation (weaning time). Milk production in a 3 hours interval was recorded and sampled for chemical composition and FA profile determination. Blood samples were collected every two weeks for NEFA determination. The addition of oil decreased DMI and increased ether extract intake. NEFA concentration increased in ewes supplemented with oils. Milk yield and chemical composition was not affected by the experimental diets. The addition of oils decreased short chain FA (C6:0, C8:0, C10:0, C12:0), medium chain (C14:0, C15:0, C16:1), saturated FA (SFA), Δ^9 -desaturase enzyme activity and atherogenicity index; and increased C18:0, C18:1 *n*-9, C18:2 *cis*-9, *trans*-11 (CLA), C18:1 *trans*-11, C18:3 *n*-3, long chain, mono and polyunsaturated FA (PUFA) in milk fat. In addition, these diets increased PUFA/SFA ratio compared to control diet. The addition of 3% of CO or LO improved FA profile of milk fat, while LO increased concentration of healthier FA (*trans*-11 C18:1, *cis*-9, *trans*-11 CLA, total CLA and *n*-3 FA).

Keywords: CLA; Fatty Acids; Linolenic; Lipids; Oleic; Sheep

3.1 Introdução

A maior parte do leite ovino produzido no Brasil é destinada para o consumo de cordeiros. Porém, em algumas regiões esse leite é destinado à produção de queijo, iogurte e outros produtos lácteos. Por esse motivo, a relação entre nutrição do animal e qualidade do leite é geralmente avaliada quanto às suas propriedades de coagulação e à tecnologia de alimentos, que é afetada principalmente pela concentração de gordura e proteína (PULINA et al., 2006). Esta concentração de gordura pode ter o seu perfil de AG alterado dependendo da fonte de gordura utilizada na dieta dos animais, que varia bastante no caso dos óleos vegetais. Com isso, estudos tem mostrado a possibilidade de fornecimento de altas concentrações de óleos não protegidos com composição de AG desejada na dieta de ruminantes, em que o perfil de AG da gordura do leite seja modificado, sem no entanto, alterar o desempenho das fêmeas.

Recentemente aumentou-se o interesse em produzir leite com composição de gordura mais saudável que se encaixe na classificação de “alimentos funcionais”, ou seja, que possuem as suas propriedades favoráveis a saúde do consumidor

(BAUMAN; GRIINARI, 2001). Estas características mais saudáveis da gordura do leite correspondem à diminuição do conteúdo de ácido láurico, mirístico e palmítico, devido ao fato destes AG possuírem efeito de hipercolesterolemia e, ao aumento dos teores de CLA, ácido butírico e esfingolipídeos devido ao seu efeito anticarcinogênico (PARODI, 1999, 2005). A principal fonte dietética de CLA para humanos são os produtos lácteos e a carne provenientes de animais ruminantes. O ácido vacênico (*trans*-11 C18:1) tem mostrado benefícios para a saúde pois pode ser convertido pela enzima Δ 9-dessaturase a *cis*-9, *trans*-11 CLA nos tecidos de humanos (GRIINARI et al., 2000; TURPEINEN et al., 2002) e animais (CORL et al., 2001). Com isso, tem-se observado que o leite rico em *cis*-9, *trans*-11 CLA também é geralmente rico em ácido vacênico (GRIINARI et al., 2000).

Nos últimos anos, o principal interesse tem sido o CLA devido aos seus efeitos benéficos nos animais (IP et al., 1994) e em humanos (PARODI, 1999, 2005). Neste contexto, com a tentativa de satisfazer as novas demandas de mercado, seria interessante a alteração da composição do perfil de AG da gordura do leite, a fim de melhorar os valores nutricionais do leite com efeito benéfico à saúde dos consumidores. Diversos óleos vegetais e sementes oleaginosas tem sido estudados em dietas de cabras (CHILLIARD et al., 2003) e vacas (HE; ARMENTANO, 2011) com o objetivo de aumentar a concentração destes AG saudáveis para o consumo humano, incluindo também aqueles pertencentes à família omega 3 (*n*-3). No entanto, poucos experimentos tem sido conduzidos nesta área com ovelhas lactantes (PULINA et al., 2006).

O ácido linoleico (C18:2) predomina na maioria das sementes oleaginosas, sendo que o óleo de linhaça e canola constituem-se em exceções possuindo alta quantidade de AG linolênico (C18:3) e oleico (C18:1), respectivamente (PALMQUIST; JENKINS, 1980). A suplementação destes óleos em ovelhas em lactação pode ser usada como estratégia nutricional para reduzir as concentrações de AGCC e saturados, assim como para aumentar AGCL e poliinsaturados no leite e queijo (ZHANG; MUSTAFA; ZHAO, 2006), inclusive ácido vacênico como precursor de CLA (CHILLIARD et al., 2003; BU et al., 2007). Com isso, a utilização dessas fontes lipídicas neste trabalho teve como objetivo alterar o perfil de AG da gordura do leite dos animais tornando-o mais saudável para os seus consumidores (cordeiros ou seres humanos), sem que no entanto o desempenho dos animais fosse alterado.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Local do experimento, animais e condições experimentais

O experimento foi conduzido no Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/ USP) na cidade de Piracicaba - SP.

Foram utilizadas 33 ovelhas da raça Santa Inês individualmente confinadas com sua(s) respectiva(s) cria(s) em baias cobertas, com piso de concreto (1,3 x 3,5m), cochos para fornecimento de ração, de mistura mineral e bebedouro. No início do experimento os animais apresentaram peso corporal médio de 64,0 kg (erro padrão da média: 1,70). Todas as matrizes foram everminadas no dia do parto com moxidectina (Cydectin, Fort Dodge Saúde Animal, Campinas, SP, Brasil) na dosagem de 1 mL/50 kg de peso corporal. Seis ovelhas tiveram parto duplo e 27 ovelhas tiveram parto simples, totalizando 21 fêmeas e 18 machos.

Em cada baia foi colocado um comedouro para as crias contido dentro de gaiolas metálicas de 1,0 x 0,80 m, onde somente estas tinham acesso ao concentrado inicial (*creep feeding*). As crias eram presas ao alimentador privativo por meio de cordas, cujo comprimento permitia o acesso ao concentrado inicial, água, sal mineral e ao espaço livre da baia até 15 cm de distância do cocho das mães, de modo que as crias não tivessem acesso ao alimento materno.

3.2.2 Período experimental, rações e análises bromatológicas

O experimento ocorreu da segunda até a oitava semana de lactação, época do desmame dos cordeiros. As rações experimentais (Tabela 2) foram formuladas para serem isonitrogenadas, atendendo as exigências de ovelhas em lactação (NRC, 2007).

Foi testada uma dieta controle *versus* a inclusão de 3% (base na MS) de óleo de canola ou linhaça em rações com relação volumoso:concentrado de 1:1. A proporção dos ingredientes, assim como a composição química das dietas experimentais com óleo foram similares, tendo em vista que apenas a fonte de lipídeo foi alterada.

Tabela 2 - Proporção de ingredientes e composição química das rações experimentais

Ingredientes (% da MS)	Dietas	
	Controle	Óleos ¹
Feno "Coastcross"	50,0	50,0
Milho Moído	37,8	34,4
Farelo de Soja	10,1	10,5
Óleos	-	3,0
Ureia	0,4	0,4
Calcário	0,6	0,6
Mistura Mineral ²	1,1	1,1
Composição Química (%)		
Matéria Seca	88,7	89,4
Proteína Bruta	12,9	13,1
Fibra em Detergente Neutro	55,0	52,6
Extrato Etéreo	1,6	4,9
Energia Líquida (Mcal/kg de MS) ³	1,4	1,5

¹Inclusão de 3% de óleo de canola ou linhaça.

² Composição: Ca 13,4%, P 7,5%, Mg 1%, S 7%, Cl 21,8%, Na 14,5%, Mn 1100 mg/kg, Fe 500 mg/kg, Zn 4600 mg/kg, Cu 300 mg/kg, Co 40 mg/kg, I 55 mg/kg, Se 30 mg/kg.

³ Estimada usando o *Small Ruminant Nutrition System*, v. 1.8.6 (CANNAS et al., 2004)

O milho e o feno foram moídos em moinho da marca Nogueira[®] (modelo DPM-4, Itapira, SP, Brasil) desprovido de peneira, caracterizando uma moagem grosseira. Todos os ingredientes do concentrado foram previamente pesados e homogeneizados em um misturador horizontal (Lucato[®], Limeira, SP, Brasil) com capacidade para 500 kg. O óleo foi pesado diariamente em balança eletrônica com precisão de 5 gramas e misturado ao concentrado momentos antes da oferta, juntamente com o feno.

Com relação à composição dos óleos utilizados, o óleo de canola apresentou maior concentração de ácido oleico enquanto o óleo de linhaça foi superior em ácido linolênico (Tabela 3).

Tabela 3 - Perfil de ácidos graxos (AG) dos óleos de canola e linhaça utilizados no experimento

AG (g/100g de AG)	Canola	Linhaça
C16:0 (Palmítico)	4,41	4,94
C18:0 (Esteárico)	2,53	3,47
C18:1 (Oleico)	57,37	18,23
C18:2 (Linoleico)	17,27	15,31
C18:3 <i>n</i> -3 (Linolênico)	5,32	52,03
C18:3 <i>n</i> -6 (γ -Linolênico)	0,05	0,02
Outros	13,05	6,00

As dietas experimentais foram fornecidas diariamente, garantindo o consumo à vontade da ração. As sobras de alimentos de cada baia foram quantificadas semanalmente, possibilitando o cálculo do consumo médio diário. Aproximadamente, 10% das sobras de cada semana foram amostradas e compostas por tratamento. As amostras das sobras, ingredientes e de cada partida de ração foram conservadas a -20°C para a determinação da composição química no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP.

Depois de descongeladas, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de crivos de 1 mm, para posterior determinação da MS, matéria mineral, proteína bruta, fibra em detergente neutro e extrato etéreo segundo a Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2000). A matéria orgânica foi calculada pela diferença entre a MS e a matéria mineral.

O teor de matéria seca foi obtido em estufa de circulação de ar a 105°C por 3 horas. Enquanto que para a determinação do teor de fibra em detergente neutro foi utilizado sulfito de sódio e enzima α -amilase termoestável (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991) com o auxílio do analisador de fibra modelo ANKON Fiber Analyser (ANKON® Technology Corp., Macedon, NY, EUA), como descrito por Holden (1999). Os valores obtidos foram corrigidos para cinzas após a incineração dos resíduos. Para obtenção das cinzas, as amostras foram incineradas em forno a 600°C por 3 horas (AOAC, 2000).

A determinação do nitrogênio total foi realizada com base na combustão das amostras pelo analisador da marca LECO® (St Joseph, MI, EUA), modelo FP 528 com temperatura para combustão de 835°C (WILES; GRAY; KISSLING, 1998). O teor de proteína bruta foi obtido por meio da multiplicação do teor de nitrogênio total

por 6,25. O teor de extrato etéreo foi obtido pelo método indicado pela AOAC (2000), com a utilização de éter acidificado.

3.2.3 Colheita de dados e cálculos

Uma vez por semana, as ovelhas foram separadas de suas crias e ordenhadas mecanicamente às 10h e 13h, após a aplicação intravenosa de 10 unidades internacionais de ocitocina sintética injetável (Univet, São Paulo, SP, Brasil). O leite obtido na primeira ordenha foi descartado. Decorridas três horas, as ovelhas receberam nova aplicação de ocitocina, e em seguida foram ordenhadas pela segunda vez. O total de leite produzido por ovelha neste intervalo de 3 horas foi pesado, registrado e amostrado (SUSIN; LOERCH; McCLURE, 1995).

Uma amostra de leite (cerca de 30 mL) por animal obtido na segunda ordenha foi colhida e conservada em 2-bromo-2-nitropropano-1-3-diol para posterior determinação de proteína, gordura, lactose e sólidos totais no Laboratório de Análise de Leite, da Clínica do Leite, do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP. As concentrações de proteína, gordura, lactose e sólidos totais foram determinadas por absorção infravermelha, utilizando-se o equipamento Bentley 2000[®] (BENTLEY INSTRUMENTS, Chasca, MI, EUA). Os cálculos de correção do leite para gordura (6,5%) e proteína (5,8%) foram realizados de acordo com o descrito por Pulina e Nuda (2002). As equações utilizadas foram:

$$\text{LCG (6,5\%)} = \text{Produção} \times (0,37 + 0,097 \times \text{gordura})$$

$$\text{LCGP (6,5 e 5,8\%)} = \text{Produção} \times (0,25 + 0,085 \times \text{gordura} + 0,035 \times \text{proteína})$$

Sendo:

LCG: leite corrigido para gordura.

LCGP: leite corrigido para gordura e proteína.

Produção de leite expressa em kg.

Teor de gordura e proteína expresso em %.

Conjuntamente com o experimento da produção e composição do leite, foi avaliado o desempenho das crias, visando verificar o efeito da inclusão dos óleos na dieta das mães sobre o ganho de peso médio diário (GMD) e consumo de concentrado inicial das crias (CCI).

O concentrado inicial oferecido às crias continha 70% de milho; 23,9% de farelo de soja; 1,5% de calcário; 1% de mistura mineral e 3,6% de melaço de cana, todos

em base da MS. O concentrado foi fornecido a partir da segunda semana de idade das crias, sempre que necessário, e regulado de acordo com a ingestão observada, permitindo-se o consumo à vontade. As sobras foram pesadas semanalmente para o cálculo do consumo. O peso corporal (PC) das crias, com jejum alimentar de aproximadamente 3 horas, e o CCI foram acompanhados semanalmente, até as crias completarem oito semanas de vida. Na oitava semana pós-parto, os animais foram desmamados, sendo que o PC e o CCI foram monitorados por mais duas semanas. Desta forma, foi possível acompanhar o GMD e o CCI das crias antes e duas semanas após o desmame.

3.2.3.1 Determinação do perfil de ácidos graxos da gordura do leite

Uma segunda amostra (aproximadamente 30% do volume da produção em 3 horas) foi obtida do leite proveniente da segunda ordenha e armazenada em garrafas plásticas, formando amostras compostas por animal e conservadas a -20°C para determinação do perfil de AG. As análises foram realizadas no Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP.

As amostras foram descongeladas em banho maria a uma temperatura de 40°C para extração da gordura (FENG; LOCK; GARNSWORTHY, 2004), que consistiu na centrifugação de 35 mL de leite a 17.200 x g e 4°C por 30 minutos, de modo a se obter apenas a gordura da amostra. Esta gordura foi colocada em tubos de 1,5 mL e centrifugadas novamente a 4.000 rpm a 20°C por 20 minutos. O produto obtido desta segunda centrifugação foi metilado em duas etapas com 2 mL de 0,5M de metóxido de sódio (10 minutos a 50°C), seguido da adição de HCL metanóico (10 minutos a 80°C), como descrito por Kramer et al. (1997) realizada em dois passos: básica e ácida. O produto obtido foi armazenado em frascos de vidro de cor âmbar de 2 mL com injeção de gás nitrogênio no momento da embalagem.

Para a quantificação e determinação dos AG foi utilizado um cromatógrafo gasoso (Agilent Technologies 7890A, Palo Alto, CA, EUA) com detector de ionização de chama (Agilent Technologies, 7683B, Palo Alto, CA, EUA); e coluna capilar de sílica fundida (J & W 112-88A7, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA) de 100 m de comprimento e 250 µm de diâmetro interno, revestido com 0,20 µm de cianopropil polisiloxano. A aquisição de dados foi realizada por meio do software ChemStation (Agilent Technologies, Palo Alto, CA, EUA).

Para a separação cromatográfica, 1 µL da amostra foi injetada com o auxílio de uma seringa de 10 µL em sistema *split* com razão 1:50. O gás de hidrogênio foi utilizado como gás de arraste numa vazão de 1,0 mL/min e o nitrogênio como make-up com vazão regulada para 30 mL/min. No detector, as vazões do ar sintético e hidrogênio foram mantidas em 300 e 30 mL/min, respectivamente. As temperaturas do injetor e do detector foram 250°C e 255°C, respectivamente.

A temperatura inicial do forno foi de 70°C mantida por 1 minuto, aumentando gradativamente a 5°C/minuto até atingir 100°C, temperatura esta que foi mantida por 2 minutos. Em seguida, com um aumento de 10°C/ minuto, o forno atingiu temperatura de 175°C permanecendo por 40 minutos. A terceira rampa correspondeu a uma temperatura de 225°C através do aumento de 5°C/ minuto. Em seguida a um aumento de 20°C/ minuto, o forno atingiu a temperatura final de 245°C. O tempo total da corrida estipulado para a realização da análise foi de 87,5 minutos.

A identificação dos AG foi realizada pela comparação do tempo de retenção dos ésteres metílicos dos AG dos padrões. Utilizou-se um padrão mix Supelco® de 37 compostos (Sigma Aldrich, St Louis, MO, EUA) e padrões individuais para a identificação dos AG C18:1 *trans*-11, C18:2 *cis*-9, *trans*-11, C18:2 *trans*-10, *cis*-12 (Nu-Chek Prep, Inc., Elysian, MN, EUA).

Foram calculados o índice de aterogenicidade, como descrito por Chilliard et al. (2003): $(C12:0 + 4 \times C14:0 + C16:0) / (\text{insaturados totais})$ e, a relação entre os ácidos miristoleico (C14:1) e mirístico (C14) como representante do índice de atividade da enzima Δ -9 dessaturase (GRIINARI et al., 2000).

3.2.3.2 Determinação de ácidos graxos não esterificados

Amostras de sangue das ovelhas foram colhidas no início do período experimental e a cada duas semanas em tubos tipo Vacutainer® com gel separador inerte para soro, a partir da veia jugular dos animais. Imediatamente após a colheita, os tubos foram centrifugados a 4.000 x g a 4°C por 15 minutos e alíquotas do soro sanguíneo obtido foram colocadas em dois tubos Eppendorf® de 1,5 mL que foram conservados a -20°C para determinação dos AGNE.

As concentrações dos AGNE foram determinadas enzimaticamente através da utilização de “kits” comerciais (NEFA-Linearity Set, Wako Chemicals USA,

Richmond, VR, EUA) modificado por Johnson e Peters (1993), utilizando-se microplacas com volume de 250 μL em aparelho Leitora de Microplacas Expert Plus[®] (BIOCHROM LTD., Cambridge, Reino Unido) com filtro para absorvância de comprimento de luz de 550 nanômetros.

3.2.4 Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados com três tratamentos e 11 repetições, sendo os blocos definidos pelo peso corporal, data do parto, ordem de parto (primípara ou múltipara), tipo do parto (simples ou gemelar) e sexo das crias. Na primeira semana pós-parto foi realizado um controle leiteiro e monitoramento do CMS, em que todas as ovelhas receberam a dieta controle. Os dados da produção de leite e consumo desta primeira semana foram utilizados como covariáveis no modelo de análise de produção e composição do leite e consumo dos animais durante o período experimental.

Os dados foram analisados quanto à sua normalidade ($P > 0,05$), através do teste de Shapiro-Wilk (SAS 9.2, 2008).

O modelo estatístico utilizado para a variável perfil de AG do leite e aquelas relacionadas às crias foi:

$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$, em que: μ = média geral; B_i = efeito do bloco; T_j = efeito da dieta; E_{ij} = erro aleatório.

O modelo estatístico utilizado para as variáveis CMS, produção de leite em três horas, concentração plasmática de AGNE, composição e produção de cada constituinte do leite (gordura, proteína, lactose, sólidos totais) foi:

$y_{ijk} = \mu + t_i + r_j + w_{ij} + s_k + (ts)_{ik} + b(x_{ijk} - \bar{x}) + e_{ijk}$, em que: μ = efeito geral da média; t_i = o efeito fixo da dieta; r_j = é o efeito fixo do bloco; w_{ij} = o resíduo associado à parcela (dieta x bloco); s_k = o efeito da semana; $(ts)_{ik}$ = o efeito da interação entre dieta e semana; b = o coeficiente de regressão linear entre x e y ; x_{ijk} = o valor da covariável obtida na dieta, no bloco e na semana; \bar{x} = a média da variável independente x ; e_{ijk} = o erro experimental, assumindo $e_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma_e^2)$.

As variáveis e respectivas estruturas de covariância que melhor se ajustaram ao conjunto de dados foram: auto regressiva de primeira ordem (AR1) para as variáveis relacionadas ao consumo e AGNE; componentes de variância (CV) para o

conjunto de variáveis relacionadas à produção de leite e teor de seus componentes; e auto-regressiva de primeira ordem com média móvel (ARMA -1,1) para a produção de gordura do leite.

Todos os dados foram analisados utilizando o PROC MIXED do pacote estatístico SAS 9.2 (2008). As médias apresentadas foram comparadas pelo teste de Tukey, sendo consideradas significativas quando $P \leq 0,05$.

Os AG poliinsaturados foram: C18:2 *n*-6, C18:3 *n*-6, C18:3 *n*-3, *cis*-9, *trans*-11 C18:2, *trans*-10, *cis*-12 C18:2, C20:2, C20:3 *n*-6, C20:3 *n*-3, C20:4 *n*-6, C20:5 *n*-3 e C22:6 *n*-3; monoinsaturados: C14:1, C15:1, C16:1, C17:1, *trans*-11 C18:1, C18:1 *n*-9, C20:1, C22:1 *n*-9 e C24:1; saturados: C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C11:0, C12:0, C13:0, C14:0, C15:0, C16:0, C17:0, C18:0, C19:0, C21:0, C23:0 e C24:0; da família *n*-3: C18:3, C20:3, C20:5 e C22:6; da família *n*-6: C18:3, *trans*-10, *cis*-12 C18:2, C20:3 e C20:4.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 AGNE e consumo de nutrientes

A suplementação de óleo utilizado nesse experimento (3% com base na MS) diminuiu o CMS, mas não alterou a produção e a composição química do leite das ovelhas. O perfil de AG da gordura do leite apresentou resultados favoráveis à suplementação, sendo que o desempenho das crias não foi alterado.

A maioria dos alimentos utilizados no arraçoamento de ruminantes, com exceção dos grãos, contem baixas proporções de lipídeos, com valores que variam de 1 a 4% da MS (VAN SOEST, 1994). Dietas convencionais para lactação raramente contem mais que 3,5% de extrato etéreo (PALMQUIST; JENKINS, 1980). Estes autores sugeriram que a inclusão de lipídeos em dietas para ruminantes seja limitada em até 5% da MS total, porém Ferreira (2011) utilizou valores próximos de 7% em dieta de borregos e não observou redução na digestibilidade da fibra de bagaço de cana (10% da dieta).

Tabela 4 – Peso corporal, consumo de MS, nutrientes e concentração sanguínea de AGNE em ovelhas Santa Inês alimentadas com dietas contendo óleos vegetais (3% de óleo de canola ou linhaça, com base na MS)

Variáveis ¹	Dietas			EPM ²	Efeito ^{3,4}		
	Controle	Canola	Linhaça		Dieta	Sem	DietaxSem
PC final (kg)	64,92	64,13	69,34	1,70	0,08	-	-
Consumo							
MS (kg/d)	2,52 ^a	2,27 ^b	2,27 ^b	0,01	0,05	<0,01	0,24
MS (%PC)	3,98 ^a	3,58 ^b	3,51 ^b	0,01	0,02	<0,01	0,28
MS (g/kgPC ^{0,75})	112,06 ^a	100,81 ^b	99,37 ^b	0,08	0,01	<0,01	0,32
MO (kg/d)	2,07 ^a	1,90 ^b	1,89 ^b	0,03	0,09	<0,01	0,47
PB (kg/d)	0,33 ^a	0,31 ^b	0,31 ^b	0,01	0,01	<0,01	0,92
FDN (kg/d)	1,34 ^a	1,18 ^b	1,16 ^b	0,02	0,01	<0,01	0,48
EE (kg/d)	0,04 ^b	0,12 ^a	0,11 ^a	0,02	<0,01	<0,01	0,83
AGNE (mEq/L)	0,19 ^b	0,26 ^a	0,24 ^a	0,01	<0,01	<0,01	0,28

¹ AGNE: Concentração sanguínea de ácidos graxos não esterificados; MS: consumo de matéria seca; PC: peso corporal; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; EE: extrato etéreo.

² Erro padrão da média.

³ Sem: efeito de Semana; DietaxSem: interação entre dieta e semana.

⁴ Probabilidade de haver diferença entre as dietas ($P \leq 0,05$).

Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

Não foi observado diferença no peso corporal das ovelhas entre os tratamentos (Tabela 4). Em relação ao CMS foi observado efeito de dieta ($P=0,05$) e de semanas ($P < 0,01$). Entretanto, não houve interação ($P > 0,05$) entre dietas e semanas. Os animais que receberam óleo na dieta apresentaram menor CMS (em kg/dia, %PC e g/kg de PC^{0,75}) em relação aqueles da dieta controle. As médias do CMS entre os animais suplementados com as diferentes fontes de óleos não diferiram entre si ($P > 0,05$). Essa redução do consumo pode ser em parte explicada pela maior densidade energética das dietas contendo óleo (Tabela 2). O consumo energético dos animais que receberam a dieta controle foi de 3,43 Mcal/dia e os que receberam óleo ingeriram 3,45 Mcal/dia, ou seja, mesmo com consumo diminuído pelos animais alimentados com as dietas contendo óleos, o consumo de energia foi praticamente o mesmo.

O efeito da suplementação de gordura no CMS em pequenos ruminantes é variável, sendo que normalmente não é observada alteração (CHILLIARD, 1993). Bernard et al. (2009) também encontraram diminuição no CMS em cabras alimentadas com 6,2% de óleo de linhaça, enquanto que o balanço energético

manteve-se positivo entre os tratamentos. O consumo não foi alterado em ovelhas em lactação que receberam 6% de óleo de oliva rico em ácido oleico (GÓMEZ-CORTÉS et al., 2008), que em compensação aumentou a produção de leite dos animais. Em trabalhos realizados com vacas em lactação, o CMS também não foi afetado quando 5% de óleo de linhaça, de cártamo, de milho ou de palma foram suplementados (HE; ARMENTANO, 2011), 4% de óleo de soja ou linhaça (BU et al., 2007) e 6% de óleo de cártamo ou linhaça (BELL; GRIINARI; KENNELLY, 2006).

Devido ao maior CMS pelos animais da dieta controle, o consumo de proteína bruta ($P=0,01$) e fibra em detergente neutro ($P=0,01$) por estes animais também foi superior. Conforme esperado, a inclusão dos óleos nas dietas resultou em aumento ($P<0,01$) no consumo de extrato etéreo.

A concentração de AGNE no soro sanguíneo foi maior ($P<0,01$) nos animais que receberam óleos na dieta. Geralmente, a hidrólise de triglicerídeos no tecido adiposo é aumentada quando os animais são suplementados com óleos. O consumo deste suplemento diminui a lipogênese e o aumento da lipólise resulta em aumento da concentração de AGNE, que geralmente é elevada em vacas suplementadas com gordura (GRUMMER; CARROL, 1991; STAPLES; BURKE; THATCHER, 1998). Em vacas em lactação, as concentrações circulantes de AGNE são altamente correlacionadas com a taxa de lipólise (BAUMAN et al., 1988), que ocorre quando o balanço energético é negativo, em que os animais mobilizam gordura estocada no tecido adiposo, principalmente na forma de AGNE (CHILLIARD et al., 2003). Bu et al. (2007) também encontraram maiores valores de AGNE e colesterol em vacas suplementadas com óleo de linhaça e soja onde o CMS não diferiu, porém houve aumento na produção de leite.

As vantagens em se adicionar óleos nas dietas de ruminantes é aumentar a densidade energética da dieta. Esta suplementação também pode alterar a mobilização de gordura, assim como a sua deposição nos tecidos (BU et al., 2007). De acordo com Pulina et al. (2006), a relação existente entre a concentração de gordura no leite e o balanço energético negativo reflete a alta mobilização de gordura corporal, em que a concentração de AGCL na gordura do leite e AGNE no sangue diminuem quando as ovelhas começam a ganhar peso. Neste contexto, a suplementação lipídica no início da lactação pode ser utilizada na tentativa de auxiliar a diminuição da mobilização de gordura corporal para síntese de gordura no leite.

3.3.2 Produção e composição química do leite

Não houve diferença na produção e composição química do leite ($P>0,05$) entre as dietas (Tabela 5). Estes resultados são coerentes com o fato de que os animais que receberam a dieta controle aumentaram o CMS (Tabela 4) para compensar a menor densidade energética, visto que a produção de leite não diferiu entre os tratamentos. Estudos realizados com vacas, cabras e ovelhas mostraram que as respostas à suplementação lipídica varia entre essas espécies. Chilliard et al. (2003) revisaram estudos que mostraram aumento na produção de leite em vacas no meio da lactação quando há suplementação lipídica, porém isto não ocorre com cabras e ovelhas. Em alguns casos a quantidade de gordura do leite aumenta em cabras e ovelhas, enquanto que a proteína diminui nessas espécies (ERASMUS et al., 2004).

Tabela 5 - Produção de leite, leite corrigido para gordura, leite corrigido para gordura e proteína e teores dos componentes do leite de ovelhas Santa Inês alimentadas com óleos vegetais (3% de óleo de canola ou linhaça, com base na MS)

Variáveis ¹	Dietas			EPM ²	Efeito ^{3,4}		
	Controle	Canola	Linhaça		Dieta	Sem	DietaxSem
Produção (g/3h)							
Leite	170,6	157,4	153,4	0,19	0,38	<0,01	0,16
LCG	184,6	175,1	186,2	0,22	0,51	<0,01	0,36
LCGP	176,6	172,6	179,8	0,01	0,23	<0,01	0,23
Gordura	12,5	12,1	13,1	0,01	0,25	<0,01	0,45
Proteína	7,8	7,5	7,4	0,22	0,89	<0,01	0,07
Lactose	8,1	7,6	7,2	0,25	0,65	<0,01	0,25
Sólidos Totais	29,8	28,5	29,6	0,95	0,66	<0,01	0,23
Teor (%)							
Gordura	7,8	8,1	8,4	0,01	0,26	<0,01	0,31
Proteína	4,7	4,8	4,8	0,04	0,23	<0,01	0,17
Lactose	4,6	4,7	4,6	0,03	0,71	<0,01	0,51
Sólidos Totais	17,9	18,4	18,9	0,14	0,67	<0,01	0,41

¹LCG: Leite corrigido para gordura; LCGP: Leite corrigido para gordura e proteína.

²Erro padrão da média.

³Sem: efeito de Semana; DietaxSem: interação entre dieta e semana.

⁴Probabilidade de haver diferença entre as dietas ($P\leq 0,05$).

Este resultado diferenciou daquele encontrado por Gómez-Cortés et al. (2008) e Zhang et al. (2006), em que o fornecimento de óleo rico em ácido oleico (óleo de oliva) e semente de linhaça (acima de 260 g/animal/dia com 99g de gordura) respectivamente, aumentou a produção de leite das ovelhas suplementadas.

Muitos trabalhos relatam a diminuição da gordura do leite em vacas suplementadas com óleos vegetais (PIPEROVA et al., 2000; PETERSON, MATITASHVILI; BAUMAN, 2003; LOOR et al., 2005), porém este efeito não é frequentemente visualizado em ovinos (GÓMEZ-CORTÉS et al., 2008), podendo em outros casos ocorrer o aumento da concentração de gordura (ZHANG; MUSTAFA; ZHAO, 2006). O que mais afeta as concentrações de gordura e proteína no leite é a produção de leite. Quando a produção de leite aumenta, normalmente a quantidade de lactose sintetizada e secretada também aumenta, enquanto que a gordura e proteína aumentam em taxas mais lentas (PULINA et al., 2006).

Estudos tem mostrado que quando fontes sintéticas de AG *trans* (*trans*-10 C18:1 e *trans*-10, *cis*-12 C18:2 principalmente) são fornecidos, há diminuição da gordura do leite em vacas (LOCK; GARNSWORTHY, 2002), cabras (SCHMIDELY; MORAND-FEHR, 2004) e ovelhas (LOCK et al., 2006; SINCLAIR et al., 2007). Estes AG foram, portanto, propostos como inibidores da lipogênese na glândula mamária dos animais. Em vacas leiteiras, redução na gordura do leite tem sido observada quando dietas contendo baixa concentração de forragem são fornecidas conjuntamente a óleos ricos em AG poliinsaturados (PIPEROVA et al., 2000). Esta diminuição na gordura do leite tem sido atribuída a uma alteração nas rotas de biohidrogenação ruminal dos AG poliinsaturados, formando *trans*-10, *cis*-12 CLA e *trans*-10 C18:1 (BAUMAN; GRIINARI, 2001; BAUMGARD et al., 2002), porém esta queda na gordura do leite não é frequente em ovelhas (PULINA et al., 2006).

A porcentagem de proteína do leite assim como a sua produção não apresentaram diferença significativa entre as dietas ($P>0,05$). Gómez-Cortés et al. (2008) encontraram diminuição na porcentagem de proteína ao fornecer óleo de oliva (6% da MS) para ovelhas em lactação, sendo que o teor desta não diferiu e a produção de leite aumentou. Geralmente, as diferenças encontradas nos teores de proteína, quando estes se encontram em valores menores, estão associadas com o efeito de diluição ao invés da inibição da síntese proteica (PULINA et al., 2006). As produções de lactose e sólidos totais, assim como os seus teores também não sofreram influência da dieta ($P>0,05$). Gómez-Cortés et al. (2008) também não

encontraram diferença entre os tratamentos quando forneceram 6% de óleo de oliva para ovelhas em lactação. Com estes resultados é possível afirmar que não houve alteração do desempenho dos animais que receberam fonte lipídica na dieta.

3.3.3 Desempenho das crias

O óleo adicionado às dietas das ovelhas não influenciou ($P>0,05$) o CCI das crias entre a 2ª e 8ª semana de idade e nos quinze dias pós-desmame (9ª e 10ª semanas de vida; Tabela 6). Também não houve alteração do ganho de peso médio diário (GMD; $P>0,05$) e do peso das crias no desmame. Estes resultados estão de acordo pelo fato da ausência de efeito das dietas sobre a produção e composição química do leite das mães.

Tabela 6 - Peso corporal, consumo de concentrado inicial e desempenho das crias em função da adição de óleos vegetais (3% de óleo de canola ou linhaça, com base na MS) na dieta das mães

Variáveis ¹	Dietas			EPM ²	P ³
	Controle	Canola	Linhaça		
Peso Corporal (kg)					
Nascimento	3,9	3,7	4,0	0,13	0,52
2ª semana	6,6	6,7	6,1	0,17	0,37
8ª semana	15,8	15,9	15,4	0,52	0,25
15 dias pós-desmame	18,1	18,2	17,6	0,52	0,15
Consumo de CI (g de MS)					
2ª-8ª semana	60,5	74,2	62,0	0,23	0,46
Pós-desmame	390,6	365,5	413,7	1,72	0,20
Ganho médio diário (g)					
2ª-8ª semana	210,3	215,1	219,2	0,01	0,76
Pós-desmame	153,5	157,3	149,7	0,47	0,42

¹CI: concentrado inicial.

²Erro padrão da média.

³Probabilidade de haver diferença entre as dietas ($P\leq 0,05$).

Araújo et al. (2008) encontraram desempenho diferente de cordeiros cujas mães apresentaram diferença na produção de leite, sendo o consumo de CI menor para filhos de ovelhas Santa Inês que produziram mais leite.

3.3.4 Composição de ácidos graxos da gordura do leite

3.3.4.1 Ácidos graxos de cadeia curta e média

Os AGCC e média (AGCM), incluindo parte do C16, secretados no leite são originados da síntese *de novo* na glândula mamária, enquanto que os AGCL e o restante do C16 são originados de triglicerídeos e AGNE presentes no sangue arterial (PALMQUIST, 2006). A síntese de gordura envolve a atividade de várias enzimas lipogênicas, mas o efeito da nutrição na regulação desse processo ainda precisa ser melhor estudado. De acordo com estudos destinados a conhecer os mecanismos de atividade dessas enzimas, a lipoproteína lipase, acetil-CoA carboxilase, AG sintetase e estearoil-CoA dessaturase são consideradas enzimas lipogênicas chave nesse processo (BERNARD et al., 2009).

A suplementação com óleos de canola ou linhaça alterou o perfil de AG da gordura do leite das ovelhas, sendo que os AGCC estiveram presente em maior concentração ($P < 0,01$) na gordura do leite das ovelhas que receberam a dieta controle (Tabela 7). Todos os AGCC considerados se comportaram de forma semelhante, com exceção do ácido butírico (C4:0) que não apresentou diferença ($P > 0,05$) entre as dietas. Estes resultados estão de acordo com Bu et al. (2007) que forneceram 4% de óleo de linhaça para vacas e encontraram redução nos AGCC. Considerando apenas as dietas com óleo, foi observado que as concentrações dos AG C6:0, C8:0 e C10:0 foram maiores na gordura do leite dos animais que receberam óleo de linhaça do que canola.

Tabela 7 - Perfil de ácidos graxos (g/100g de ácido graxo) da gordura do leite de ovelhas Santa Inês alimentadas com óleos vegetais (3% de óleo de canola ou linhaça, com base na MS)

Ácidos Graxos ¹	Dietas			EPM ²	P ³
	Controle	Canola	Linhaça		
AGCC (C4:0 – C12:0)	17,81 ^a	12,76 ^b	13,22 ^b	0,54	<0,01
C4:0 (Butírico)	1,41	1,48	1,46	0,08	0,62
C6:0 (Caproico)	1,84 ^a	1,45 ^c	1,67 ^b	0,04	<0,01
C8:0 (Caprílico)	2,04 ^a	1,49 ^c	1,73 ^b	0,06	<0,01
C10:0 (Cáprico)	7,47 ^a	4,80 ^c	5,61 ^b	0,25	<0,01
C12:0 (Láurico)	4,74 ^a	3,13 ^b	3,34 ^b	0,17	<0,01
AGCM (C14:0 – C16:1)	39,57 ^a	30,32 ^b	31,12 ^b	0,90	<0,01
C14:0 (Mirístico)	11,04 ^a	8,59 ^b	8,56 ^b	0,29	<0,01
C14:1 (Miristoleico)	0,10 ^a	0,05 ^b	0,05 ^b	<0,01	<0,01
C15:0 (Pentadecanoico)	0,98 ^a	0,78 ^b	0,81 ^b	0,02	<0,01
C16:0 (Palmítico)	26,92 ^a	20,52 ^b	20,91 ^b	0,60	<0,01
C16:1 (Palmitoleico)	0,56 ^a	0,51 ^{ab}	0,49 ^b	0,01	0,09
AGCL (C18:0 – C22:6)	42,20 ^b	55,14 ^a	53,43 ^a	1,32	<0,01
C18:0 (Esteárico)	10,71 ^c	16,54 ^a	14,69 ^b	0,51	<0,01
C18:1 t11 (Vacênico)	1,59 ^c	3,85 ^b	5,04 ^a	0,30	<0,01
C18:1 n9 (Oleico)	20,67 ^b	24,70 ^a	22,89 ^a	0,49	<0,01
C18:2 n-6 (Linoleico)	1,96 ^a	1,77 ^b	1,81 ^{ab}	0,04	0,05
C18:2 c9 t11 (Rumênico - CLA)	0,48 ^c	1,07 ^b	1,55 ^a	0,09	<0,01
C18:2 t10 c12 (CLA)	0,025	0,024	0,025	<0,01	0,92
C18:3 n-3 (Linolênico)	0,31 ^b	0,32 ^b	0,71 ^a	0,03	<0,01
C18:3 n-6 (γ – Linolênico)	0,26 ^c	0,39 ^a	0,31 ^b	0,01	<0,01
Outros ⁴	7,49	7,56	7,41	2,69	0,96
n-3	0,67 ^b	0,61 ^b	1,04 ^a	0,03	<0,01
n-6	2,28	2,26	2,20	0,03	0,48
n-6: n-3	3,41 ^a	3,65 ^a	2,04 ^b	0,14	<0,01
CLA total	0,50 ^c	1,09 ^b	1,57 ^a	0,09	<0,01

¹AGCC: Ácidos graxos de cadeia curta; AGCM: Ácidos graxos de cadeia média; AGCL: Ácidos graxos de cadeia longa; CLA: Ácido linoleico conjugado, n-3, n-6 e n-6:n-3: ácidos graxos das famílias ômega 3, ômega 6 e a sua relação.

²Erro padrão da média.

³Probabilidade de haver diferença entre as dietas (P≤0,05).

⁴Outros: C11:0, C13:0, C15:1, C17:0, C17:1, C19:0, C20:1, C21:0, C20:2, C20:3n-6, C22:1n9, C20:3n-3, C20:4n-6, C20:5n-3, C22:6n-3, C23:0, C24:0 e C24:1.

Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente (P<0,05).

Os AGCC e AGCM são formados a partir da síntese *de novo* na glândula mamária em que os ruminantes utilizam acetato (C2) e β-hidroxibutirato (C4) sintetizados por bactérias ruminais como fontes de carbono (BAUMAN; GRIINARI,

2001; PALMQUIST, 2006; PULINA et al., 2006). Quando maior quantidade de AGCL é fornecida na dieta, aumenta-se a captação destes pela glândula mamária e, como consequência, há diminuição na síntese *de novo* devido provavelmente à competição pela esterificação, em que os AGCL inibem a lipogênese na glândula mamária (CHILLIARD et al., 2003; BU et al., 2007; GÓMES-CORTÉS et al., 2008) devido à diminuição da atividade das enzimas acetil-Coa carboxilase e AG sintetase (PIPEROVA et al., 2000).

Os AGCM, assim como os AGCC, também apresentaram menores ($P < 0,01$) valores na gordura do leite dos animais que receberam as dietas com óleos. Os ácidos láurico (C12:0), mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0) são considerados AG não saudáveis ao consumo humano porque promoveriam hipercolesterolemia (PARODI, 2005) e suas concentrações foram maiores na dieta controle. Neste aspecto, pode-se afirmar que as dietas com óleo melhoraram o perfil de AG do leite.

Os lipídeos absorvidos na glândula mamária podem ter origem do trato digestivo ou de gorduras mobilizadas das reservas corporais. Quase todos os AG C18 são provenientes do sangue, enquanto que parte do C16:0 possui a mesma origem e parte pela síntese *de novo* (BAUMAN; GRIINARI, 2001). Quando o consumo de lipídeos é baixo, quase todo o C16:0 é sintetizado na glândula mamária, no entanto, esta síntese pode diminuir em até 70% quando a absorção de lipídeos do sangue aumenta (PALMQUIST, 2006). Considerando o AG C16:1, a dieta com o óleo de canola não diferiu da controle e do óleo de linhaça.

3.3.4.2 Ácidos graxos de cadeia longa

A concentração dos AGCL foi maior ($P < 0,01$) na gordura do leite dos animais que receberam as dietas com óleos, com exceção do ácido linoleico ($P = 0,04$) que foi inferior na dieta contendo óleo de canola. Os óleos vegetais suplementados são ricos em AGCL (tabela 3) e este perfil alterou a gordura do leite das ovelhas de forma semelhante à sua composição. A maior concentração de AGCL nas dietas com óleo pode também ter sofrido interferência de AG provenientes da mobilização corporal, já que as concentrações de AGNE presentes no sangue foram maiores nestas dietas (Tabela 4). De acordo com Nudda et al. (2004), o aumento de AGNE no sangue pode aumentar as concentrações de AGCL (particularmente o esteárico, oleico e linoleico) na gordura do leite, além de diminuir os AGCM, assim como parte

dos AGCL possuem origem da mobilização do tecido adiposo (CHILLIARD et al., 2003).

O ácido esteárico (C18:0) é o principal produto final da biohidrogenação no rúmen, proveniente principalmente do *trans*-11 C18:1 que é o produto da isomerização e biohidrogenação dos ácidos linoleicos e linolênicos, principalmente (HARFOOT; HAZLEWOOD, 1997). No presente trabalho, o ácido esteárico apresentou maiores concentrações ($P < 0,01$) na gordura do leite dos animais que receberam óleo de canola comparado ao óleo de linhaça, sendo que ambas as dietas com óleo foram superiores ao controle. Com isso, podemos inferir que houve maior taxa de biohidrogenação do ácido oleico (C18:1), presente em alta quantidade no óleo de canola (Tabela 3). Como o óleo de linhaça possui mais insaturações devido ao fato de ser mais rico em ácido linolênico (C18:3), produziu menos C18:0 no rúmen que o óleo de canola. Associado a isso, também foi observado maiores quantidades ($P < 0,01$) de *trans*-11 C18:1 na gordura do leite de animais que receberam óleo de linhaça, já que este AG é o precursor do C18:0, sendo o penúltimo produto da biohidrogenação no rúmen (BAUMAN et al., 1999). A explicação para esse resultado seria a de que a biohidrogenação não foi completa para a maioria do ácido linolênico proveniente do óleo de linhaça no rúmen e a sua absorção pelo animal foi mais acentuada, o que justifica as maiores concentrações de vacênico (*trans*-11 C18:1) e menores de esteárico (C18:0) na gordura do leite dos animais quando comparado com o canola. Estes resultados estão de acordo com Chilliard et al. (2003) em que a suplementação com óleo rico em ácido oleico aumentou a porcentagem de esteárico (C18:0) e oleico na gordura do leite de cabras. Por sua vez, o óleo de linhaça também aumentou as porcentagens de ácido vacênico e rumênico (LOOR et al., 2005).

A dieta com óleo de linhaça aumentou 68,4% do ácido vacênico (*trans*-11 C18:1) e 68,9% de rumênico (*cis*-9, *trans*-11 CLA) em relação ao controle, enquanto o canola aumentou 58,7% e 54,9%, respectivamente. Aproximadamente 90% do ácido rumênico presente na gordura do leite bovino possui origem na glândula mamária, ou seja, é produto da $\Delta 9$ -dessaturação a partir do ácido vacênico (CHILLIARD et al., 2003). Esta síntese endógena tem sido proposta como o principal caminho para a síntese de CLA em vacas (CORL et al., 1999; GRIINARI et al., 2000; CORL et al., 2001). Os resultados obtidos estão de acordo com esta teoria, uma vez que o ácido vacênico e rumênico foram superiores na dieta com óleo de linhaça.

Pode ser sugerido que ao alimentar ovelhas com óleo rico em ácido linolênico há maior síntese de *cis*-9, *trans*-11 C18:2 na gordura do leite proveniente de síntese endógena do que o óleo rico em ácido oleico. Devido à incompleta biohidrogenação ruminal, há um aumento do fluxo de AG insaturados para o duodeno em animais que recebem gordura na dieta (HESS; MOSS; RULE, 2007). Foi concluído que como o AG *trans*-11 C18:1 no intestino está presente em maiores quantidades que o *cis*-9, *trans*-11 CLA, provavelmente este primeiro AG atua como precursor na formação deste CLA pela enzima Δ 9-dessaturase no tecido mamário (BAUMAN; GRIINARI, 2003).

O *cis*-9, *trans*-11 CLA é também formado no rúmen como intermediário da biohidrogenação do ácido linoleico por bactérias anaeróbias (KEPLER et al., 1966). Bauman et al. (1999) afirmaram que a relação entre *trans*-11 C18:1 e *cis*-9, *trans*-11 CLA na gordura do leite trata-se de uma relação precursor-produto, sendo que parte do *trans*-11 C18:1 possui origem ruminal através da biohidrogenação e é absorvida pela glândula mamária, sendo então a principal fonte de *cis*-9, *trans*-11 CLA na gordura do leite através da ação da enzima Δ 9-dessaturase. Neste contexto, a concentração de *cis*-9, *trans*-11 CLA foi maior ($P < 0,01$) na gordura do leite dos animais que receberam óleo de linhaça na dieta comparado com o óleo de canola, que foram superiores ao controle. Como foi observada maior concentração ($P < 0,01$) de ácido vacênico (C18:1 *trans*-11) na gordura do leite dos animais alimentados com óleo de linhaça, também observou-se maior concentração de CLA, conforme foi encontrado no presente estudo. Este resultado está de acordo com Chouinard et al. (1998), Dhiman et al. (2000) e Lock e Garnsworthy (2002) que ao fornecerem fontes de alimento ricas em ácido linolênico encontraram aumento nas concentrações de *cis*-9, *trans*-11 CLA na gordura do leite.

Não houve diferença ($P > 0,05$) para o CLA *trans*-10, *cis*-12 C18:2 entre as dietas. Atualmente está bem estabelecido que este isômero é responsável pela queda na gordura do leite enquanto o *cis*-9, *trans*-11 CLA é importante devido aos seus benefícios à saúde (BAUMAN et al., 2001). O *trans*-10, *cis*-12 C18:2 é considerado bioativo, ou seja, que influencia na diminuição da quantidade de AGCL e AGCC no leite (ARMENTANO, 2011), pois a atividade e a expressão gênica da enzima Δ 9-dessaturase são inibidas pela presença deste isômero (BAUMAN; GRIINARI, 2001). Baumgard et al. (2000) acreditam que ligações duplas *trans*-10 de AG C18 são o principal motivo da inibição de síntese de gordura do leite e

observaram que quando estão presentes em alta quantidade há diminuição na produção de AG provenientes da síntese *de novo* na glândula mamária e aumento em C14:0 e C18:0, o que provavelmente pode estar relacionado com a diminuição da atividade da enzima $\Delta 9$ -dessaturase na glândula mamária.

Gervais et al. (2009) encontraram que a infusão de *trans*-10, *cis*-12 CLA diminui a expressão do RNAm da acetil-coenzima A carboxilase e da AG sintetase em vacas. Lock et al. (2006) e Sinclair et al. (2007) forneceram fonte sintética de *trans*-10, *cis*-12 CLA para ovelhas lactantes e observaram que a gordura do leite desses animais diminuiu assim como também ocorreu em vacas que também receberam fonte sintética desse AG (BAUMGARD et al., 2000). Gómez-Cortés et al. (2008), ao fornecerem 6% de óleo de oliva (rico em ácido oleico), observaram aumento na concentração desse isômero (0,01 para 0,02 g/100 g de AG) na dieta de ovelhas em lactação, porém não foi suficiente para alterar a gordura do leite desses animais. No presente trabalho, como já discutido, não houve diferença na porcentagem de gordura do leite entre as dietas (Tabela 5).

O ácido oleico (*cis*-9 C18:1) teve concentrações semelhantes na gordura do leite dos animais alimentados com óleos de canola e linhaça, sendo superiores ($P < 0,01$) ao controle. Vale ressaltar que o óleo de canola é rico em ácido oleico (57,4%, Tabela 3) e o aumento da concentração desse ácido pode ser consequência da ação da enzima Δ -9 dessaturase na glândula mamária sobre o C18:0 produzido no rúmen, além da possível maior absorção intestinal desse AG pelos animais que ingeriram esse óleo. De acordo com Chilliard e Ferlay (2004), quando óleos vegetais ricos em ácido oleico são fornecidos aos ruminantes há um aumento na produção de ácido esteárico no rúmen, que depois é parcialmente convertido a ácido oleico na glândula mamária.

O ácido linoleico apresentou maiores valores ($P = 0,05$) na dieta controle e linhaça, que não diferiu do canola. Vale ressaltar que os óleos utilizados nesse experimento possuem baixos teores de ácido linoleico (Tabela 1) enquanto que a maioria dos outros óleos vegetais possuem concentrações consideráveis deste AG (PALMQUIST; JENKINS, 1980). Os animais receberam 37,8% e 34,4% de milho na dieta controle e nas suplementadas com óleos, respectivamente (Tabela 2). Esta pode ter sido a principal fonte de ácido linoleico na dieta dos animais da dieta controle, uma vez que a composição deste AG no óleo do milho e da soja constituiu-se em 52,5 e 53,5% respectivamente (Tabela 1).

O ácido linolênico da família *n*-3 foi maior ($P < 0,01$) na dieta com óleo de linhaça, sendo que o canola e controle foram menores e não diferiram entre si. Este resultado era esperado, pois o óleo de linhaça possui maiores concentrações deste AG (52,0%; Tabela 3). Este resultado está de acordo com Bu et al. (2007) que forneceram 4% de óleo de linhaça para vacas e também encontraram maiores valores do ácido linolênico na gordura do leite.

Considerando o ácido γ – linolênico (C18:3 *n*-6), a dieta com óleo de canola apresentou as maiores concentrações ($P < 0,01$), seguido do linhaça e controle. Isto é justificável pelo fato do óleo de canola possuir maior concentração desse AG em relação ao óleo de linhaça (Tabela 3). Os “outros” AG presentes na Tabela 7 não apresentaram diferença ($P > 0,05$) entre as dietas.

Além do CLA, outros AG que tem sido bastante estudados recentemente são aqueles que pertencem à família *n*-3. A notação “*n*” denota uma ligação dupla três carbonos após o grupo metil final da molécula. Estes AG tem sido incorporados na dieta de animais de produção para garantir uma fonte adicional de *n*-3 para seus consumidores (WHITING, 1999). Seus efeitos benéficos estão associados ao fato de que estes AG poliinsaturados são preferencialmente depositados como fosfolipídeos estruturais enquanto que, os AG saturados em excesso são depositados como triglicérides (PONNAMPALAM et al., 2001).

A dieta com óleo de linhaça apresentou maiores ($P < 0,01$) quantidades de AG da família *n*-3, provavelmente devido à alta concentração de ácido linolênico *n*-3 presente na gordura do leite dos animais que receberam este óleo. Esta característica também proporcionou a menor ($P < 0,01$) relação entre *n*-6 e *n*-3 neste tratamento, já que não houve diferença ($P > 0,05$) entre as dietas para os AG da família *n*-6. Os animais não podem sintetizar AG *n*-3 e *n*-6 e por isso são considerados essenciais ao organismo e devem ser suplementados na dieta. A gordura do leite dos animais da dieta controle não diferiram ($P > 0,05$) daqueles que receberam o óleo de canola em relação aos AG da família *n*-3, uma vez que a sua suplementação nestas dietas foi inferior a daqueles animais que receberam óleo de linhaça.

A quantidade de CLA total também foi mais elevada ($P < 0,01$) na gordura do leite dos animais que receberam óleo de linhaça, sendo que aqueles que receberam o óleo de canola apresentaram valores intermediários. De acordo com a Tabela 7, este mesmo comportamento também foi observado para o *cis*-9, *trans*-11 CLA.

A gordura do leite dos animais alimentados com a dieta controle apresentou maiores ($P<0,01$) concentrações dos AG saturados (Tabela 8) o que resultou na menor relação entre os AG monoinsaturados e saturados ($P<0,01$) e entre poliinsaturados e saturados ($P<0,01$). A dieta controle também proporcionou menores ($P<0,01$) concentrações de AG insaturados totais, monoinsaturados ($P<0,01$) e poliinsaturados ($P<0,01$), sendo que neste último, os animais alimentados com óleo de canola apresentaram valores intermediários na gordura do leite.

Tabela 8 - Concentrações e relações entre ácidos graxos monoinsaturados e saturados, poliinsaturados e saturados, índice de aterogenicidade e índice de atividade da enzima Δ -9 dessaturase da gordura do leite de ovelhas Santa Inês alimentadas com óleos vegetais (3% de óleo de canola ou linhaça, com base na MS)

Variáveis ¹	Dietas			EPM ²	P ³
	Controle	Canola	Linhaça		
Saturados	74,08 ^a	66,49 ^b	65,65 ^b	0,86	<0,01
Insaturados Totais	25,21 ^b	33,16 ^a	32,98 ^a	0,81	<0,01
Monoinsaturados	21,86 ^b	29,36 ^a	28,18 ^a	0,72	<0,01
Poliinsaturados	3,40 ^c	3,84 ^b	4,80 ^a	0,11	<0,01
Monoinsaturados:Saturados	0,28 ^b	0,44 ^a	0,42 ^a	0,01	<0,01
Poliinsaturados:Saturados	0,04 ^c	0,06 ^b	0,07 ^a	<0,01	<0,01
Insaturados:Saturados	0,34 ^b	0,49 ^a	0,49 ^a	0,02	<0,01
IA	3,21 ^a	1,76 ^b	1,75 ^b	0,14	<0,01
Índice Δ 9-dessaturase	0,009 ^a	0,007 ^b	0,005 ^b	<0,01	0,04

¹IA: Índice de aterogenicidade [(C12+4xC14+C16)/AGinsaturados]; Índice Δ -9 dessaturase: índice de atividade da enzima Δ 9-dessaturase (C14:1/C14:0).

²Erro padrão da média.

³Probabilidade de haver diferença entre as dietas ($P\leq 0,05$).

Valores seguidos por letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente ($P<0,05$).

A relação entre AG insaturados e saturados foi menor ($P<0,01$) na gordura do leite dos animais alimentados com a dieta controle, na qual foram encontrados os maiores valores de saturados e menores de insaturados totais. Carta et al. (2008) encontraram correlações positivas entre os AG saturados com C6 a C12 e negativas com C17 e C18:1. Deste modo, é possível afirmar que a gordura do leite dos animais que foram alimentados com as dietas contendo óleos de canola ou linhaça possui perfil de AG mais favorável à saúde humana, por apresentarem menores teores de AG saturados e maiores de mono e poliinsaturados (HAYES; KOSLA, 1992).

Em relação ao índice de aterogenicidade, este foi maior ($P<0,01$) na gordura do leite dos animais que receberam a dieta controle. Este resultado está de acordo com

Chilliard et al. (2003) que também observaram uma diminuição neste índice na gordura do leite de cabras alimentadas com o óleo rico em ácido oleico e de linhaça.

O ácido miristoleico (C14:1) foi aproximadamente 50% maior na gordura do leite dos animais que receberam a dieta controle, quando comparado àqueles que receberam as dietas com óleos e, a sua maior presença no leite indica maior atividade da enzima $\Delta 9$ -dessaturase, já que o seu precursor C14:0 somente é sintetizado na glândula mamária (GRIINARI et al., 2000). O índice da enzima $\Delta 9$ -dessaturase (C14:1/C14:0) foi menor ($P=0,04$) na gordura do leite dos animais que receberam os óleos, já que as quantidades de C14:0 e C14:1 também foram menores nestes tratamentos. Neste contexto, o que pode ter ocorrido é que como os óleos forneceram maior quantidade de AG insaturados, os animais da dieta controle tiveram aumento na atividade dessa enzima na glândula mamária na tentativa de compensar a menor quantidade de insaturados, que são essenciais para o metabolismo de membranas nas células (BAUMAN et al., 1999).

A enzima $\Delta 9$ -dessaturase introduz duplas ligações até o carbono 9 dos AG. Esta enzima está presente na glândula mamária e as relações mirístico/miristoleico, palmítico/palmitoleico, esteárico/oleico e vacênico/rumênico na gordura do leite são altamente dependentes desta enzima (GRIINARI et al., 2000). Neste contexto, há quatro principais produtos provenientes da ação da enzima $\Delta 9$ -dessaturase na glândula mamária de ruminantes: C14:1, C16:1, *cis*-9 C18:1 e *cis*-9, *trans*-11 CLA, que são produzidos a partir de C14:0, C16:0, C18:0 e *trans*-11 C18:1, respectivamente (BU et al., 2007). Com isso, o principal indicador da ação da atividade da enzima é a relação C14:1/C14:0 porque todo o C14:0 presente na gordura do leite é produzido pela síntese *de novo* na glândula mamária. Conseqüentemente a dessaturação é a única fonte de C14:1 na gordura do leite. Enquanto isso, os outros AG podem também ser absorvidos a partir da corrente sanguínea (LOCK; GARNSWORTHY, 2002).

Altas concentrações de *cis*-9, *trans*-11 CLA estão relacionadas com altos teores de ácido vacênico (BU et al., 2007; CARTA et al., 2008). Com isso é importante estimar o índice da enzima $\Delta 9$ -dessaturase que é responsável em converter o vacênico em CLA na glândula mamária dos ruminantes. Parte do CLA presente na gordura do leite pode ser atribuído a esta enzima.

3.4 Considerações Finais

Objetivou-se nesse trabalho fornecer uma quantidade de óleo vegetal que fosse suficiente para interferir no perfil de AG na gordura do leite das ovelhas, mas que não alterasse o seu desempenho. Neste contexto, podemos afirmar que o objetivo foi alcançado, pois o perfil de AG foi alterado de forma que a adição de óleo de canola ou linhaça promoveu maior quantidade de AG saudáveis na gordura do leite de ovelhas Santa Inês, garantindo maiores concentrações de AGCL e insaturados, inclusive o *cis*-9, *trans*-11 C18:2 (CLA), sem alterar a produção e composição química do leite.

O fornecimento de óleo rico em ácido linolênico foi mais eficiente que o óleo rico em ácido oleico na formação de ácido vacênico (*trans*-11 C18:1), rumênico (CLA) e aqueles pertencentes à família *n*-3, que são considerados AG mais saudáveis ao consumo. Devido ao acentuado incremento destes AG com efeitos benéficos, em comparação com o óleo de canola, o de linhaça é aquele mais indicado para a adição em dietas de ovelhas em lactação com o objetivo de produzir leite com características nutritivas sem comprometer o desempenho dos animais.

A escolha pelo produtor de suplementar a dieta de ovelhas com o óleo de linhaça ou canola deve levar em consideração o valor comercial destas fontes e qual a valorização que seu produto lácteo terá no mercado, uma vez que este proporcionaria características mais saudáveis aos seus consumidores.

3.5 Conclusão

Ao adicionar uma fonte lipídica de origem vegetal na dieta de ovelhas, deve-se atentar para o perfil de AG dos óleos utilizados. A utilização de óleos de canola ou linhaça não alterou o desempenho de ovelhas em lactação e de suas crias. Além disso, o fornecimento de óleo de linhaça foi mais eficiente em produzir um perfil de AG mais saudável na gordura do leite de ovelhas do que o óleo de canola.

Referências

ARAUJO, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; MENDES, C.Q.; RODRIGUES, G.H.; PACKER, I.U.; EASTRIDGE, M.L. Milk yield, milk composition, eating behavior, and lamb performance of ewes fed diets containing soybean hulls replacing coastcross

(*Cynodon species*) hay. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 86, p. 3511-3521, 2008.

ARMENTANO, L. How different dietary fatty acids affect milk fat production. In: STATE DAIRY NUTRITION AND MANAGEMENT CONFERENCE PROGRAM, 2011, Dubuque. **Proceedings...** Dubuque: Wisconsin Agri-Service Association, 2011. p. 82-87.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 19th ed. Maryland, 2000. 1219 p.

BAUMAN, D.E; GRIINARI, J.M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. **Livestock Production Science**, Bethesda, v. 70, p. 15–30, 2001.

_____. Nutritional regulation of milk fat synthesis. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 23, p. 203-27, 2003.

BAUMAN, D.E.; BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A.; GRIINARI, J.M. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. . In: ASAS ANNUAL MEETING, 1999, Indianapolis. **Proceedings...** Indianapolis: American Society of Animal Science, 1999. p. 1-15.

BAUMAN, D.E.; CORL, B.A.; BAUMGARD, L.H.; GRIINARI, J.M. Conjugated linoleic acid (CLA) and the dairy cow. In: GARNSWORTHY, P.C.; WISEMAN, J. **Recent advances in animal nutrition**. Nottingham: Nottingham University Press, 2001. p. 221–250.

BAUMAN, D.E.; PEEL, C.J.; STEINHOOR, W.D.; REYNOLDS, P.J.; TYRRELL, H.F.; BROWN, A.C.G.; HAALAND, G.L. Effect of bovine somatotropin on metabolism of lactating dairy cows: influence on rates of irreversible loss and oxidation of glucose and nonesterified fatty acids. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 118, p. 1031–1040, 1988.

BAUMGARD, L.H.; CORL, B.A.; DWYER, D.A.; SAEBO, A.; BAUMAN, D.E. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. **American Journal of Physiology**, Bethesda, v. 278, p. R179-R184, 2000.

BAUMGARD, L.H.; MATITASHVILI, E.; CORL, B.A.; DWYER, D.A.; BAUMAN, D.E. Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 85, p. 2155–2163, 2002.

BELL, J.A.; GRIINARI, J.M.; KENNELLY, J.J. Effect of safflower oil, flaxseed oil, monensin, and vitamin E on concentration of conjugated linoleic acid in bovine milk fat. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 89, p. 733–748, 2006.

BERNARD, L.; BONNET, M.; LEROUX, C.; SHINGFIELD, K.J.; CHILLIARD, Y. Effect of sunflower-seed oil and linseed oil on tissue lipid metabolism, gene expression, and milk fatty acid secretion in Alpine goats fed maize silage-based diets. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 92, p. 6083-6094, 2009.

BU, D.P.; WANG, J.Q.; DHIMAN, T.R.; LIU, S.J. Effectiveness of oils rich in linoleic and linolenic acids to enhance conjugated linoleic acid in milk from dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 90, p. 998-1007, 2007.

CANNAS, A.; TEDDESCHI, L.O.; FOX, D.G.; PELL, A.N.; VAN SOEST, P.J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, n. 1, p. 149-169, 2004.

CARTA, A.; CASU, S.; USAI, M.G.; ADDIS, M.; FIORI, M.; FRAGHÌ, M.; MIARI, S.; MURA, L.; PIREDDA, G.; SCHIBLER, L.; SECHI, T.; ELSEN, J.M.; BARILLET, F. Investigating the genetic component of fatty acid content in sheep milk. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 79, p. 22-28, 2008.

CHILLIARD, Y. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: a review. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 76, p. 3897–3931, 1993.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A. Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. **Reproduction Nutrition Development**, Les Ulis, v. 44, p. 467–492, 2004.

CHILLIARD, Y.; FERLAY, A.; ROUEL, J.; LAMBERET, G. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 86, p. 1751–1770, 2003.

CHOUINARD, P.Y.; CORNEAU, L.; BARBANO, D.M.; METZGER, L.E.; BAUMAN, D.E. Conjugated linoleic acids alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 129, p. 1579-1584, 1999.

CORL, B.A.; LACY, S.H.; BAUMGARD, L.H.; DWYER, D.A.; GRIINARI, J.M.; PHILLIPS, S.; BAUMAN, D.E. Examination of the importance of Δ^9 -desaturase and endogenous synthesis of conjugated linoleic acid in lactating dairy cows. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, p. 118, 1999. Abstract.

CORL, B.A.; BAUMGARD, L.H.; DWYER, D.A.; GRIINARI, J.M.; PHILLIPS, B.S.; BAUMAN, D.E. The role of delta(9)-desaturase in the production of *cis*-9, *trans*-11 CLA. **Journal of Nutrition Biochemistry**, Bethesda, v. 12, p. 622–630, 2001.

DHIMAN, T.R.; SATTER, L.D.; PARIZA, M.W.; GALLI, M.P.; ALBRIGHT, K.; TOLOSA, M.X. Conjugated linoleic acid (CLA) content of milk from cows offered diets rich in linoleic and linolenic acid. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 83, p. 1016-1027, 2000.

ERASMUS, L.J.; BESTER, Z.; FOURIE, T.; COERTZE, R.J.; HALL, L. Effect of level of rumen protected CLA supplementation on milk yield and composition in Saanen goats. **South African Journal of Animal Science**, Savoy, v. 34, p. 42–45, 2004.

FENG, S.; LOCK, A.L.; GARNSWORTHY, P.C. Technical note: a rapid lipid separation method for determining fatty acid composition of milk. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 87, p. 3785-3788, 2004.

FERREIRA, E.M. **Óleo de peixe em substituição parcial ao óleo de soja em dietas para ovinos**. 2011. 150 p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011.

GERVAIS, R.; McFADDEN, J.W.; LENGI, A.J.; CORL, B.A.; CHOUINARD, P.Y. Effects of intravenous infusion of *trans*-10, *cis*-12 18:2 on mammary lipid metabolism in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 92, p. 5167-5177, 2009.

GÓMEZ-CORTÉS, P.; FRUTOS, P.; MANTECÓN, A.R.; JUÁREZ, M.; DE LA FUENTE, M.A.; HERVÁS, G. Addition of olive oil to dairy ewe diets: effect on milk fatty acid profile and animal performance. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 91, p. 3119–3127, 2008.

GRIINARI, J.M.; CHOUINARD, P.Y.; BAUMAN, D.E. Trans fatty acid hypothesis of milk fat depression revised. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE, 1997, Rochester. **Proceedings...** Rochester: Cornell University, 1997. p. 208-216.

GRIINARI, J.M.; CORL, B.A.; LACY, S.H.; CHOUINARD, P.Y.; NURMELA, K.V. V.; BAUMAN, D.E. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by $\Delta 9$ -desaturase. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 130, p. 2285-2291, 2000.

GRUMMER, R.R.; CARROLL, D.J. Effects of dietary fat on metabolic disorders and reproductive performance of dairy cattle. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 69, p. 3838–3852, 1991.

HARFOOT, C.G.; HAZLEWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. **The rumen microbial ecosystem**. London: Chapman & Hall, 1997. p. 382-426.

HAYES, K.C.; KOSLA, D.R. Diet fatty acids thresholds and cholesterolemia. **FASEB Journal**, Washington, v. 6, p. 2600–2607, 1992.

HE, M.; ARMENTANO, L.E. Effect of fatty acid profile in vegetable oils and antioxidant supplementation on dairy cattle performance and milk fat depression. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 94, p. 2481–2491, 2011.

HESS, B.W.; MOSS, G.E.; RULE, D.C. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 86, p. E188-E204, 2007.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, p. 1791-1794, 1999.

IP, C.; BANNI, S.; ANGIONI, E.; CARTA, G.; MCGINLEY, J.; THOMPSON, H. J.; BARBANO, D.; BAUMAN, D. Conjugated linoleic acid-enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 129, p. 2135-2142, 1999.

JOHNSON, M.M.; PETERS, J.P. Technical note: an improved method to quantify nonesterified fatty acids in bovine plasma. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 71, p. 753-764, 1993.

KEPLER, C.R.; HIRONS, K.P.; MCNEILL, J.J.; TOVE, S.B. Intermediates and products of the biohydrogenation of linoleic acid by *Butyrivibrio fibrisolvens*. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v. 241, p. 1350-1354, 1966.

KRAMER, J.K.G.; FELLNER, V.; DUGAN, M.E.R.; SAUNER, F.D.; MOSSOBA, M.M.; YURAWECZ, M.P. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis conjugated dieno and total *trans* fatty acids. **Lipids**, Rockville, v. 32, p. 1219-1228, 1997.

LOCK, A.L.; GARNSWORTHY, P.C. Independent effects of dietary linoleic and linolenic fatty acids on the conjugated linoleic acid content of cows' milk. **Animal Science**, Malden, v. 74, p. 163–176, 2002.

LOCK, A.L.; TELES, B.M.; PERFIELD, J.W.; BAUMAN, D.E.; SINCLAIR, L.A. A conjugated linoleic acid supplement containing *trans*-10, *cis*-12 reduces milk fat synthesis in lactating sheep. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 89, p. 1525–1532, 2006.

LOOR, J.J.; FERLAY, A.; OLLIER, A.; DOREAU, M.; CHILLIARD, Y. Relationship among *trans* and conjugated fatty acids and bovine milk fat yield due to dietary concentrate and linseed oil. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 88, p. 726-740, 2005.

MELE, M.; BUCCIONI, A.; PETACCHI, F.; SERRA, A.; BANNI, S.; ANTONGIOVANNI, M.; SECCHIARI, P. Effect of forage/concentrate ratio and soybean oil supplementation on milk yield, and composition from Sarda ewes. **Animal Research**, Paris, v. 55, p. 273–285, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants**. Washington, 2007. 384 p.

NUDDA, A.; BATTACONE, G.; BENCINI, R.; PULINA, G. Nutrition and milk quality. In: PULINA, G. **Dairy sheep nutrition**. Oxfordshire: CABI Publ., 2004. p. 129–149.

PALMQUIST, D.L. Milk fat: origin of fatty acids and influence of nutritional factors thereon. In: FOX, P.F.; MCSWEENEY, P.L.H. **Advanced dairy chemistry 2: lipids**. Springer: Springer Science Business Media, 2006. p. 43–92.

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

PARODI, P.W. Conjugated linoleic acid and other anticarcinogenic agents of bovine milk fat. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, p. 1339-1349, 1999.

_____. Dairy product consumption and the risk of breast cancer. **Journal of the American College of Nutrition**, Clearwater, v. 24, p. 556S-568S, 2005.

PETERSON, D.G.; MATITASHVILI, E.A.; BAUMAN, D.E. Diet-induced milk fat depression in dairy cows results in increased *trans*-10, *cis*-12 CLA in milk fat and coordinate suppression of mRNA abundance for mammary enzymes involved in milk fat synthesis. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 133, p. 3098–3102, 2003.

PIPEROVA, L.S.; TETER, B.B.; BRUCKENTAL, I.; SAMPUGNA, J.; MILLS, S.E.; YURAWECZ, M.P.; FRITSCHKE, J.; KU, K.; ERDMAN, R.A. Mammary lipogenic enzyme activity, *trans* fatty acids and conjugated linoleic acids are altered in lactating dairy cows fed a milk fat-depressing diet. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 130, p. 2658-2674, 2000.

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 of Animal Science**, Savoy, v. 79, p. 895–903, 2001.

PULINA, G.; NUDDA, A. Milk production. In: PULINA, G. **Dairy sheep feeding and nutrition**, Bologna: Avenue Media, 2002. p. 11-27.

PULINA, G.; NUDDA, A.; BATTACONE, G.; CANNAS, A. Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in sheep milk. **Animal Feed Science Technology**, Bethesda, v. 131, p. 255–291, 2006.

SAS INSTITUTE. **SAS systems for windows**: version 9.2 Cary, 2008.

SCHMIDELY, P.; MORAND-FEHR, P. Effects of intravenous infusion of *trans*-10, *cis*-12 or *cis*-9, *trans*-11 conjugated linoleic acid (CLA) on milk fat synthesis and composition in dairy goats during mid-lactation. **South African Journal of Animal Science**, Centurion, v. 34, p. 195–197, 2004

SINCLAIR, L.A.; LOCK, A.L.; EARLY, R.; BAUMAN, D.E. Effects of *trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid on ovine milk fat synthesis and cheese properties. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 90, p. 3326-3335, 2007.

STAPLES, C.R.; BURKE, J.M.; THATCHER, W.W. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 81, p. 856–871, 1998.

SUSIN, I.; LOERCH, S.C.; MCCLURE, K.E. Effects of feeding a high grain diet at a restricted intake on lactating performance and rebreeding of ewes. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, p. 3199-3205, 1995.

TURPEINEN, A.M.; MUTANEN, M.; ARO, A.; SALMINEN, I.; BASU, S.; PALMQUIST, D.L.; GRIINARI, J.M. Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. **American Journal of Clinical Nutrition**, Washington, v. 76, p. 504–510, 2002.

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

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

WHITING, C.M. **Transfer of alpha-linolenic acid from forage diets to milk in lactating Holsteins**. Guelph: The University of Guelph, 1999. 95 p.

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of proteins by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of AOAC International**, Washington, v. 81, p. 620-632, 1998.

ZHANG, R.H.; MUSTAFA, A.F.; ZHAO, X. Effects of feeding oilseeds rich in linoleic and linolenic fatty acids to lactating ewes on cheese yield and on fatty acid

composition of milk and cheese. **Animal Feed Science Technology**, New York, v. 127, p. 220–233, 2006.

4 DESEMPENHO REPRODUTIVO DE OVELHAS DA RAÇA SANTA INÊS COM ESTRO SINCRONIZADO ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO ÓLEO DE CANOLA OU LINHAÇA

Resumo

Diversos trabalhos com bovinos tem demonstrado que a adição de lipídeos na dieta influencia a função reprodutiva através do fornecimento de energia ou possível efeito direto de sua composição de ácidos graxos em determinados processos reprodutivos. O objetivo neste trabalho foi avaliar os efeitos dos ácidos oleico e linolênico no desempenho reprodutivo de ovelhas com estro sincronizado. Foram utilizadas 222 ovelhas da raça Santa Inês distribuídas em 3 grupos, de acordo com o peso vivo e condição de escore corporal, e alimentadas com a ração basal, contendo 40% de volumoso (bagaço de cana-de-açúcar) e óleo de canola ou linhaça. As dietas experimentais foram: Controle – sem adição de óleo; Canola – adição de 3% (base na MS) de óleo de canola (OC) e Linhaça - adição de 3% de óleo de linhaça (OL). As dietas experimentais foram fornecidas 45 dias antes da sincronização de estro e o protocolo reprodutivo consistiu na inserção de dispositivo vaginal com progesterona (0,3 g; D0) e aplicação i.m. de eCG (1,5 mL), prostaglandina (2 mL) e colocação dos carneiros 5 dias após (D5). No D0 foram coletados dados de peso corporal das fêmeas. O horário da retirada do dispositivo (D5) foi anotado e a observação de estro teve duração de 72h. O repasse iniciou-se no D16 e teve duração de 13 dias. Não houve influência das dietas sobre o peso corporal e número de crias por fêmea. As taxas de apresentação de estro, de prenhez durante a observação de estro e repasse não sofreram influência das dietas, assim como o tempo (h) para a apresentação de estro. A taxa de prenhez total foi superior nos animais que receberam a dieta controle quando comparada com as ovelhas que receberam OL. A suplementação com fonte de óleo rico em ácido oleico (OC) ou em linolênico (OL) não conferiu melhora nos índices reprodutivos de ovelhas da raça Santa Inês.

Palavras-chave: Linolênico; Oleico; Ovinos; Prenhez

Abstract

Several studies with cows reported that the lipid supplementation alters the reproductive function by providing energy and act on the reproductive processes in a way that is not related to energy. Indeed, changes in FA composition of the diet can provide different reproductive effects. The objective in this trial was to determine the effects of oleic or linolenic acids on reproductive performance of ewes with synchronized estrus. A total of 222 Santa Inês ewes were assigned according to body weight (BW) and body condition score to one of three experimental diets to evaluate the effects of fat sources on pregnancy and estrus index, time to estrus and number of lambs per ewe. Ewes were fed diets containing 40% of roughage (sugar cane bagasse) with the addition of canola or linseed oil. Experimental diets included a control (no oil) and two remaining diets with the addition of 3% of canola oil or linseed oil (DM basis). All ewes were fed the experimental diets 45d before the estrus synchronization. The reproductive protocol consisted of inserting a progesterone

device for 5d (D0), rams introduction, i.m. injection of eCG (1.5 mL) and PGF2 α (2 mL) on the 5th day (D5). At D0 the BW from the ewes was obtained. The time of progesterone device withdrawal (D5) was recorded and the observation of estrus lasted 72 hours. The 2nd service began at D16 and lasted 13 days. BW and number of lambs per ewe were not affected by diets. The rates of onset of estrus, pregnancy at 1st and 2nd services and time for the onset of estrus were not affected by diets. The total pregnancy rate was higher in animals fed the control diet compared to those fed the linseed oil. Supplementation with oil oleic acid-rich (canola) or linolenic acid-rich (linseed) did not improve reproductive rates of Santa Inês ewes.

Keywords: Linolenic, Oleic, Pregnancy, Sheep

4.1 Introdução

A nutrição adequada pode proporcionar aos produtores de ovinos a oportunidade de obter uma produção mais eficiente e sustentável. Um grande enfoque a ser considerado num sistema de produção é a otimização de dietas para que não interfiram negativamente na reprodução. Não menos importante, é a identificação de fatores nutricionais que podem auxiliar ainda mais na capacidade reprodutiva das fêmeas (STAPLES; BURKE; THATCHER, 1998).

A adição de lipídeos na dieta favorece a função reprodutiva através do fornecimento de energia (DELCURTO et al., 2000) e por agir em processos reprodutivos que não estão relacionados com energia (SANTOS et al., 2008), pois foi constatado que dietas isoenergéticas causaram efeitos na reprodução (LUCY et al., 1993). O aumento na disponibilidade de AG permite o aumento na secreção de esteroides e eicosanoides, que podem levar a uma alteração na função ovariana e do útero além de afetar a taxa de prenhez. Enquanto que na célula, os AG podem exercer efeito direto na transcrição de genes que transcrevem proteínas essenciais para eventos reprodutivos (MATTOS; STAPLES; THATCHER, 2000).

Alguns trabalhos estudaram o efeito da suplementação lipídica na reprodução de vacas utilizando fontes ricas em AG poliinsaturado e mostraram aumento na concentração de colesterol, tamanho e número de folículos (LAMMOGLIA et al., 1997a; ROBINSON et al., 2002), aumento na concentração de progesterona (STAPLES; BURKE; THATCHER, 1998) e melhora do desenvolvimento e crescimento de embriões (SANTOS et al., 2008). Com isso, os AG poliinsaturados são conhecidos por mediar uma série de ações nos tecidos reprodutivos, como efeito na fluidez de membrana, cascatas de sinais intracelulares e, inclusive, a

susceptibilidade à danos causados pela sua oxidação (WATHES; ABAYASEKARA; AITKEN, 2007), sendo que alguns desses efeitos foram mais evidenciados quando fontes lipídicas ricas em AG da família *n*-3 e *n*-6 foram utilizados (SANTOS et al., 2008).

O ácido linolênico é a principal fonte de AG *n*-3 e, assim como os AG poliinsaturados, são os principais constituintes da porção lipídica do fluido folicular e, alterações na sua composição e quantidade pode influenciar o desenvolvimento de ovócitos (MAREI et al., 2009) e o estabelecimento da gestação (WATHES; ABAYASEKARA; AITKEN, 2007) em vacas. Por sua vez, a suplementação com semente rica em ácido oleico aumentou as taxas de concepção em vacas de corte (LAMMOGLIA et al., 1997b) e aquelas alimentadas com sabão de cálcio rico em ácido oleico conceberam mais cedo e apresentaram maior ECC que aqueles animais que receberam a dieta controle (ESPINOZA et al., 1995).

A quantidade de gordura a ser suplementada na dieta para que os efeitos sejam evidenciados na reprodução ainda precisa ser melhor estudada (FUNSTON, 2004). Desta forma, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar o efeito da adição de 3% (base na MS) de fontes ricas em ácido linolênico (óleo de linhaça) e em ácido oleico (óleo de canola) no desempenho reprodutivo de ovelhas após o parto.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Animais, condições e períodos experimentais

O experimento foi conduzido durante os meses de Abril a Junho de 2010 no Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/ USP) no município de Piracicaba, Estado de São Paulo. A cidade localiza-se a 22°43'31” de latitude sul a uma altitude aproximada de 550 metros.

Foram utilizadas 222 fêmeas da raça Santa Inês sendo que: 170 ovelhas em lactação com peso corporal médio de 66,9kg ($\pm 8,3$ kg), ECC médio de 2,75 e idade média de 2,5 anos e; 52 borregas com peso médio de 49,3kg ($\pm 7,6$ kg), ECC médio de 2,75 e idade média de 11 meses. Todos os animais foram distribuídos em três baias coletivas (uma baia para cada dieta) de forma homogênea, ou seja, de acordo com a idade (ovelhas em lactação ou borregas), peso corporal e ECC. O

fornecimento dos óleos teve início 45 dias antes da inserção do dispositivo de progesterona (Figura 1). A desmama dos animais lactantes foi realizada em dois períodos, quando os cordeiros atingiram idade aproximada de 60 dias, sendo assim, a desmama do segundo lote aconteceu 24 dias após o primeiro.

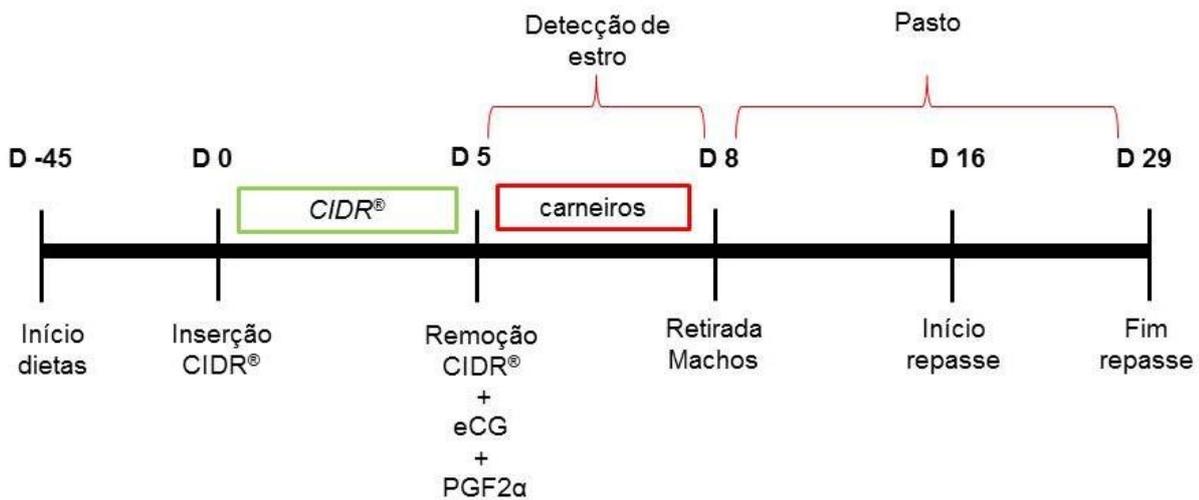


Figura 1 – Protocolo de sincronização do estro e eventos experimentais

As fêmeas foram sincronizadas com dispositivo intravaginal de progesterona CIDR® (0,3 g de progesterona, Eazi Breed, Sheep inserts, Pfizer, EUA) sendo o dia da inserção do dispositivo considerado como dia zero (D0). Neste momento foram coletadas informações de PC das fêmeas.

O protocolo de sincronização consistiu na inserção do CIDR® (D 0) e retirada cinco dias após, quando houve aplicação intramuscular de 300 UI de eCG (1,5 mL de Folligon®, Intervet International B.V., Boxmeer, Holanda) e prostaglandina (2 mL de Lutalyse®, Pfizer do Brasil, São Paulo, Brasil) nos animais. Imediatamente após o término da administração hormonal, três carneiros da raça Santa Inês foram inseridos em cada baía (média de 25 fêmeas para cada macho) e houve início da observação de comportamento de estro das fêmeas. A apresentação de estro foi confirmada quando a fêmea foi montada pelo macho e a cópula realizada. Após três cobrições, a fêmea foi retirada do lote para permitir que o macho servisse outras ovelhas num período mais curto de tempo.

As ovelhas haviam sido previamente identificadas com números visíveis à distância pelo observador e seu comportamento foi observado por um período de 72

horas ininterruptamente. Após o término da observação de estro os carneiros foram retirados e os lotes experimentais foram agrupados em um único lote, sendo que neste momento o fornecimento de óleo foi cessado e as fêmeas foram colocadas em pastos de capim Tifton (*Cynodon dactylon*). Onze dias após a retirada do dispositivo (D16), os carneiros foram inseridos novamente no lote das ovelhas para realização do repasse, que teve duração de 13 dias (Figura 1).

A gestação foi verificada por ultrassonografia 48 e 97 dias após a retirada do dispositivo de progesterona (D 5), com o intuito de auxiliar na classificação do tipo de prenhez.

O horário da retirada do dispositivo de progesterona foi anotado e, com isso, foi possível determinar a quantidade de horas que os animais levaram para apresentação dos sinais de estro. Deste modo, foram determinados 6 intervalos de tempo em que os animais levaram para o estro: 18, 30, 42, 54, 66 e 72 horas. No momento do parto foram realizadas aferições do peso corporal e quantidade de cordeiros nascidos por fêmea.

4.2.2 Rações experimentais e análises bromatológicas

As rações experimentais (Tabela 9) foram formuladas para serem isonitrogenadas e isoenergéticas, atendendo as exigências de ovelhas em manutenção (NRC, 2007).

Tabela 9 - Proporção de ingredientes e composição química das rações experimentais

Ingredientes (% da MS)	Dietas	
	Controle	Óleos ¹
Bagaço de Cana	40,2	40,1
Milho Moído	10,6	7,7
Farelo de Soja	16,8	17,1
Casca de Soja	30,0	29,7
Óleos	-	3,0
Ureia	0,4	0,4
Calcário	0,6	0,6
Mistura Mineral ²	1,4	1,4
Composição Química (%)		
Matéria Seca	68,2	74,4
Proteína Bruta	13,5	13,4
Fibra em Detergente Neutro	62,1	56,7
Extrato Etéreo	1,1	3,9
Energia Líquida (Mcal/kg de MS) ³	1,2	1,3

¹Inclusão de 3% de óleo de canola ou linhaça.

² Composição: Ca 13,4%, P 7,5%, Mg 1%, S 7%, Cl 21,8%, Na 14,5%, Mn 1100 mg/kg, Fe 500 mg/kg, Zn 4600 mg/kg, Cu 300 mg/kg, Co 40 mg/kg, I 55 mg/kg, Se 30 mg/kg.

³ Estimada usando o *Small Ruminant Nutrition System*, v. 1.8.6 (CANNAS et al., 2004).

O milho foi moído em moinho da marca Nogueira[®] (modelo DPM-4, Itapira, SP, Brasil), desprovido de peneira, caracterizando uma moagem grosseira. O bagaço de cana foi armazenado em silo e misturado com o concentrado em vagão forrageiro (Casale[®], São Carlos, SP, Brasil). Todos os ingredientes do concentrado foram previamente pesados e homogeneizados em um misturador horizontal (Lucato[®], Limeira, SP, Brasil) com capacidade para 500 kg. O óleo foi pesado diariamente em balança eletrônica com precisão de 5 gramas e misturado ao concentrado momentos antes da oferta, e juntamente com o bagaço de cana.

As dietas experimentais foram fornecidas diariamente, garantindo o consumo *ad libitum*, considerando aproximadamente 10% de sobras. Foram coletadas amostras de todas as partidas da ração e a cada 15 dias todos os ingredientes foram amostrados e conservados a -20°C para análise da composição química no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP. Após o descongelamento, as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de crivos de 1 mm, para posterior determinação da matéria seca, matéria mineral e

extrato etéreo segundo a Association of Official Analytical Chemists - AOAC (2000). A matéria orgânica foi calculada pela diferença entre a matéria seca e matéria mineral.

O teor de fibra em detergente neutro foi obtido com o uso de sulfito de sódio e enzima α -amilase termoestável (VAN SOEST; ROBERTSON; LEWIS, 1991) com o auxílio do analisador de fibra modelo ANKON Fiber Analyser (ANKON[®] Technology Corp., Macedon, NY, EUA), como descrito por Holden (1999). Os valores obtidos foram corrigidos para cinzas após a incineração dos sacos.

A determinação do nitrogênio total foi realizada com base na combustão das amostras pelo analisador da marca LECO[®] (St Joseph, MI, EUA), modelo FP 528 com temperatura para combustão de 835°C (WILES; GRAY; KISSLING, 1998). O teor de proteína bruta foi obtido por meio da multiplicação do teor de nitrogênio total por 6,25.

4.2.3 Análise estatística

As ovelhas lactantes foram divididas de acordo com data do parto, ECC e peso corporal no momento do parto e as borregas foram distribuídas de acordo com o peso e ECC. A diferença encontrada no número de animais nos tratamentos é devido a exclusão por motivos tais como: perda do dispositivo de progesterona, extravio e morte de animais, sendo que foram retirados 2 animais da dieta com óleo de canola e 3 da dieta com óleo de linhaça.

Os dados paramétricos (PC e tempo para o estro) foram analisados utilizando o PROC MIXED do pacote estatístico SAS 9.2 (2008). As médias apresentadas foram comparadas pelo teste de Tukey, sendo consideradas significativas quando $P \leq 0,05$. Os dados foram avaliados de acordo com a sua distribuição normal, a partir do teste de Shapiro-Wilk, assim como também foram retirados dados que não seguiam o padrão normal (*outliers*) para posterior análise.

Os dados não paramétricos (estro, taxa de prenhez e número de cordeiros por ovelha) foram submetidos a análise com o comando PROC GLIMMIX do mesmo pacote estatístico, considerando o efeito significativo quando o valor de $P \leq 0,05$ ao teste da média dos mínimos quadrados. Foi considerada distribuição binomial para as variáveis estro e prenhez e, de Poisson para número de crias por ovelha.

4.3 Resultados e discussão

O presente estudo contribui com informações a respeito da eficiência reprodutiva de ovelhas alimentadas com a adição de fontes de óleos ricos em ácido linolênico (linhaça) e em oleico (canola), discutindo de forma mais específica a composição da fonte lipídica utilizada. As gorduras possuem diferentes composições de AG e a sua consideração na discussão de dados reprodutivos é importante, já que a influência destes nos órgãos reprodutivos é diferenciada. Além disso, o conhecimento do efeito que cada tipo de AG exerce na reprodução facilita a escolha da fonte de gordura.

O peso corporal das ovelhas e o número de crias por fêmea não sofreram efeito ($P > 0,05$) da dieta (Tabela 10). O peso corporal considerado foi obtido no momento da inserção do dispositivo de progesterona (D0) e assim é possível afirmar que seus valores são consequência do período de 45 dias em que os animais receberam as dietas experimentais. Vale ressaltar que no início do experimento, ou seja, quando iniciou-se a suplementação dos óleos, as ovelhas foram distribuídas nos tratamentos de acordo com a data do parto (no caso dos animais que estavam em lactação), o peso corporal e ECC, sendo que esses valores iniciais não diferiam entre si.

Tabela 10 - Efeito da suplementação de óleos (3% de óleo de canola ou linhaça, base na MS) no peso corporal (PC) e número de crias de ovelhas Santa Inês

Variáveis	Dietas			EPM ¹	P
	Controle	Canola	Linhaça		
PC (kg)	57,9	59,3	59,1	0,66	0,37
Número de crias	1,9	1,7	1,7	-	0,80

¹ Erro padrão da média.

Letras na mesma linha indicam efeito significativo no teste da média dos mínimos quadrados ($P \leq 0,05$).

Segundo Freitas e Rubianes (2008), em regiões de latitudes mais baixas (inferiores a 35°) a reprodução de pequenos ruminantes é pouco afetada pelo fotoperíodo. Neste contexto, as ovelhas da raça Santa Inês utilizadas neste experimento não apresentaram estacionalidade reprodutiva, já que a latitude do local onde o experimento foi conduzido é de 22° sul (região tropical) e também pelo fato dos animais desta raça não apresentarem estacionalidade reprodutiva no estado de São Paulo (SASA et al., 2002). Por isso, a atividade sexual e as ovulações não

sofreram influência da quantidade de horas de luz e não há necessidade de se considerar o período em que o experimento foi realizado.

Não houve influência ($P>0,05$) da dieta sobre a apresentação de estro durante as 72h de observação após sincronização (Tabela 11). Esta sincronização proporcionou média aproximada de 75% dos animais apresentando estro, sendo estes sincronizados com dispositivo de progesterona por 5 dias, com aplicação de eCG, PGF2 α e introdução dos machos no quinto dia (retirada do dispositivo). Inskeep et al.² avaliaram a sincronização de ovelhas com um método bastante semelhante, utilizando dispositivo de progesterona por 5 dias, mas com aplicação de eCG no quarto dia e introdução dos machos no quinto dia e, o compararam com apenas a colocação dos carneiros no lote das ovelhas não sincronizadas e encontraram 79% e 12% das ovelhas em estro nos primeiros 3 dias de observação, respectivamente.

Tabela 11– Efeito da suplementação de óleos (3% de óleo de canola ou linhaça, base na MS) na taxa e tempo de apresentação de estro e na taxa de prenhez de ovelhas Santa Inês

Variáveis ¹	Diets			EPM ²	P
	Controle	Canola	Linhaça		
Estro (%)	73,0 (54/74)	72,2 (52/72)	78,9 (56/71)	-	0,67
Tempo para o estro (h)	32,4	34,0	36,1	1,16	0,51
TP na sincronização (%)	51,4 (38/74)	44,4 (32/72)	42,4 (30/71)	-	0,52
TP no cio de retorno (%)	27,0 (20/74)	27,8 (20/72)	18,3 (13/71)	-	0,35
TP total (%)	78,4 (58/74) ^a	72,2 (52/72) ^{ab}	60,6 (43/71) ^b	-	0,05

¹ Estro: animais que apresentaram sinais de estro em até 72h após sincronização; tempo para o estro: quantidade de horas até a apresentação de estro após a retirada do dispositivo de progesterona, aplicação de hormônios e introdução dos machos; TP: taxa de prenhez; sincronização: animais prenhes até 72h após a sincronização de estro; cio de retorno: animais prenhes durante a monta no retorno ao cio.

² Erro padrão da média.

Letras na mesma linha indicam efeito significativo no teste da média dos mínimos quadrados ($P\leq 0,05$).

A concentração de animais prenhes durante a observação de estro (média geral de 46%) e durante o repasse (média geral de 24%) não sofreu influência

² INSKEEP, K.; KNIGHTS, M.; RAMBOLDT, T.; D'SOUZA, K. **Using the EAZI-breed CIDR-G for out-of-season breeding in ewes.** Morgantown: Division of Animal Science and Nutritional Sciences, Unpublished.

($P > 0,05$) das dietas. Inskeep et al.³ encontraram 48% de taxa de prenhez durante o primeiro serviço após a sincronização. Dixon et al. (2006) ao sincronizar ovelhas com dispositivo de progesterona por 5 dias, com aplicação de PGF2 α e introdução dos carneiros no quinto dia, encontraram 82,8% dos animais apresentando estro nos primeiros 3 dias de observação, em que 71,0% dos animais conceberam no primeiro serviço.

A utilização de dispositivo com progesterona por um intervalo de cinco dias permite que a concentração deste hormônio no animal seja suficiente para prevenir um pico de LH e a ovulação, permitindo que o corpo lúteo pré-existente se torne mais sensível à prostaglandina (DIXON et al., 2006).

Houve influência ($P = 0,05$) da dieta na taxa de prenhez total (Tabela 11), em que os menores valores observados são da dieta com óleo de linhaça (60,6%), intermediários do canola (72,2%) e superiores da dieta controle (78,4%). Uma possível justificativa para a menor taxa de prenhez nos animais suplementados com óleo de linhaça, considerando que não houve diferença ($P > 0,05$) entre as dietas quanto à apresentação de sinais de estro, seria a de que a alta quantidade de ácido linolênico fornecida aos animais alimentados com este óleo foi prejudicial em algum momento da ovulação ou desenvolvimento embrionário.

Neste contexto, a maturação ovocitária de qualidade é um pré-requisito para o desenvolvimento embrionário. Marei et al. (2009) estudaram o efeito da adição de ácido linolênico no desenvolvimento *in vitro* de ovócitos de vacas e observaram que houve melhora da maturação nuclear quando este estava presente na concentração de 50 μM no meio de cultura, enquanto que maiores concentrações foram prejudiciais, diminuindo a taxa de maturação nuclear do ovócito e aumentando a concentração de maturação anormal. Outro estudo com desenvolvimento embrionário *in vitro* de ratos, encontrou que a adição de AG poliinsaturados aumenta a quantidade de peróxidos que inibem a proliferação das células, sendo este efeito de inibição reduzido quando algum anti-oxidante é adicionado no meio. Foi-se sugerido que o estresse oxidativo gerado a partir da peroxidação lipídica é o principal motivo na redução do desenvolvimento embrionário do cultivo *in vitro* (NONOGAKI et al., 1994). Apesar de Santos et al. (2008) afirmarem que o

³ INSKEEP, K.; KNIGHTS, M.; RAMBOLDT, T.; D´SOUZA, K. **Using the EAZI-breed CIDR-G for out-of-season breeding in ewes.** Morgantown: Division of Animal Science and Nutritional Sciences, Unpublished.

fornecimento de gordura rica em AG da família *n-3*, como a semente de linhaça, aumenta as taxas de prenhez, isto não ocorre em todos os estudos e, segundo estes autores, a sua inclusão deve ocorrer em quantidade moderada.

O estradiol é um hormônio derivado do colesterol, que geralmente tem sua concentração aumentada em animais alimentados com fontes de gordura (STAPLES; BURKE; THATCHER, 1998; ROBINSON et al., 2002). Este hormônio tem efeitos estimulatórios de secreção uterina de PGF2 α e pode aumentar a sensibilidade do corpo lúteo a esta substância, o que provoca a sua regressão. Assim, menores concentrações de estradiol são favoráveis durante a concepção para prevenir perda embrionária precoce através da diminuição de regressão prematura do corpo lúteo (SANTOS et al., 2008). O aumento na concentração de estradiol também pode ter ocorrido no presente estudo, contribuindo para uma possível perda embrionária precoce nos animais que foram alimentados com óleo de linhaça ou canola.

Não houve efeito da dieta ($P>0,05$) sobre o tempo para apresentação de estro após a retirada do dispositivo de progesterona (Tabela 11). De acordo com a Tabela 12 observa-se que a concentração de animais que apresentaram sinais de estro antes das primeiras 18 horas, após a retirada do dispositivo com progesterona, teve menores valores (9,1%) para os animais que receberam o óleo de linhaça, porém até 42 horas os maiores valores foram desta dieta (41,8 e 27,3% para 30h e 42h, respectivamente).

Tabela 12 - Efeito da suplementação de óleos (3% de óleo de canola ou linhaça, base na MS) nos intervalos de tempo para apresentação de estro após retirada do dispositivo de progesterona de ovelhas Santa Inês

Variáveis ¹	Dietas		
	Controle	Canola	Linhaça
n	74	72	71
18h	18,5% (10/54)	15,4% (8/52)	9,1% (5/55)
30h	37,0% (20/54)	38,5% (20/52)	41,8% (23/55)
42h	24,1% (13/54)	21,1% (11/52)	27,3% (15/55)
54h	20,4% (11/54)	21,1% (11/52)	14,5% (8/55)
66h	-	3,9% (2/52)	7,3% (4/55)

¹ n: número total de animais.

Houve maior concentração de animais que apresentaram sinais de estro que ocorreu até 30h após a retirada do dispositivo de progesterona. Godfrey et al. (1999) ao sincronizar ovelhas deslanadas com CIDR[®] por 12 dias encontraram maior porcentagem de animais apresentando estro em 36 horas (94,4%). Entretanto, os valores encontrados por Inskeep et al.⁴ ao utilizar CIDR[®] por 5 dias e aplicar eCG no 4º dia estão de acordo com o presente estudo, em que o tempo médio para apresentação de estro foi de 42 horas após a introdução dos carneiros.

Um ciclo estral na ovelha é considerado normal quando sua duração é de 17 dias (± 2 dias). Este ciclo é composto por duas fases: folicular (com duração aproximada de 3 dias, no período entre a luteólise e ovulação) e lútea (que se estende desde a ovulação até a luteólise; MORELLO; CHEMINEAU, 2008). Deste modo, o início do período de repasse utilizado (D16, Figura 1) 11 dias após a sincronização de estro foi anterior ao começo do próximo ciclo, partindo do princípio que todos os animais haviam sido sincronizados (D 5; Figura 1).

Lammoglia et al. (2000) indicaram o início da suplementação de gordura em aproximadamente 60 dias antes da estação de monta para uma melhora mais efetiva na reprodução de novilhas de reposição. Em sua revisão sobre o efeito da suplementação de gordura em vacas, Funston (2004) afirmou que o tempo de duração ideal para que suplementação lipídica mostre efeitos na reprodução ainda é desconhecido, sendo que muitos estudos reportaram que este deve durar no mínimo 30 dias. O período utilizado no presente estudo foi de 50 dias e foi suficiente para que alguma influência fosse detectada na taxa de prenhez total dos animais.

4.4 Considerações finais

A sincronização de estro associada a suplementação de óleos apresentou valores satisfatórios de taxa de apresentação de estro e prenhez. Porém a adição de fonte lipídica rica em ácido linolênico prejudicou a taxa de prenhez total.

A escolha pela utilização de óleo de linhaça ou canola na dieta de ovelhas com o intuito de se melhorar os índices reprodutivos deve ser cautelosa. Os efeitos desta

⁴ INSKEEP, K.; KNIGHTS, M.; RAMBOLDT, T.; D´SOUZA, K. **Using the EAZI-breed CIDR-G for out-of-season breeding in ewes**. Morgantown: Division of Animal Science and Nutritional Sciences, Unpublished.

adição visualizados neste estudo, além de serem mais onerosos ao produtor, não se mostraram mais vantajosos que a dieta controle.

Descobrir como a suplementação lipídica influencia a reprodução é um processo difícil. Os efeitos parecem ser dependentes do ECC, idade (paridade), disponibilidade de nutrientes e o perfil de AG da fonte (FUNSTON, 2004). Com isso, as pesquisas tem mostrado respostas variadas da utilização de gordura na reprodução, e como o custo desta adição é aumentado, os produtores devem ser avisados do risco de haver resultados de baixo desempenho reprodutivo.

4.5 Conclusão

A suplementação com fontes de óleo rico em ácido oleico (canola) ou linolênico (linhaça) não conferiu melhora nos índices reprodutivos de ovelhas da raça Santa Inês.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 19th ed. Maryland, 2000. 1219 p.

CANNAS, A.; TEDDESCHI, L.O.; FOX, D.G.;PELL, A.N.; VAN SOEST, P.J. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, n. 1, p. 149-169, 2004.

DELCURTO, T.; HESS, B.W.; HUSTON, J.E.; OLSON, K.C. Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages in the western United States. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 77, p. 1u-16u, 2000.

DIXON, A.B.; KNIGHTS, M.; PATE, J.L.; LEWIS, P.E.; INSKEEP, E.K. Reproductive performance of ewes after 5-day treatment with intravaginal inserts containing progesterone in combination with injection of prostaglandin F₂α. **Reproduction in Domestic Animals**, Somerset, v. 41, p. 142-148, 2006.

ESPINOZA, J.L.; RAMIREZ-GODINEZ, J.A; JIMENEZ, J.A.; FLORES, A. Effects of calcium soaps of fatty acids on postpartum reproductive activity in beef cows and growth of calves. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 73, p. 2888–2892, 1995.

FREITAS, V.J.F.; RUBIANES, E. Preparação das fêmeas: detecção e controle do estro e da ovulação. In: AISEN, E.G. **Reprodução ovina e caprina**. São Paulo: MedVet, 2008. p. 203.

FUNSTON, R.N. Fat supplementation and reproduction in beef females. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 82, p. E154-E161, 2004.

GODFREY, R.W.; COLLINS, J.R.; HENSLEY, E.L.; WHEATON, J.E. Estrus synchronization and artificial insemination of hair sheep ewes in the tropics. **Theriogenology**, New York, v. 51, p. 985-997, 1999.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 82, p. 1791-1794, 1999.

LAMMOGLIA, M.A.; WILLARD, S.T.; HALLFORD, D.M.; RANDEL, R.D. Effects of dietary fat on follicular development and circulating concentrations of lipids, insulin, progesterone, estradiol 17 β , 13,14-dihydro-15-keto-prostaglandin F₂, and growth hormone in estrous cyclic Brahman cows. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 75, p. 1591-1600, 1997a.

LAMMOGLIA, M.A.; BELLOWS, R.A.; GRINGS, E.E.; BERGMAN, J.W.; SHORT, R.E.; MACNEIL, M.D. Effects of dietary fat composition and content, breed, and calf sex on birth weight, dystocia, calf vigor, and postpartum reproduction of first calf beef heifers. **Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science**, Champaign, v. 48, p. 81-83, 1997b.

LAMMOGLIA, M.A.; BELLOWS, R.A.; GRINGS, E.E.; BERGMAN, J.W.; BELLOWS, S.E.; SHORT, R.E.; HALLFORD, D.M.; RANDEL, R.D. Effects of dietary fat and sire breed on puberty, weight, and reproductive traits of F1 beef heifers. **Journal of Animal Science**, Savoy, v. 78, p. 2244-2252, 2000.

LUCY, M.C.; DE LA SOTA, R.L.; STAPLES, C.R.; THATCHER, W.W. Ovarian follicular populations in lactating dairy cows treated with recombinant bovine somatotropin (sometribove) or saline and fed diets differing in fat content and energy. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 76, p. 1014-1027, 1993.

MAREI, W.F.; WATHES, D.C.; FOULADI-NASHTA, A.A. The effect of linolenic acid on bovine oocyte maturation and development. **Biology of Reproduction**, Burlington, v. 81, p. 1064-1072, 2009.

MATTOS, R.; STAPLES, C.R.; THATCHER, W.W. Effects of dietary fatty acids on reproduction in ruminants. **Reviews of Reproduction**, London, v. 5, p. 38-45, 2000.

MORELLO, H.H.; CHEMINEAU, P. Características anatômicas e funcionais do sistema reprodutor da fêmea. In: AISEN, E.G. **Reprodução ovina e caprina**, São Paulo: MedVet, 2008. 203 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of small ruminants.** Washington, 2007. 384 p.

NONOGAKI, T.; NODA, Y.; GOTO, Y.; KISHI, J.; MORI, T. Developmental blockage of mouse embryos caused by fatty acids. **Journal of Assisted Reproduction and Genetics**, New York, v. 11, p. 482-488, 1994.

ROBINSON, R.S.; PUSHPAKUMARA, P.G.; CHENG, Z.; PETERS, A.R.; ABAYASEKARA, D.R.; WATHES, D.C. Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on ovarian and uterine function in lactating dairy cows. **Reproduction**, London, v. 124, p. 119–131, 2002.

SANTOS, J.E.P.; BILBY, T.R.; THATCHER, W.W.; STAPLES, C.R.; SILVESTRE, F.T. Long chain fatty acids of diet as factors influencing reproduction in cattle. **Reproduction in Domestic Animals**, Somerset, v. 43, p. 23–30, 2008.

SAS INSTITUTE. **SAS systems for windows:** version 9.2 Cary, 2008.

SASA, A.; TESTON, D.C.; RODRIGUES, P. de A.; COELHO, L. De A.; SCHALCH, E. Concentrações plasmáticas de progesterona em borregas lanadas e deslanadas no período de abril a novembro, no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, p. 1150-1156, 2002.

STAPLES, C.R.; BURKE, J.M.; THATCHER, W.W. Influence of supplemental fats on reproductive tissues and performance of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 81, p. 856–871, 1998.

STELLFLUG, J.N.; HATFIELD, P.G.; WULSTER-RADCLIFFE, M.C.; WALKER, J.W. Reproductive performance of ewe lambs from ewes from different selection practices with or without induced estrus. **Animal Reproduction Science**, Bethesda, v. 66, p. 185-193, 2001.

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

WATHES, D.C.; ABAYASEKARA, D.R.E.; AITKEN, R.J. Polyunsaturated fatty acids in male and female reproduction. **Biology of Reproduction**, Burlington, v. 77, p. 190-201, 2007.

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of proteins by Kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of AOAC International**, Washington, v. 81, p. 620-632, 1998.