

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

**Óleo de soja e sais de cálcio de ácidos graxos para ovinos:
produção e composição do leite de ovelhas, desempenho e
características reprodutivas de borregas**

Adrielly Lais Alves da Silva

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Ciência Animal e Pastagens

**Piracicaba
2023**

Adrielly Lais Alves da Silva
Bacharel em Zootecnia

**Óleo de soja e sais de cálcio de ácidos graxos para ovinos: produção e
composição do leite de ovelhas, desempenho e características reprodutivas de
borregas**

versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **EVANDRO MAIA FERREIRA**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2023

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

Silva, Adrielly Lais Alves da

Óleo de soja e sais de cálcio de ácidos graxos para ovinos: produção e composição do leite de ovelhas, desempenho e características reprodutivas de borregas / Adrielly Lais Alves da Silva - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2023.

95 p.

Tese (Doutorado) - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Gordura protegida 2. Lipídeos 3. Nutrição 4. Pequenos ruminantes I.
Título

DEDICATÓRIA

Com orgulho em tê-los em minha vida, dedico

Aos meus pais, Roseli Alves Batista e Reginaldo Gomes da Silva (*in memoriam*) pela vida, ensinamentos, suporte e criação.

Á minha avó Rita Alves, aquela mulher que desde pequena me ensinou o que é amor, me ensinou a ler e escrever, me trilhou no caminho da fé e jamais me abandonou.

Á meu querido e amado esposo Marcus Vinicius Porto dos Santos, que está presente comigo desde a graduação, um grande parceiro, amigo e fiel companheiro.

Á meu melhor e grandioso presente enviado do céu, meu filho Carlos Henrique Alves dos Santos, meu querubim você é luz em minha vida, você nasceu eu resnaci.

Enfim, á todos aqueles que estiveram presentes e juntos sonhoram comigo esse tão sonhado título.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelo dom da vida, pelas graças alcançadas e por todos os momentos. O senhor é meu escudo, minha fortaleza.

Aos meus pais, Roseli Alves Batista e Reginaldo Gomes da Silva (*in memoriam*), pela criação, ensinamentos, educação e amor.

A meu esposo Marcus Vinicius Porto dos Santos, por todo apoio e companherismo durante toda a minha jornada acadêmica, que companheiro dez você é meu querido, sempre ao meu lado, gratidão.

A meu anjo enviado do céu, meu amado, sonhado e tão desejado filho Carlos Henrique Alves dos Santos, você é a melhor coisa da minha vida meu pequeno.

A minha irmã Maria Eduarda Alves da Silva, minha bebezinha, amiga e incentivadora de sonhos

A minha querida sogra Luciene Porto, por sempre estar ao meu lado e ter me como filha. E ao meu sogro Eflain Stroppa dos Santos (*in memoriam*), por sempre acreditar em mim, saudades eterna.

Ao Prof. Dr. Evandro Maia Ferreira, pela orientação, oportunidade e ensinamentos ao longe desse tão sonhado título.

Ao Prof. Dr. Fernando Miranda de Vargas Junior, professor que me acolheu desde a graduação, me ensinou ovinocultura (hoje minha paixão) e sempre me incentivou a realizar meus sonhos.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” e Universidade de São Paulo ESALQ/USP – pela oportunidade em fazer parte dessa história e pelas melhores condições que uma escola pode oferecer a um aluno, um ótimo lugar para ensino e aprendizagem.

Aos professores do Departamento de Zootecnia por terem contribuído com minha formação científica e pessoal.

À Prof. Dra. Carla Maris Machado Bittar, pela coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, ajuda e compreensão durante essa minha caminhada, gratidão por encontrar seres humanos como a senhora professora, obrigada por me incentivar há não desistir em meu momento de fraqueza.

Ao Prof. Dr. Brunno da Silva Cerozi pela coordenação do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e todo apoio em minha trajetória.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa durante o doutorado (Processo n.º

6073199602362987).

À NUTRICORP, pelo auxílio financeiro para condução do projeto com sais de cálcio de ácidos graxos.

Ao Prof. Dr. Daniel Polizel, que ser humano de luz você é, coração grandioso, um grande amigo que levarei para sempre em meu coração, muito obrigado Dani por toda ajuda, apoio e ensinamento. Muitas graças sobre sua vida.

Aos membros do SIPOC, minha dupla o grandão Paulo César, a minha amiga Isabela, ao titio Matheus (PPK), a titia Jennifer (Cabrita), Ana Carolina (Dindinha), Natália (Na do skate), Rhaíssa, Nathália, Brenda, Thamires, Teresinha, Jamile, Augusto, Faúzer, Guilherme, Ana, Victoria, Taylon, Taís, por toda ajuda ao longo desses anos de pesquisa.

Aos funcionários do SIPOC, Sr. Roberto, Sr. Marcos Polizel, Adilson (Zica) e Joseval, obrigada.

À Pós-doc Dra. Janaina Socolovski Biava pela ajuda durante a pesquisa e biopsia dos animais.

Aos membros do LNRA, José Paulo (Zé), Marcelo (Pancada), Lairana, André (Xena), Arnaldo (Pinguim), Gabriela, Natasha, Gustavo, Victor, Letícia, Kaue, Alexandre (Miszura).

À técnica do Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal (LNRA/ESALQ) Luciana Castelar Tsuda, obrigada por toda ajuda laboratorial e amizade.

À Regina Helena Goncal do Laboratório Óleos e Gorduras (LAN/ESALQ) pelo auxílio e orientações nas análises de perfil de ácidos graxos do leite e da carne.

À Angela Márcia Derigi Silva secretária da seção de apoio à pós-graduação, querida você é luz na vida de nos pós-graduandos. Obrigada por todo suporte, apoio e incentivo.

A todos aqueles que não foram mencionados, mas que contribuíram de alguma forma para que esse trabalho se concretizasse.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA

ADRIELLY LAIS ALVES DA SILVA, filha de Reginaldo Gomes da Silva e Roseli Alves Batista, natural de Dourados Mato Grosso do Sul, nasceu em 24 de abril de 1994.

Mãe de Carlos Henrique Alves dos Santos e esposa de Marcus Vinicius Porto dos Santos.

Ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em março/2012 e conclusão em março/2017.

Em abril/2017, iniciou o curso de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, na Faculdade de Ciências Agrárias (FCA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), desenvolvendo estudos e pesquisas na área de ovinocultura, qualidade de carcaças e carne, submetendo-se a defesa da dissertação em janeiro/2019.

Em fevereiro/2019, iniciou o curso de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, em nível de Doutorado, na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da USP (Esalq), Universidade de São Paulo (USP), desenvolvendo estudos e pesquisas na área de nutrição de ruminantes e ovinocultura, submetendo-se a defesa da tese em setembro/2023.

EPÍGRAFE

“Talvez não tenho conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes”

Marthin Luther King

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| RESUMO | 10 |
| ABSTRACT..... | 12 |
| LISTA DE FIGURAS..... | 14 |
| LISTA DE TABELAS..... | 15 |
| LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS..... | 16 |
| 1 INTRODUÇÃO | 19 |
| Referências..... | 20 |
| 2 REVISÃO DE LITERATURA | 23 |
| 2.1 Fontes lipídicas na alimentação de ruminantes | 23 |
| 2.2 Metabolismo de lipídios | 26 |
| 2.3 Caracterização e efeitos nutricionais dos óleos na dieta de ruminantes..... | 27 |
| Referências..... | 31 |
| 3 ÓLEO DE SOJA E SAIS DE CÁLCIO DE ÁCIDOS GRAXOS COMO FONTE DE GORDURA NA DIETA DE OVELHAS EM LACTAÇÃO..... | 39 |
| Resumo | 39 |
| Abstract | 39 |
| 3.1 Introdução | 40 |
| 3.2 Material e Métodos..... | 41 |
| 3.2.1 Animais, instalações experimentais | 42 |
| 3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos | 42 |
| 3.2.3 Manejo alimentar e colheita de dados | 44 |
| 3.2.4 Análises laboratoriais e cálculos | 46 |
| 3.2.5 Perfil de ácidos graxos da gordura do leite | 47 |
| 3.2.6 Análise estatística | 48 |
| 3.3 Resultados | 49 |
| 3.3.1 Peso corporal, consumo, eficiência alimentar, produção e composição do leite das ovelhas | 49 |
| 3.3.2 Composição e produção dos componentes do leite das ovelhas | 53 |
| 3.3.3 Perfil de ácidos graxos do leite | 55 |
| 3.3.4 Desempenho dos cordeiros | 57 |
| 3.4 Discussão | 58 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.4.1 | Peso corporal, consumo, eficiência alimentar, produção e composição do leite das ovelhas | 58 |
| 3.4.2 | Composição e produção dos componentes do leite das ovelhas | 59 |
| 3.4.3 | Composição de ácidos graxos do leite | 61 |
| 3.4.4 | Desempenho dos cordeiros..... | 62 |
| 3.5 | Conclusão..... | 63 |
| | Referências | 63 |
| 4 | ÓLEO DE SOJA E SAIS DE CÁLCIO DE ÁCIDOS GRAXOS COMO FONTE DE GORDURA NA DIETA DE BORREGAS: DESEMPENHO E CARACTERÍSTICA REPRODUTIVAS..... | 69 |
| | Resumo..... | 69 |
| | Abstract..... | 69 |
| 4.1 | Introdução..... | 70 |
| 4.2 | Materiais e Métodos | 72 |
| 4.2.1 | Animais, instalações e delineamento experimental | 72 |
| 4.2.2 | Manejo alimentar e coleta de dados..... | 76 |
| 4.2.3 | Análises químicas e cálculos..... | 78 |
| 4.2.4 | Ácidos graxos não esterificados (AGNE) | 79 |
| 4.2.5 | Progesterona (P4) | 79 |
| 4.2.6 | Perfil de ácidos graxos do músculo Longissimus lumborum | 79 |
| 4.2.7 | Análise estatística..... | 80 |
| 4.3 | Resultados..... | 81 |
| 4.3.1 | Desempenho animal e parâmetros sanguíneos | 81 |
| 4.3.2 | Perfil de ácidos graxos do músculo Longissimus lumborum | 86 |
| 4.4 | Discussão | 88 |
| 4.4.1 | Desempenho animal e parâmetros sanguíneos | 88 |
| 4.4.2 | Perfil de ácidos graxos do músculo Longissimus lumborum | 89 |
| 4.5 | Conclusão..... | 91 |
| | Referências | 91 |

RESUMO

Óleo de soja e sais de cálcio de ácidos graxos para ovinos: produção e composição do leite de ovelhas, desempenho e características reprodutivas de borregas

Foram conduzidos dois experimentos com ovinos, um com ovelhas em lactação e outro com desempenho de borregas. A hipótese foi que as fontes estudadas tenham a capacidade de modular a produção e composição do leite, melhorar o desempenho e o perfil de ácidos graxos do leite e da carne.

Experimento 1: Foram utilizadas 40 ovelhas mestiças (Dorper x Santa Inês) com 14 ± 2 dias de lactação, alojadas em baias juntamente com sua(s) cria(s). Vinte e oito ovelhas foram de parto simples e doze ovelhas foram de partos duplos, totalizando 52 crias, das quais 19 fêmeas e 33 machos. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com 4 tratamentos e 10 blocos. As dietas experimentais foram: 1) dieta sem inclusão de fontes lipídicas (CONT); 2) inclusão de 46 g/kg de MS de óleo de soja (OS); 3) inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja (SCS); 4) inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma (SCP). A inclusão de diferentes fontes lipídicas nas dietas não afetou o peso corporal das ovelhas. Houve interação entre tratamento e semana para o CMS e consumo de nutrientes ($P < 0,002$). As fontes lipídicas não afetaram a produção de leite e a eficiência alimentar (EA) das ovelhas. Contudo, afetaram a composição, em que o maior teor de gordura ($P < 0,0001$) foi observado no leite das ovelhas alimentadas com a dieta SCP, enquanto o menor teor de proteína ($P < 0,001$) foi observado no leite das ovelhas alimentadas com a dieta contendo SCS. Quanto ao teor de sólidos totais, foram observados maiores valores ($P < 0,0001$) no leite das ovelhas do tratamento SCP. As ovelhas alimentadas com as dietas SCP e SCS apresentaram menores ($P < 0,001$) teores de ESD. A concentração total dos ácidos graxos saturados reduziu ($P < 0,0001$) com o fornecimento das dietas OS e SCS, entretanto, aumentou a concentração dos ácidos graxos insaturados totais ($P < 0,0001$) e monoinsaturados ($P < 0,0001$). A inclusão de fontes lipídicas nas dietas das ovelhas não influenciou o consumo de concentrado inicial e nem o GMD dos cordeiros nas fases pré e pós-desmama. O perfil de ácidos graxos do leite sofreu grande influência das fontes lipídicas, foi sobretudo importante observar os benefícios do fornecimento do óleo de soja na forma protegida ou não na diminuição da concentração dos ácidos graxos saturados do leite e aumento dos ácidos graxos insaturados.

Experimento 2: Foram utilizadas 50 borregas mestiças (Dorper x Santa Inês), com peso médio inicial de $25,1 \pm 4,1$ kg e 145 ± 2 dias de idade. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com 5 tratamentos e 10 blocos, definidos de acordo com peso e idade dos animais. As dietas experimentais foram: 1) dieta sem inclusão de fontes lipídicas (CONT); 2) inclusão de 46 g/kg de MS de óleo de soja (OS); 3) inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos de óleo de soja (SCS); 4) inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos de óleo de palma (SCP); 5) inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos de óleo de palma + caroço de algodão + soja, "blend" (SCB). Os animais que receberam as dietas contendo OS e SCP apresentaram menor ($P = 0,002$) CMS em comparação aos tratamentos CONT, SCS e SCB e que foram semelhantes entre si. Não houve efeito dos tratamentos

sobre o GMD e peso final das borregas. A idade média à puberdade observada foi de 204 dias, peso à puberdade 36,23 kg e 68% de taxa de puberdade, não havendo efeito dos tratamentos para estas variáveis. Foi observado efeito de tratamento ($P < 0,04$) para concentração de AGNE, com menor concentração observada no tratamento CONT e a maior para tratamento SCP. Com relação ao perfil lipídico da carne, os animais que receberam OS apresentaram menor ($P < 0,01$) concentração de ácido palmítico (C16:0) e maior ($P < 0,01$) de ácido elaídico (C18:1 *trans*-9) e rumênico (C18:2 *cis*-9, *trans*-11). O somatório de ácidos graxos saturados (Σ AGS) foi maior ($P = 0,02$) para os tratamentos com OS e fontes de gordura protegida (SCP, SCS e SCB). O tratamento SCB resultou em menor ($P < 0,01$) somatório de ácidos graxos poliinsaturados (Σ AGP). A maior relação ômega-6/ômega-3 foi observada para as dietas com inclusão de OS, SCS e SCB. O uso de diferentes fontes de ácidos graxos na dieta foi uma excelente ferramenta para manipular favoravelmente o perfil de ácidos graxos da carne, podendo ser utilizada em favor da produção de carne com perfil lipídico benéfico aos seres humanos sem prejuízo à produção animal.

Palavras-chave: Carne, Gordura protegida, Leite, Lipídeos, Nutrição, Ovinos

ABSTRACT

Soybean oil and calcium salts of fatty acids for sheep: milk production and composition of ewes, performance and reproductive characteristics of ewe lambs

Two experiments were conducted with sheep, one with lactating ewes and the other with ewe lambs. The hypothesis was that fat sources can modulate milk production and composition and improve the performance and fatty acid profile of milk and meat. **Experiment 1:** Forty crossbred ewes (Dorper x Santa Inês) with 14 ± 2 days of lactation were housed with their lambs. Twenty-eight ewes had single births and twelve ewes had twin births, totaling 52 lambs, of which 19 females and 33 males. The experimental design was in randomized complete block, with 4 treatments and 10 blocks. The experimental diets were: 1) diet without inclusion of lipid (CONT); 2) inclusion of 46 g/kg DM of soybean oil (SO); 3) inclusion of 56 g/kg DM of calcium salts of soybean oil fatty acids (CSS); 4) inclusion of 56 g/kg DM of calcium salts of palm oil fatty acids (CSP); The inclusion of different lipid sources in the diets did not affect the BW of the ewes. There was an interaction between treatment and week for DMI ($P < 0.002$). Lipid sources did not affect the milk production and feed efficiency (FE). However, they affected the composition, in which the highest fat content ($P < 0.0001$) was observed in the milk of ewes fed the CSP, while the lowest protein content ($P < 0.001$) was observed in the milk of ewes fed the CSS-containing diet. Regarding the total solids content, higher values ($P < 0.0001$) were observed in the milk of the ewes fed CSP. Ewes fed the CSP and CSS diets had lower ($P < 0.001$) ESD contents. The total concentration of saturated fatty acids decreased ($P < 0.0001$) with the supply of SO and CSS, however, the concentration of total unsaturated fatty acids ($P < 0.0001$) and monounsaturated fatty acids ($P < 0.0001$) increased. The inclusion of lipid sources in the ewes' diets did not influence the initial concentrate intake nor the ADG of the lambs in the pre- and post-weaning phases. The fatty acid profile of milk was greatly influenced by lipid sources, it was especially important to observe the benefits of the supply of soybean oil in the protected form or not on the decrease in the concentration of saturated fatty acids in milk and increase in unsaturated fatty acids. **Experiment 2:** Fifty crossbreed ewe lambs (Dorper x Santa Inês) with initial body weight (BW) of 25.1 ± 4.1 kg and 145 ± 2 days of age were distributed in a randomized complete block design, with 5 treatments and 10 blocks, defined according to the BW and age of the animals. The experimental diets were: 1) diet without inclusion of lipid sources (CONT); 2) inclusion of 47 g/kg DM of soybean oil (SO); 3) inclusion of 57 g/kg DM of calcium salts of soybean oil fatty acids (CSS); 4) inclusion of 57 g/kg DM of calcium salts of palm oil fatty acids (CSP); 5) inclusion of 57 g/kg DM of calcium salts of palm + cottonseed + soybean oil fatty acids, *blend* (CSB). The animals that received the diets containing OS and SCP presented lower ($P = 0.002$) DMI compared to the CONT, CSS and CSB treatments and that were like each other. There was no effect of the treatments on the ADG and final BW of the ewes. The mean age at puberty observed was 204 days, body weight at puberty 36.23 kg and 68% puberty rate, with no effect of treatments for these variables. A treatment effect ($P < 0.04$) was observed for NEFA concentration, with the lowest concentration observed in the CONT treatment and the highest for the treatment CSP. Regarding the lipid profile of the meat, the animals that received SO presented lower ($P < 0.01$) concentration of palmitic acid (C16:0) and higher ($P < 0.01$) of elaidic acid (C18:1 *trans*-9) and

rumenic acid (C18:2 *cis*-9, *trans*-11). The sum of saturated fatty acids (Σ SFA) was higher ($P = 0.02$) for treatments with SO and sources of protected fat (CSP, CSS and CSB). The CSB treatment resulted in a lower ($P < 0.01$) sum of polyunsaturated fatty acids (Σ PUFA). The highest omega-6/omega-3 ratio was observed in favor of diets with the inclusion of SO, CSS and CSB. The use of different sources of fatty acids in the diet was an excellent tool to favorably manipulate the fatty acid profile of meat and can be used in favor of the production of meat with a lipid profile beneficial to humans without prejudice to animal performance.

Keywords: Fat protected, Lipids, Milk, Meat, Nutrition, Sheep

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vias de biohidrogenação (A) ácido linolênico e (B) ácido linoleico.....27

Figura 2. Gráfico de sobrevivência – idade a puberdade de borregas alimentadas com óleo de soja ou sais de cálcio de ácidos graxos como fonte de gordura.....85

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (g/kg de ms)..... | 43 |
| Tabela 2. Perfil de ácidos graxos das fontes lipídicas utilizadas nas dietas experimentais..... | 44 |
| Tabela 3. Desempenho e consumo de nutrientes de ovelhas alimentadas com óleo de soja ou sais de cálcio de ácidos graxos como fonte de gordura. | 50 |
| Tabela 4. Produção de leite e eficiência alimentar de ovelhas alimentadas com óleo de soja ou sais de cálcio de ácidos graxos como fonte de gordura. | 52 |
| Tabela 5. Composição e produção dos componentes do leite de ovelhas alimentadas com óleo de soja ou sais de cálcio como fonte de gordura..... | 54 |
| Tabela 6. Perfil de ácidos graxos (% FAME) do leite de ovelhas alimentadas com óleo de soja e sais de cálcio de ácidos graxos como fonte de gordura..... | 56 |
| Tabela 7. Peso vivo, consumo de concentrado inicial e desempenho das crias em função da inclusão de óleo de soja ou sais de cálcio de ácidos graxos como fonte de gordura na dieta das ovelhas. | 58 |
| Tabela 8. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (g/kg de ms)..... | 74 |
| Tabela 9. Perfil de ácidos graxos das fontes lipídicas utilizadas nas dietas experimentais..... | 75 |
| Tabela 10. Peso corporal e desempenho de borregas alimentadas com óleo de soja ou sais de cálcio de ácidos graxos como fonte de gordura..... | 83 |
| Tabela 11. Parâmetros reprodutivos de borregas alimentadas com óleo de soja ou sais de cálcio de ácidos graxos como fonte de gordura..... | 85 |
| Tabela 12. Perfil de ácidos graxos (% FAME) do músculo <i>longissimus lumborum</i> de borregas alimentadas com óleo de soja ou sais de cálcio de ácidos graxos como fonte de gordura. | 87 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- Σ AGI – Somatório de ácidos graxos insaturados
 Σ AGM – Somatório de ácidos graxos monoinsaturados
 Σ AGP – Somatório de ácidos graxos poliinsaturados
 Σ AGS – Somatório de ácidos graxos saturados
 Σ N3 - Somatório de ácidos graxos da série ômega-3
 Σ N6 - Somatório de ácidos graxos da série ômega-6
AGCC – Ácido graxos de cadeia curta
AGCC – Ácidos graxos de cadeia curta
AGCL – Ácido graxos de cadeia longa
AGCM – Ácido graxos de cadeia média
AGNE – Ácidos graxos não esterificados
C10:0 - Ácido cáprico
C11:0 - Ácido undecanoico
C12:0 – Ácido láurico
C14:0 – Ácido mirístico
C14:1 – Ácido miristoleico
C15:0 - Ácido pentadecanóico
C16:0 - Ácido palmítico
C16:1 - Ácido palmitoléico
C18:0 - Ácido esteárico
C18:1c9 - Ácido oleico
C18:1t11 - Ácido vacênico
C18:1t9 - Ácido elaídico
C18:2c9t11 - Ácido rumênico
C18:2n6c9,12 - Ácido linoléico
C18:3n3c9,12,15 - Ácido linolênico
C18:3n6c6,9,12 - Ácido gama-linolênico
C22:0 – Ácido bénico
C22:6n3 - DHA (docosaheptaenóico)
C4:0 – Ácido butírico
C6:0 - Ácido caproico
C8:0 - Ácido caprílico
CLA – Ácido linoleico conjugado
CMS – Consumo de matéria seca

CONT – Dieta controle

EE – Extrato etéreo

EM – Energia metabolizável

EPM – Erro padrão da média

FDA – Fibra em detergente ácido

FDN – Fibra insolúvel em detergente neutro

GMD – Ganho de peso médio diário

MS – Matéria seca

OS – Dieta com óleo de soja

pH – Potencial hidrogeniônico

RN63 - Relação ômega-6/ ômega-3

SCAG – Sais de cálcio de ácidos graxos

SCAGI – Sais de cálcio de ácidos graxos insaturados

SCB - Dieta com sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma + soja + caroço de algodão.

SCP - Dieta com sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma

SCS – Dieta com sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o conceito de alimentação saudável tem sido sinônimo de redução dos teores de ácidos graxos saturados (AGS) e aumento nos teores de ácidos graxos poliinsaturados (AGP) e ácido linoleico conjugado (CLA) na carne (Gómez-Cortés et al., 2014) e no leite (Soares et al., 2022; Pascual et al., 2019). Os possíveis mecanismos de ação pelos quais os CLAs são capazes de alterar a composição corporal envolvem mudanças metabólicas que propiciam a diminuição da lipogênese e potencializam a lipólise (Park et al., 1977).

Os CLAs são os de maior interesse devido às características anti carcinogênicas, antidiabético, com capacidade de reduzir as incidências de doenças cardiovasculares, antiaterogênico, prevenção no combate a inflamação e efeitos do sistema imunológico (Titi e Al-fataftah, 2013; Cieslak et al., 2010; Zulet et al., 2005). Os CLAs estão presentes nos produtos advindos dos animais ruminantes, a concentração total no leite ovino varia geralmente entre 0,6 e 1,0 g/100 g, com cerca de 80% representada pelo isômero C18:2 *cis*-9 *trans*-11, essa concentração, contudo, pode ser elevada para valores próximos a 3,5 g/100 g pela inclusão de fontes lipídicas na dieta dos animais (Luna et al., 2005). Santos-Silva et al., (2003) apresentam um aumento significativo na concentração de CLA de 5,5 mg/g para 23,7 mg/g de ácidos graxos totais no músculo *Longissimus* dos animais que receberam 8% de óleo de soja na dieta.

Fontes de óleos vegetais ricos em ácidos graxos insaturados, principalmente C18:2 *cis*-9, *cis*-12 e C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15, proporcionam aumento significativo no conteúdo de CLA e ácido vacênico no leite (Gómez-Cortés et al., 2018). Nos grãos de cereais e forragens utilizados tradicionalmente nas dietas dos animais ruminantes o teor de ácidos graxos varia de 1 – 3 % da MS, sendo predominantemente encontrado ácidos graxos insaturados, dentre eles o oleico, linoleico e linolênico (Jenkins e Harvatine, 2014). Para aumentar o teor de lipídio ou alterar o perfil de AG das dietas é necessário a utilização de fontes específicas de acordo com o interesse principal, sendo ingredientes comumente citados pela literatura os óleos em geral, grãos de soja, semente de girassol e caroço de algodão (Ferreira et al., 2014; Selegato et al., 2015; Almeida et al., 2019).

Importante destacar que a inclusão de lipídios nas dietas de ruminantes deve ser limitada, devidos aos efeitos adversos que os ácidos graxos insaturados (AGI) exercem sobre a microbiota ruminal, afetando negativamente a digestibilidade de

fibra e o consumo de matéria seca (CMS) (Kozloski, 2017; Palmquist e Mattos, 2011; Huang et al., 2009). Para contornar essa situação, a utilização de gorduras inertes no rúmen tem como objetivo garantir a inclusão de fontes lipídicas sem prejudicar a fermentação ruminal, aumentando o aporte de AGI para o intestino delgado devido a redução da biohidrogenação dos ácidos graxos (AG) ingeridos. Os resultados obtidos com o uso de gordura protegida podem variar de acordo com o tipo de proteção e a fonte lipídica utilizada (Jenkins, 1993; Sukhija e Palmquist, 1990). Alguns autores relataram que houve aumento no teor de gordura do leite com a utilização de maiores teores de inclusão de gordura protegida de palma na dieta (Bianchi et al., 2014), trabalhando com cabra Otaru et al. (2011) recomendada a inclusão de até 4% de gordura protegida na dieta para produção de leite eficiente e de menor custo.

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos de fontes de óleos com diferentes perfis de ácidos graxos e seus efeitos na produção e composição do leite de ovelhas e desempenhos de suas crias, bem como sobre o desempenho, início a puberdade e perfil de ácidos graxos do músculo de borregas.

Referências

- Almeida, O. C., Ferraz Jr, M. V., Susin, I., Gentil, R. S., Polizel, D. M., Ferreira, E. M., Pires, A. V., 2019. Plasma and milk fatty acid profiles in goats fed diets supplemented with oils from soybean, linseed or fish. *Small Ruminant Research*, 170, 125-130. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.11.002>
- Bianchi, A. E., Macedo, V. P., França, R. T., Lopes, S. T., Lopes, L. S., Stefani, L. M., Da Silva, A. S., 2014. Effect of adding palm oil to the diet of dairy sheep on milk production and composition, function of liver and kidney, and the concentration of cholesterol, triglycerides and progesterone in blood serum. *Small Ruminant Research*, 117(1), 78-83. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.12.025>
- Cieslak, A; Kowalczyk, J; Czauderna, M; Potkanski, A; Szumacher-Strabel, M., 2010. Enhancing unsaturated fatty acids in ewe's milk by feeding rapeseed or linseed oil. *Czech Journal Animal Science* 55: 496-504. <https://doi.org/10.17221/874-cjas>
- Ferreira, E. M., Pires, A. V., Susin, I., Gentil, R. S., Gilaverte, S., Parente, M. D. O. M., Ribeiro, C. V. D. M., 2014. Lamb performance, milk production and composition from ewes supplemented with soybean oil partially replaced by fish oil blend. *Livestock Science*, 163, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.02.009>

- Gómez-Cortés, P., Gallardo, B., Mantecón, A. R., Juárez, M., De La Fuente, M. A., Manso, T., 2014. Effects of different sources of fat (calcium soap of palm oil vs. extruded linseed) in lactating ewes' diet on the fatty acid profile of their suckling lambs. *Meat Science*, 96(3), 1304-1312. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.040>
- Gómez-Cortés, P., Juárez, M., de la Fuente, M. A., 2018. Milk fatty acids and potential health benefits: An updated vision. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.014>
- Jenkins, T. C., 1993. Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 76(12), 3851-3863.
- Jenkins, T. C., Harvatine, K. J., 2014. Lipid feeding and milk fat depression. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 30(3), 623-642. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2014.07.006>
- Kozloski, G. V., 2017. *Bioquímica dos ruminantes*. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciência-Editora UFSM.
- Luna, P., Fontecha, J., Juárez, M., De La Fuente, M. A., 2005. Conjugated linoleic acid in ewe milk fat. *Journal of Dairy Research*, 72(4), 415-424. <https://doi.org/10.1017/S0022029905001032>
- Otaru, S. M., Adamu, A. M., Ehoche, O. W., Makun, H. J., 2011. Effects of varying the level of palm oil on feed intake, milk yield and composition and postpartum weight changes of Red Sokoto goats. *Small Ruminant Research*, 96(1), 25-35. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.11.004>
- Palmquist, D. L.; Mattos, W. R. S., 2011. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (2Eds.) *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, p.299-322.
- Park, Y., Albright, K. J., Liu, W., Storkson, J. M., Cook, M. E., Pariza, M. W., 1997. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids*, 32(8), 853-858. <https://doi.org/10.1007/s11745-997-0109-x>
- Pascual, A., Pineda-Quiroga, C., Goiri, I., Atxaerandio, R., Ruiz, R., García-Rodríguez, A., 2019. Effects of feeding UFA-rich cold-pressed oilseed cakes and sainfoin on dairy ewes' milk fatty acid profile and curd sensory properties. *Small Ruminant Research*, 175, 96-103. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.04.009>
- Santos-Silva, J., Bessa, R. J. B., Mendes, I. A., 2003. The effect of supplementation with expanded sunflower seed on carcass and meat quality of lambs raised on pasture. *Meat science*, 65(4), 1301-1308. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00050-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00050-0)
- Selegato, A. L. M., Gentil, R. S., Nolli, C. P., Ferreira, E. M., Pires, A. V., Almeida, O. C., Susin, I., 2015. Associação entre o óleo de soja e o óleo de peixe na dieta de cabras em lactação como estratégia para melhorar o perfil de ácidos graxos do leite. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67, 1429-1437. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8044>

- Soares, É. S. D. M., Ferreira Ítavo, C. C. B., Ítavo, L. C. V., Dos Santos, G. T., Nazário, C. E. D., Soares, I. S. S., Cavalheiro, L. F., 2022. Comparison of analytical methods for the fatty acid profile in ewes' milk. *Plos One*, 17(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263071>
- Sukhija, P. S., Palmquist, D. L., 1990. Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty acids in rumen fluid. *Journal of Dairy Science*, 73(7), 1784-1787.
- Titi, H. H. and Al-Fataftah, A.-R., 2013. Effect of supplementation with vegetable oil on performance of lactating Awassi ewes, growth of their lambs and on fatty acid profile of milk and blood of lambs, *Arch. Anim. Breed.*, 56, 467–479, <https://doi.org/10.7482/0003-9438-56-045>
- Zulet, M. A., Marti, A., Parra, M. D., Martinez, J. A., 2005. Inflammation and conjugated linoleic acid: mechanisms of action and implications for human health. *Journal of Physiology and Biochemistry*, 61(3), 483-494. <https://doi.org/10.1007/bf03168454>

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fontes lipídicas na alimentação de ruminantes

Os lipídios são compostos orgânicos presentes nos tecidos das plantas e animais, os quais são solúveis em solventes orgânicos como benzeno, éter ou clorofórmio, e insolúveis em água (Bondi, 1987). Os lipídios corporais são encontrados compartimentalizados devido a sua insolubilidade em soluções aquosas. Além de serem uma importante fonte de energia para o animal, fornecem uma barreira hidrofóbica que permite a partição do conteúdo aquoso (Champe e Harve, 1996). A concentração energética dos lipídeos é maior quando comparada aos carboidratos e proteínas, pois são moléculas mais reduzidas. Porém, elevadas quantidades de lipídios na dieta de ruminantes podem alterar o consumo de matéria seca (CMS) e, conseqüentemente, a quantidade total de energia ingerida pelos animais (NRC, 2001).

Os lipídios são utilizados cada vez mais em dietas de animais ruminantes independentemente do sistema de manejo, inclusive durante o período seco, onde a escassez de alimento se torna um constante problema. A alternativa nestas épocas é a utilização de dietas que supram as exigências energéticas e proteicas durante esse período. Fontes lipídicas estão associadas ao aumento da densidade energética da dieta, sendo uma estratégia nutricional que pode ser utilizada no período de engorda dos animais, com resposta satisfatória ao desempenho (Nelson et al., 2004).

Palmquist (1989) demonstrou que as fontes lipídicas estão presentes em diversos ingredientes utilizados para alimentação animal, podendo ser divididas em categorias:

- 1) sementes inteiras de oleaginosas (grão de soja, girassol, canola, algodão, etc.);
- 2) óleos e gorduras livres presente nos vegetais, sebo e gordura de origem vegetal e animal;
- 3) gorduras “protegidas” conhecidas por sais de cálcio de ácidos graxos.

As sementes de oleaginosas têm alta concentração lipídica, entretanto, com taxa de liberação mais lenta para o metabolismo, o que pode resultar em benefícios com relação a eficiência de uso dos ácidos graxos (AG) pelo animal (Coppock e

Wilks, 1991). O grão de soja se destaca entre os alimentos proteicos de origem vegetal em virtude do seu elevado teor de gordura, o tornando um alimento proteico/energético. A composição do óleo de soja é de aproximadamente 75% de ácido graxo insaturados (AGI), e essa composição favorece o metabolismo na diminuição da metanogênese, aumento na eficiência de síntese microbiana e aumento do teor do ácido linoleico conjugado (CLA) no leite (Palmquist e Mattos, 2011; Allen, 2000).

A tecnologia para proteger as fontes de óleo foi desenvolvida para reduzir o risco de problemas metabólicos ocasionados pela presença de grandes quantidades de lipídios no rúmen, em especial, os AGI. Para o AG se tornar protegidos eles sofrem um processo de manipulação industrial ficando protegidos por sais de cálcio, processo semelhante ao de saponificação das gorduras, o que torna essa proteção parcialmente inerte ao ambiente ruminal, dissociando para ser absorvidos em pH < 5, mais especificamente no abomaso (Palmquist e Mattos, 2011). Portanto, a suplementação com óleo na forma protegida vem sendo recomendada por sofrer pouca ação dos microrganismos no rúmen (Harvantine e Allen, 2006). Com essa proteção, é possível que os lipídios ultrapassem os limites do ambiente ruminal, sem que ocorra efeito negativo no processo de fermentação ruminal, e sejam absorvidos no intestino delgado (Aferri et al., 2005).

Sais de cálcio de ácidos graxos (SCAG) são moléculas de lipídios encapsulados com sabões de cálcio conhecidos como “gordura protegida”, que possuem características benéficas aos animais como a diminuição da biohidrogenação por ação das bactérias e o efeito antimicrobiano dos AG no rúmen. Existem diferentes técnicas industriais de proteção dos lipídios para reduzir os efeitos deletérios sobre a fermentação ruminal. Uma delas é o fornecimento de ácidos graxos de cadeia longa (AGCL) sob a forma de sais de cálcios (ou sabões), inertes à flora ruminal (Gagliostro e Chilliard, 1992).

A maioria dos SCAG apresentam altas concentrações de AGCL advindos principalmente de fontes vegetais, podendo apresentar cadeia saturada ou insaturada. Nessas fontes, os AG mais observados incluem o ácido palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1) e linoleico (C18:2n-6) (Loften et al., 2014).

O ambiente ruminal é responsável por algumas transformações nos lipídios da dieta, alterando a composição e o perfil de ácidos graxos que chega ao duodeno. Estas alterações são decorrentes, principalmente da lipólise e biohidrogenação

(Costa et al., 2009). A necessidade de um grupo carboxila livre estabelece a lipólise como pré-requisito para a biohidrogenação (Jenkins, 1993). Portanto, a proteção atua como um efeito *by-pass*, permitindo com que boa parte consiga escapar do processo de fermentação. Porém, somente em situações de pH ruminal elevado não ocorre a dissociação dos sais de cálcio de ácidos graxos insaturados (SCAGI) e estes são parcialmente protegidos da biohidrogenação pela ausência de um grupo carboxila livre (Costa et al., 2009).

Alguns AGs são mais susceptíveis ao processo de biohidrogenação ruminal através da ação de bactérias como *Butyrivibrio fibrosolvens* e *Anaerovibrio lipolytica*, portanto a proteção se torna mais importante para o monoinsaturado C18:1 e poliinsaturado C18:2n-6 (Loften et al., 2014; Palmquist & Mattos, 1994).

Para se obter maior eficiência de proteção dos SCAGI é necessário manter o pH relativamente alto através da utilização de agentes alcalinizantes ou substâncias tamponantes, aumento da frequência da alimentação ou fornecimento dos sais de cálcio após a alimentação (Van Soest e Demeyer, 1996), pois em situações de alto pH ruminal não ocorre a dissociação dos SCAGI, e, estes são parcialmente protegidos da biohidrogenação pela ausência de um grupo carboxila livre. Os SCAG mantem-se inerte no rúmen chegando ao abomaso, caracterizado por meio extremamente ácido (pH 2 a 3), o que propicia a dissociação dos sais de cálcio, chegando no intestino delgado AGs e íons de cálcio, que serão absorvidos, transportados pela corrente sanguínea (Church e Dwight, 2002) e utilizados como fonte de energia.

A influência positiva do fornecimento de SCAG pode ser observada por várias pesquisas. A inclusão de SCAG na dieta, além de ser um recurso para melhoria dos parâmetros produtivos, como peso e escore de condição corporal (Moura Filho et al., 2005), também pode ser utilizada para o aumento da eficiência reprodutiva dos animais (Gressler e Souza, 2009). Os SCAG têm sido muito utilizados como fonte de energia em dietas para ruminantes, para vacas em lactação (Chesini et al., 2019; Cerri et al., 2009; Jenkins e Palmquist, 1984;), ovelhas (Santos et al., 2018; Baldin et al., 2017; Bianchi et al., 2014; Cesco et al., 2013; Viñoles et al., 2009) e cabras (López et al., 2017; Titi e Awad, 2007; Sapelayo et al., 2004).

2.2 Metabolismo de lipídios

Os lipídios são moléculas que podem ser extensivamente alteradas durante o metabolismo ruminal. Suplementar os ruminantes com fontes de lipídios podem resultar em diferentes efeitos na fermentação, alterando a composição do perfil de ácidos graxos da dieta e produtos finais (Ladeira et al., 2011). Lipídios apresentam maior conteúdo energético quando comparado aos carboidratos e proteínas (Enjalbert et al., 2017). Ao adentrar no rúmen os triacilgliceróis passam por dois processos sequenciais, denominados como lipólise e biohidrogenação (Werner Omazic et al., 2015; Jenkins et al., 2008).

O início do processo da metabolização dos lipídios (triglicerídeos, fosfolipídios e galactolipídeos), no rúmen é conhecido por lipólise, que é caracterizada pela hidrólise dos lipídios em ácidos graxos (AG) e glicerol (Harfoot e Hazlewood, 1988). A bactéria *Butyrivibrio fibrisolvens* é responsável pela hidrólise de classes lipídicas como fósfolipídeos e galactolipídeos, diferentemente dos triglicerídeos que são hidrolisados por diferentes espécies de *Butyrivibrio* (Paillard et al., 2007; Hazlewood et. al., 1979). Após a lipólise, os ácidos graxos passam por um processo conhecido como biohidrogenação que consiste na adição de hidrogênio nas ligações insaturadas (duplas), tendo como finalidade reduzir os efeitos tóxicos dos ácidos graxos insaturados sobre os microrganismos ruminais (Fonteles et al., 2016). A toxicidade está relacionada à natureza anfipática dos ácidos graxos, ou seja, aqueles que são solúveis, tanto em solventes orgânicos como em água, são mais tóxicos. Portanto, como um mecanismo de defesa, a biohidrogenação torna-se um evento muito importante no rúmen (Jenkins, 1993)

A natureza da fonte lipídica determina a extensão da lipólise e a taxa de liberação. Óleos oriundos das plantas são hidrolisados aproximadamente em 90%, já óleos de origem animal são hidrolisados em aproximadamente 50% (Church, 1993). A biohidrogenação pode ocorrer de forma completa ou incompleta (Figura 1), como exemplo, temos o ácido linoleico (C18:2 *cis*-9, 12) que quando sofre biohidrogenação completa é convertido em ácido esteárico (C18:0), mas quando sofre biohidrogenação incompleta é convertido em vacênico (C18:1 *trans*-11), o qual é um composto intermediário obtido ao longo do processo (Enjalbert, 2017). O C18:1 *trans*-11, por exemplo, tem sido muito estudado devido aos benefícios observados na saúde humana (Costa et al., 2017).

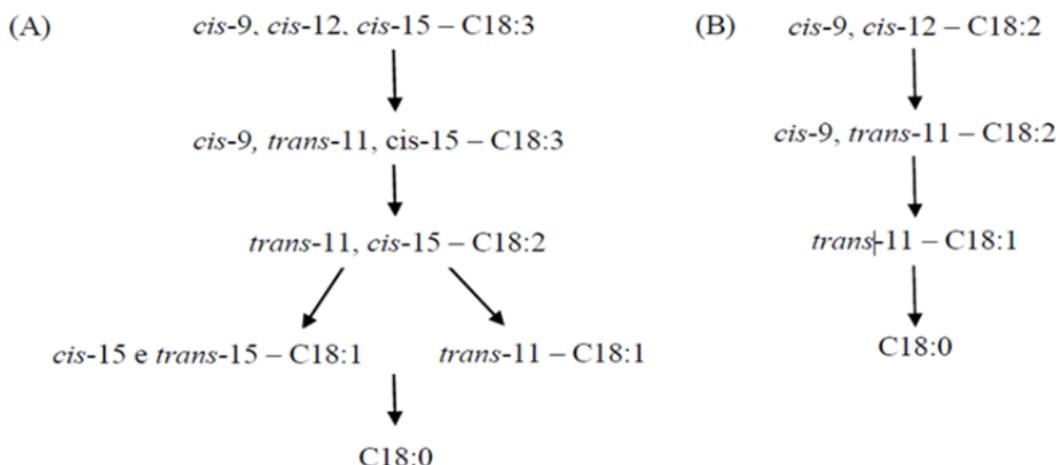


Figura 1. Vias de biohidrogenação (A) ácido linolênico e (B) ácido linoleico. Adaptado de (Enjalbert et al., 2017).

O potencial hidrogeniônico (pH), tem uma importante função nas alterações dos lipídeos no rúmen. A utilização de dietas com elevada proporção de concentrado associada a fontes lipídicas ricas em ácidos graxos poliinsaturados pode diminuir a taxa de lipólise e de biohidrogenação devido ao pH ruminal mais baixo (Fiorentini et al., 2015; Van Nevel e Demeyer, 1996).

2.3 Caracterização e efeitos nutricionais dos óleos na dieta de ruminantes

Óleo de soja

Os óleos vegetais são produtos oriundos de espécies vegetais, compostos por glicerídeos de ácidos graxos, contendo reduzida participação de fosfolipídios, constituintes insaponificáveis e ácidos graxos livres. Apresentam-se como substâncias hidrofóbicas e lipofílicas, formadas principalmente de triacilgliceróis, que estão em estado líquido e viscoso nas condições normais de temperatura e pressão, devido ao baixo ponto de fusão. Por definição o óleo de soja é o óleo comestível obtido de sementes de *Glycine Max L.* (soja) através e processos tecnológicos adequados. O óleo de soja degomado é obtido a partir dos processos de extração e degomagem, 189 – 195 índice de saponificação; matéria insaponificável, g/100g máximo de 1,5%; acidez máxima de 1,0 g/100g e fósforo máximo de 0,02 g/100g. Aproximadamente a composição de ácidos graxos do óleo de soja (g/100g) são: <0,1 (C < 14:0); <0,5 (C 14:0); 7,0 – 14,0 (C 16:0); <0,5 (C 16:1); 1,4 – 5,5 (C 18:0);

19,0 – 30,0 (C 18:1); 44,0 – 62,0 (C 18:2); 4,0 – 11,0 (C 18:3); <1,0 (C 20:0); <1,0 (C 20:1); <0,5 (C 22:0); (ANVISA, 1999).

Nos últimos anos uma crescente demanda por alimentos com propriedades nutraceuticas foi observada. E há mais de duas décadas já era esperado uma tendência que a suplementação com óleos se tornasse cada vez mais comum, fazendo com que a indústria produtora de óleos vegetais seja cada vez mais eficaz e gere menores custos para destinar à nutrição animal (Costa et al., 2009; Lopez et al., 2006).

Portanto, uma alternativa eficiente na questão de manipulação do perfil de ácidos graxos dos produtos de origem animal é através da utilização de fontes lipídicas ricas em ácidos graxos insaturados, principalmente óleos vegetais (Almeida et al., 2019; Ferreira et al., 2014; Chouinard et al., 2001).

O custo e disponibilidade no mercado favorece a utilização de óleos vegetais, quando comparados aos óleos vegetais protegidos com sais de cálcio. Os óleos mais utilizados e viáveis economicamente são: soja, arroz, girassol, milho e canola (Stewart, 2002). Dentre os óleos vegetais, o óleo de soja abrange bastante estudos na alimentação de ruminantes, por aumentar a densidade energética da dieta sem aumentar o consumo de matéria seca (Ferreira et al., 2014; Freitas Jr et al., 2010; Salla et al., 2003), por influenciar positivamente na reprodução (Ghasemzadeh-Nava et al., 2011) e por ser rico em ácido linoleico, principal precursor do CLA (Kholif et al., 2016).

A suplementação com 4,6% de óleo de soja para cabras leiteiras não afetou o CMS, produção de leite, peso e escore corporal. Em comparação com a dieta controle, a alimentação com óleo aumentou o teor de gordura do leite (1,57 vs. 5,24%) e o rendimento, bem como teor de sólidos totais. A alimentação com ácido linoleico pré-formados por meio de óleo aumentou as concentrações de ácidos graxos linoleico, oleico e esteárico no leite, mas reduziu os níveis de ácidos graxos linolênico e palmítico. Como consequência, a alimentação com óleo diminuiu a proporção de AGS para AGI e o índice de aterogenicidade. Os autores concluíram que o fornecimento de uma dose 4,6% de óleo de soja para cabras leiteiras foi uma maneira útil de aumentar os teores de gordura, CLA e TVA no leite e reduzir o índice de aterogenicidade sem efeitos negativos na ingestão, produção de leite e teor de proteína (Bouattour et al., 2008).

A partir de uma metanálise, a adição de óleo de soja à dieta de vacas leiteiras diminuiu o CMS, o percentual de gordura do leite, o rendimento de gordura do leite e o percentual de proteína do leite, enquanto aumentou significativamente a produção de leite. Os teores dos ácidos graxos insaturados C18:1 *trans-11* e CLA (C18:2 *cis-9 trans-11*) aumentaram significativamente com a inclusão de óleo de soja na dieta. Os resultados da meta-regressão indicaram que a dose de óleo de soja, ácidos graxos totais na dieta, e a concentração de C18:2 entre os grupos que receberam óleo de soja e o controle são os fatores mais importantes que afetam essa heterogeneidade. A gordura do leite em vacas suplementadas com óleo de soja tem um menor teor de ácidos graxos de cadeia curta, associados à síntese *de novo* (Mahdavi et. al., 2019).

Óleo de palma

Por definição o óleo de palma é obtido do mesocarpo de frutos da *Elaeis guineenses* (palmeira) através de processos tecnológicos adequados. Características físico-químicas: 190 – 209 índices de saponificação; matéria insaponificável máximo de 1,2 g/100g; acidez máxima de 0,3 g/100g (óleo refinado) e acidez máxima de 5,0 g/100g (óleo bruto). Aproximadamente a composição de ácidos graxos do óleo de palma (g/100g) são: <0,4 (C 12:0); 0,5 – 2,0 (C 14:0); 35,0 – 47,0 (C 16:0); <0,6 (C 16:1); 3,5 – 6,5 (C 18:0); 36,0 – 47,0 (C 18:1); 6,5 – 15,0 (C 18:2); <0,5 (C 18:3); <1,0 (C 20:0); (ANVISA, 1999).

Os óleos vegetais saturados, como o óleo de palma, podem representar uma alternativa, pois não apresentam as desvantagens citadas acima. O óleo de palma, comercializado como tal e na forma de sais de cálcio produzidos a partir dos ácidos graxos do óleo de palma, é um dos principais óleos vegetais utilizados na alimentação animal (Castro et. al., 2005). Portanto o perfil lipídico do óleo de palma favorece o uso na dieta de ruminantes, apresentando menor toxicidade aos microrganismos ruminais em comparação ao óleo de soja que possui principalmente AGI (Silva et al., 2010).

Muitos são os estudos com óleo de palma em diferentes concentrações ou associados a outros óleos como um “*blend*”. Foi observado por Bianchi et al. (2014) que diferentes níveis de inclusão de óleo de palma na dieta de ovelhas leiteiras influenciaram o metabolismo de lipídios e proteínas e aumentou a atividade das enzimas hepáticas proporcionalmente à concentração de óleo de palma (0,4 e

6%). A gordura protegida aumentou os níveis de progesterona, o que pode melhorar o desempenho reprodutivo. Já em pesquisa com a adição de óleo de girassol e óleo de palma hidrogenado, observou-se que o óleo de palma hidrogenado aumentou a produção de leite e proteína em relação à dieta controle, além disso a suplementação aumentou o teor de C14:1, C16:1 e C16:0 e reduziu o teor de C18:0 e C18:1 *cis*-9 na gordura do leite (Castro et al., 2009).

É importante salientar também que o consumo e digestibilidade de fibras estão correlacionados com o teor de lipídios da dieta (Kozloski, 2017). Bassi et al. (2012) e Silva et al. (2007), que concluíram, que o fornecimento de extrato etéreo (EE) na dieta total deve ser de 6 a 7% para não provocar redução na degradação das fibras no rúmen. Morais et al. (2014) com inclusão de óleos de palma nos níveis de 0, 25, 50, 75, e 100 g/kg MS da dieta total observaram redução na degradação ruminal da fibra e digestibilidade aparente dos nutrientes, apenas no nível de 100 g/kg de MS. Os autores explicaram que possivelmente esse resultado é devido ao perfil dos ácidos graxos do óleo de palma.

2.4 Efeitos da suplementação lipídica no desempenho, composição do leite e qualidade da carne

O objetivo nesse tópico foi abranger resultados a partir da suplementação lipídica para pequenos ruminantes. Sabe-se que os lipídios são caracterizados por serem ingredientes com alta densidade energética, visto que são moléculas mais reduzidas quando comparado a carboidratos e proteínas. Em decorrência disso, níveis elevados de lipídios na dieta podem reduzir o CMS, e dependendo da magnitude dessa redução no CMS, a quantidade total de energia consumida será reduzida (Palmquist et al., 2011; NRC, 2001).

De acordo com algumas pesquisas com ovelhas, o fornecimento de até 140 g/dia de soja crua aumentou a produção de leite devido ao aumento na densidade energética. Porém em quantidades superiores, o CMS e a produção de leite reduziram (Ferreira et al., 2018). A adição de 30 g AG/kg de MS de óleo de canola, girassol ou mamona, reduziu o CMS. As concentrações de gordura e sólidos totais do leite foram maiores para a inclusão de mamona, por sua vez, a adição de óleos de canola e girassol resultaram em melhor perfil de ácidos graxos no leite de ovelhas, sem alterar a produção e composição (Parente et al., 2018).

A suplementação com sementes das oleaginosas linhaça e girassol

aumentaram a concentração de C18:3 no leite, considerado uma importante fonte de ômega-6 (Zhang et al., 2006). Inclusão de 6% de óleo de oliva na dieta de ovelhas lactantes aumentou a produção de leite, gordura, proteína e sólidos totais, enquanto houve diminuição nos ácidos graxos de cadeia média e aumento dos ácidos graxos C18:0 e C18:1 no leite (Gómes-Cortes et al., 2008).

Em cabras, inclusões de óleo de palma superiores a 8% da MS diminuiu o CMS, o que está de acordo com a recomendação de que inclusões superiores a 7% de óleo na dieta reduz o consumo e a digestibilidade da fibra (Palmquist et al., 2011; Otaru et al., 2011). A suplementação lipídica com 3% de óleo de soja ou 2,5% de óleo de soja + 0,5% de óleo de peixe elevou a eficiência alimentar dos animais e a combinação dos dois óleos aumentou a concentração no leite dos ácidos graxos benéficos à saúde humana (Selegato et al., 2015).

Do ponto de vista de qualidade de carcaça e da carne, a adição de lipídios além de alterar o perfil de ácidos graxos, pode alterar a quantidade de gordura total na carcaça (Bas e Morand-fehr, 2000). Em experimento avaliando a inclusão de óleo de cártamo foi observado aumento na espessura de gordura e teor de gordura nos músculos dos animais suplementados, que também apresentaram menores teores dos ácidos oleico e linolênico e maiores de linoleico e CLA (Kott et al., 2003). A inclusão dos teores 0, 3, 6 e 9% de óleo de linhaça na dieta de cordeiros confinados não afetou o desempenho animal, entretanto, aumentou a concentração de ácido linolênico na carne (Bas et al., 2007). Pesquisas com adição de óleos de palma ou girassol na dieta de cordeiros confinados, não demonstraram alteração nas características de carcaça, porém os animais alimentados com óleo de girassol apresentaram menores concentrações de C16:0, C18:1 e C18:3 e maiores do ácido graxo C18:1 trans, caracterizando melhor composição lipídica na carne dos animais que receberam suplementação (Manso et al., 2009).

Referências

- Aferri, G., Leme, P. R., Silva, S. D. L., Putrino, S. M., Pereira, A. S. C., 2005. Desempenho e características de carcaça de novilhos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 1651-1658. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000500027>
- Allen, M. S., 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1598-1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)

- Almeida, O. C., Ferraz Jr, M. V., Susin, I., Gentil, R. S., Polizel, D. M., Ferreira, E. M., Pires, A. V., 2019. Plasma and milk fatty acid profiles in goats fed diets supplemented with oils from soybean, linseed or fish. *Small Ruminant Research*, 170, 125-130. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.11.002>
- ANVISA. Resolução nº 482, de 23 de setembro de 1999, Regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de óleos e gorduras vegetais, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, p. 82 - 87, 1999.
- Baldin, M., De Souza, J., Ticiani, E., Sandri, E. C., Dresch, R., Batistel, F., Oliveira, D. E., 2017. Milk fat response to calcium salts of palm or soybean in a normal or milk fat depression scenario in dairy ewes. *Livestock Science*, 206, 109-112. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.10.018>
- Bas, P., Morand-Fehr, P., 2000. Effect of nutritional factors on fatty acid composition of lamb fat deposits. *Livestock Production Science*, 64(1), 61-79. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00176-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00176-7)
- Bas, P., Berthelot, V., Pottier, E., Normand, J., 2007. Effect of level of linseed on fatty acid composition of muscles and adipose tissues of lambs with emphasis on trans fatty acids. *Meat Science*, 77(4), 678-688. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.022>
- Bassi, M. S., Ladeira, M. M., Chizzotti, M. L., Chizzotti, F. H. M., Oliveira, D. M. D., Machado Neto, O. R., Nogueira Neto, Á. A., 2012. Grãos de oleaginosas na alimentação de novilhos zebuínos: consumo, digestibilidade e desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 41, 353-359.
- Bianchi, A. E., Macedo, V. P., França, R. T., Lopes, S. T., Lopes, L. S., Stefani, L. M., da Silva, A. S., 2014. Effect of adding palm oil to the diet of dairy sheep on milk production and composition, function of liver and kidney, and the concentration of cholesterol, triglycerides and progesterone in blood serum. *Small Ruminant Research*, 117(1), 78-83. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.12.025>
- Bondi, A. A., 1987. Lipids and their significance in the nutrition of monogastric and ruminant animals. *Animal nutrition*. New York: John Wiley, 78-105.
- Bouattour, M. A., Casals, R., Albanell, E., Such, X., Caja, G., 2008. Feeding soybean oil to dairy goats increases conjugated linoleic acid in milk. *Journal of dairy science*, 91(6), 2399-2407. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0753>
- Castro, T., Manso, T., Jimeno, V., Del Alamo, M., Mantecón, A. R., 2009. Effects of dietary sources of vegetable fats on performance of dairy ewes and conjugated linoleic acid (CLA) in milk. *Small Ruminant Research*, 84(1-3), 47-53. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.05.005>
- Castro, T., Manso, T., Mantecón, A.R., Guirao, J., Jimeno, V., 2005. Fatty acid composition and carcass characteristics of growing lambs fed diets containing palm oil supplements, *Meat Science*, 69, 757-764, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.11.008>.

- Cerri, R. L., Juchem, S. O., Chebel, R. C., Rutigliano, H. M., Bruno, R. G. S., Galvao, K. N., Santos, J. E., 2009. Effect of fat source differing in fatty acid profile on metabolic parameters, fertilization, and embryo quality in high-producing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92(4), 1520-1531. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1614>
- Cesco, G. O., Bianchi, A. E., de Paulo Macedo, V., 2013. Produção e composição química de leite de ovelhas lacaune alimentadas com gordura protegida. *Synergismus scyentifica UTFPR*, 8(2).
- Champe, PC; Harvey, RA., 1996. *Bioquímica ilustrada*. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, BR.
- Chesini, R. G., da Rosa, P. P., Nunes, L. P., da Silva Xavier, A. A., RÖSLER, D. C., da Silva Camacho, J., Faria, M. R., 2019. Suplementação de fontes de gordura na dieta de vacas leiteiras. *Revista Científica Rural*, 21(3), 1-5. <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i3.2763>
- Chouinard, P. Y., Corneau, L., Butler, W. R., Bauman, D. E., Chilliard, Y., Drackley, J. K., 2001. Effect of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentrations in milk fat. *Journal of dairy science*, 84(3), 680-690. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74522-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74522-5)
- Church & Dwight, C. O., 2002. Megalac-r, rumen by-pass fat. EFA Alert Research Sumary.
- Church, D. C., 1993. *The ruminant animal: digestive physiology and nutrition*. Waveland press.
- Coppock, C. E., Wilks, D. L., 1991. Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: effects on intake, digestion, milk yield, and composition. *Journal of Animal Science*, 69(9), 3826-3837. <https://doi.org/10.2527/1991.6993826x>
- Costa, M., Alves, S. P., Francisco, A., Almeida, J., Alfaia, C. M., Martins, S. V., Bessa, R. J. B., 2017. The reduction of starch in finishing diets supplemented with oil does not prevent the accumulation of trans-10 18: 1 in lamb meat. *Journal of Animal Science*, 95(8), 3745-3761. <https://doi.org/10.2527/jas.2017.1578>
- Costa, R. G., Queiroga, R. D. C. R., Pereira, R. A., 2009. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 307-321. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300031>
- Enjalbert, F., Combes, S., Zened, A., Meynadier, A., 2017. Rumen microbiota and dietary fat: a mutual shaping. *Journal of applied microbiology*, 123(4), 782-797. <https://doi.org/10.1111/jam.13501>
- Ferreira, E. M., Junior, M. V. F., Polizel, D. M., Urano, F. S., Susin, I., Gentil, R. S., Pires, A. V., 2018. Milk yield and composition from ewes fed raw soybeans and their lambs' performance. *Animal Feed Science and Technology*, 238, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.01.011>

- Ferreira, E. M., Pires, A. V., Susin, I., Gentil, R. S., Gilaverte, S., Parente, M. D. O. M., Ribeiro, C. V. D. M., 2014. Lamb performance, milk production and composition from ewes supplemented with soybean oil partially replaced by fish oil blend. *Livestock Science*, 163, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.02.009>
- Fiorentini, G., Carvalho, I. P. C., Messana, J. D., Castagnino, P. S., Berndt, A., Canesin, R. C., Berchielli, T. T., 2015. Effect of lipid sources with different fatty acid profiles on the intake, performance, and methane emissions of feedlot Nellore steers. *Journal of Animal Science*, 92(4), 1613-1620. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6868>
- Fonteles, N. D. O., de Sousa, R. T., Gonçalves, J. D. L., Barbosa, J., dos Santos, S. F., Bomfim, M. A. D., 2016. Inclusão de gordura na alimentação de caprinos e seu efeito sobre o perfil lipídico no leite: revisão. <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1107130>
- Freitas Júnior, J. E. D., Rennó, F. P., Silva, L. F. P., Gandra, J. R., Maturana Filho, M., Foditsch, C., Venturelli, B. C., 2010. Parâmetros sanguíneos de vacas leiteiras suplementadas com diferentes fontes de gordura. *Ciência Rural*, 40, 950-956.
- Gagliostro, G. A., Chilliard, Y., 1992. Utilización de lípidos protegidos en la nutrición de vacas lecheras. I. Efectos sobre la producción y la composición de la leche, y sobre la ingestión de materia seca y energía. *Revista argentina de producción animal*, 12(1), 1-15.
- Ghasemzadeh-Nava, H., Fatahnia, F., Nikkhah, A., Zamiri, M. J., 2011. Effects of dietary polyunsaturated fatty acids on ovarian function and prostaglandin secretion in lactating dairy cows. *Int. J. Vet. Res*, 5(2), 129-135.
- Gómez-Cortés, P., Frutos, P., Mantecón, A. R., Juárez, M., De la Fuente, M. A., Hervás, G., 2008. Milk production, conjugated linoleic acid content, and in vitro ruminal fermentation in response to high levels of soybean oil in dairy ewe diet. *Journal of dairy science*, 91(4), 1560-1569. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0722>
- Gressler, M. A. L., Souza, M. I. L., 2009. Efeitos da suplementação com gordura protegida sobre a foliculogênese ovariana de ruminantes. *Revista Veterinária y Zootecnia (On Line)*, 3(2), 70-79. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/vetzootec/article/view/5641>
- Harfoot, C. G., Hazlewood, G. P., 1988. Lipid metabolism in the rumen. In the rumen microbial ecosystem.
- Harvatine, K. J., Allen, M. S., 2006. Effects of fatty acid supplements on milk yield and energy balance of lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 89(3), 1081-1091. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72176-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72176-2)
- Hazlewood, G., Dawson, R. M., 1979. Characteristics of a lipolytic and fatty acid-requiring *Butyrivibrio* sp. isolated from the ovine rumen. *Microbiology*, 112(1), 15-27. <https://doi.org/10.1099/00221287-112-1-15>

- Jenkins, T. C., 1993. Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 76(12), 3851-3863.
- Jenkins, T. C., Palmquist, D. L., 1984. Effect of fatty acids or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy rations. *Journal of Dairy Science*, 67(5), 978-986. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81396-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81396-X)
- Jenkins, T. C., Wallace, R. J., Moate, P. J., Mosley, E. E., 2008. Board-invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of Animal Science*, 86(2), 397-412. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0588>
- Kholif, A. E., Morsy, T. A., Abd El Tawab, A. M., Anele, U. Y., Galyean, M. L., 2016. Effect of supplementing diets of Anglo-Nubian goats with soybean and flaxseed oils on lactational performance. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(31), 6163-6170. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b02625>
- Kott, R. W., Hatfield, P. G., Bergman, J. W., Flynn, C. R., Van Wagoner, H., Boles, J. A., 2003. Feedlot performance, carcass composition, and muscle and fat CLA concentrations of lambs fed diets supplemented with safflower seeds. *Small Ruminant Research*, 49(1), 11-17. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00052-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00052-X)
- Kozloski, G. V., 2017. *Bioquímica dos ruminantes*. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciência-Editora UFSM.
- Ladeira, M. M., Schoonmaker, J. P., Swanson, K. C., Duckett, S. K., Gionbelli, M. P., Rodrigues, L. M., Teixeira, P. D., 2018. Review: nutrigenomics of marbling and fatty acid profile in ruminant meat. *Animal* 12: s282–s294.
- Loften, J. R., Linn, J. G., Drackley, J. K., Jenkins, T. C., Soderholm, C. G., Kertz, A. F., 2014. Invited review: Palmitic and stearic acid metabolism in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(8), 4661-4674. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7919>
- López, F. J. P., Isidro Requejo, L. M., Maldonado Jaquez, J. A., Granados Rivera, L. D., Miguel Trinidad, E., Rodríguez Martínez, J. G., 2017. Efecto de la complementación de grasa protegida en la producción y composición de leche de cabras en pastoreo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 21(1).
- Lopez, S., López, J., Stumpf Junior, W., 2006. Produção e composição do leite e eficiência alimentar de vacas da raça Jersey suplementadas com fontes lipídicas. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 1, 1-9.
- Mahdavi, A., Mahdavi, A., Darabighane, B., Mead, A., Lee, M. R., 2019. Effects of soybean oil supplement to diets of lactating dairy cows, on productive performance, and milk fat acids profile: a meta-analysis. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1). <https://doi.org/809-819>. 10.1080/1828051X.2019.1585211
- Manso, T., Bodas, R., Castro, T., Jimeno, V., Mantecon, A. R., 2009. Animal performance and fatty acid composition of lambs fed with different vegetable oils. *Meat Science*, 83(3), 511-516. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.06.035>

- Moura Filho, J., de Azambuja Ribeiro, E. L., da Silva, L. D. D. F., da Rocha, M. A., Mizubuti, I. Y., Pereira, E. S., Mori, R. M., 2005. Suplementação alimentar de ovelhas no terço final da gestação: desempenho de ovelhas e cordeiros até o desmame. *Semina: Ciências Agrárias*, 26(2), 257-265. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2005v26n2p257>.
- Nelson, M. L., Marks, D. J., Busboom, J. R., Cronrath, J. D., Falen, L., 2004. Effects of supplemental fat on growth performance and quality of beef from steers fed barley-potato product finishing diets: I. Feedlot performance, carcass traits, appearance, water binding, retail storage, and palatability attributes. *Journal of Animal Science*, 82(12), 3600-3610. <https://doi.org/10.2527/2004.82123600x>
- NRC - National Research Council., 2001. Nutrient requirements of dairy cattle,7: 381.
- Otaru, S. M., Adamu, A. M., Ehoche, O. W., Makun, H. J., 2011. Effects of varying the level of palm oil on feed intake, milk yield and composition and postpartum weight changes of Red Sokoto goats. *Small Ruminant Research*, 96(1), 25-35. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.11.004>
- Paillard, D., McKain, N., Chaudhary, L. C., Walker, N. D., Pizette, F., Koppova, I., Wallace, R. J., 2007. Relation between phylogenetic position, lipid metabolism and butyrate production by different *Butyrivibrio*-like bacteria from the rumen. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 91, 417-422. <https://doi.org/10.1007/s10482-006-9121-7>
- Palmquist, D. L., 1989. Lipid supplementation for lactating cows. *Symposium on ruminant nutrition*, 6(1989), 11-25.
- Palmquist, D. L., 1994. The role of dietary fats in efficiency of ruminants. *The Journal of nutrition*, 124, 1377S-1382S. https://doi.org/10.1093/jn/124.suppl_8.1377S
- Palmquist, D. L.; Mattos, W. R. S., 2011. Metabolismo de lipídeos. In: Berchielli, T. T.; Pires, A. V.; Oliveira, S. G. (2Eds.) *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, p.299-322.
- Parente, M. D. O. M., Susin, I., Nolli, C. P., Ferreira, E. M., Gentil, R. S., Polizel, D. M., Bessa, R. J. B., 2018. Effects of supplementation with vegetable oils, including castor oil, on milk production of ewes and on growth of their lambs. *Journal of Animal Science*, 96(1), 354-363. <https://doi.org/10.1093/jas/skx015>
- Salla, L. E., Fischer, V., Ferreira, E. X., Moreno, C. B., Stumpf Junior, W., Duarte, L. D. A., 2003. Comportamento ingestivo de vacas Jersey alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de gordura nos primeiros 100 dias de lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32, 683-689.
- Sampelayo, M. S., Alonso, J. M., Pérez, L., Extremera, F. G., Boza, J., 2004. Dietary supplements for lactating goats by polyunsaturated fatty acid-rich protected fat. Effects after supplement withdrawal. *Journal of Dairy Science*, 87(6), 1796-1802. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73335-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73335-4)

- Santos, G. M. G., Silva, K. C. F., Casimiro, T. R., Costa, M. C., Mori, R. M., Mizubuti, I. Y., Seneda, M. M., 2009. Reproductive performance of ewes mated in the spring when given nutritional supplements to enhance energy levels. *Animal Reproduction (AR)*, 6(2), 422-427.
- Selegato, A. L. M., Gentil, R. S., Nolli, C. P., Ferreira, E. M., Pires, A. V., Almeida, O. C., Susin, I., 2015. Associação entre o óleo de soja e o óleo de peixe na dieta de cabras em lactação como estratégia para melhorar o perfil de ácidos graxos do leite. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67, 1429-1437. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8044>
- Silva, C., Carrão-Panizzi, M. C., Mandarino, J., Oliveira, M., Leite, R., Oliveira, G., ... Mônico, A. P. A., 2010. Avaliação de ácidos graxos da soja: grão inteiro, casca, cotilédones e hipocótilo. *Jornada Acadêmica da Embrapa Soja*, 5, 31-34.
- Silva, M. M. C. D., Rodrigues, M. T., Branco, R. H., Rodrigues, C. A. F., Sarmiento, J. L. R., Queiroz, A. C. D., Silva, S. P. D., 2007. Suplementação de lipídios em dietas para cabras em lactação: consumo e eficiência de utilização de nutrientes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 257-267. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000100030>
- Stewart, C., 2002. Authenticity of edible oils and fats: the legal position. *Oils and Fats Authentication*, 181.
- Titi, H. H., & Awad, R., 2007. Effect of dietary fat supplementation on reproductive performance of goats. *Animal Reproduction (AR)*, 4(1), 23-30.
- Van Nevel, C. J., Demeyer, D. I., 1996. Influence of pH on lipolysis and biohydrogenation of soybean oil by rumen contents in vitro. *Reproduction Nutrition Development*, 36(1), 53-63.
- Vinoles, C., Meikle, A., Martin, G. B., 2009. Short-term nutritional treatments grazing legumes or feeding concentrates increase prolificacy in Corriedale ewes. *Animal Reproduction Science*, 113(1-4), 82-92. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.05.079>
- Werner Omazic, A., Kronqvist, C., Zhongyan, L., Martens, H., Holtenius, K., 2015. The fate of glycerol entering the rumen of dairy cows and sheep. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99(2), 258-264. <https://doi.org/10.1111/jpn.12245>
- Zhang, R. H., Mustafa, A. F., Zhao, X., 2006. 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 and Technology*, 127(3-4), 220-233. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.09.001>

3 ÓLEO DE SOJA E SAIS DE CÁLCIO DE ÁCIDOS GRAXOS COMO FONTE DE GORDURA NA DIETA DE OVELHAS EM LACTAÇÃO

Resumo

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da inclusão de diferentes fontes de gordura na dieta de ovelhas sobre o consumo de MS e a produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite e desempenho das crias. Foram utilizadas 40 ovelhas mestiças (Dorper x Santa Inês) com 14 ± 2 dias de lactação, alojadas em baias juntamente com sua(s) cria(s). Vinte e oito ovelhas foram de parto simples e doze ovelhas foram de partos duplos, totalizando 52 crias, das quais 19 fêmeas e 33 machos. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com 4 tratamentos, 10 blocos e 10 repetições. As dietas experimentais foram: 1) dieta sem inclusão de fontes lipídicas (CONT); 2) inclusão de 46 g/kg de MS de óleo de soja (OS); 3) inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja (SCS); 4) inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma (SCP). A inclusão de diferentes fontes lipídicas nas dietas não afetou o peso corporal das ovelhas. Houve interação entre tratamento e semana para o CMS e consumo de nutrientes ($P < 0,002$). As fontes lipídicas não afetaram a produção de leite e a eficiência alimentar (EA) das ovelhas. Contudo, afetaram a composição, onde o maior teor de gordura ($P < 0,0001$) foi observado no leite das ovelhas alimentadas com a dieta SCP, enquanto o menor teor de proteína ($P < 0,001$) foi observado no leite das ovelhas alimentadas com a dieta contendo SCS. Quanto ao teor de sólidos totais, foram observados maiores valores ($P < 0,0001$) no leite das ovelhas do tratamento SCP. As ovelhas alimentadas com as dietas SCP e SCS apresentaram menores ($P < 0,001$) teores de ESD. A concentração total dos ácidos graxos saturados reduziu ($P < 0,0001$) com o fornecimento das dietas OS e SCS, entretanto, aumentou a concentração dos ácidos graxos insaturados totais ($P < 0,0001$) e monoinsaturados ($P < 0,0001$). A inclusão de fontes lipídicas nas dietas das ovelhas não influenciou o consumo de concentrado inicial e nem o GMD dos cordeiros nas fases pré e pós-desmama. O perfil de ácidos graxos do leite sofreu grande influência das fontes lipídicas, foi sobretudo importante observar os benefícios do fornecimento do óleo de soja na forma protegida ou não na diminuição da concentração dos ácidos graxos saturados do leite e aumento dos ácidos graxos insaturados.

Palavras-chave: Gordura protegida, Leite, Lipídios, Nutrição, Ovinos

Abstract

The aim of the present study was to evaluate the effect of different sources of fat in the diet of ewes on DMI intake, milk production and composition and lamb's performance. Forty crossbred ewes (Dorper x Santa Inês) with 14 ± 2 days of lactation were housed in pens with their lambs. Twenty-eight ewes had single births and twelve ewes had twin births, totaling 52 lambs, of which 19 females and 33 males. The experimental design was in randomized complete block, with 4 treatments and 10 blocks. The experimental diets were: 1) diet without inclusion of lipid (CONT); 2) inclusion of 46 g/kg DM of soybean oil (SO); 3) inclusion of 56 g/kg DM of calcium salts of soybean oil fatty acids (CSS); 4) inclusion of 56 g/kg DM of calcium salts of palm oil fatty acids (CSP); The inclusion of different lipid sources in

the diets did not affect the BW of the ewes. There was an interaction between treatment and week for DMI ($P < 0.002$). Lipid sources did not affect the milk production and feed efficiency (FE). However, they affected the composition, in which the highest fat content ($P < 0.0001$) was observed in the milk of ewes fed the CSP, while the lowest protein content ($P < 0.001$) was observed in the milk of ewes fed the SCS-containing diet. Regarding the total solids content, higher values ($P < 0.0001$) were observed in the milk of the ewes fed CSP. Ewes fed the CSP and CSS diets had lower ($P < 0.001$) ESD contents. The total concentration of saturated fatty acids decreased ($P < 0.0001$) with the supply of SO and CSS, however, the concentration of total unsaturated fatty acids ($P < 0.0001$) and monounsaturated fatty acids ($P < 0.0001$) increased. The inclusion of lipid sources in the ewes' diets did not influence the initial concentrate intake nor the ADG of the lambs in the pre- and post-weaning phases. The fatty acid profile of milk was greatly influenced by lipid sources, it was especially important to observe the benefits of the supply of soybean oil in the protected form or not on the decrease in the concentration of saturated fatty acids in milk and increase in unsaturated fatty acids.

Keywords: Fat protected, Lipids, Milk, Nutrition, Sheep.

3.1 Introdução

De acordo com a Organização Mundial de Saúde, doenças crônicas, transtornos cardiovasculares, diabetes e outros, são responsáveis por 63% das mortes globais (Alwan, A. 2011). O CLA possui potencial anti-cancerígeno, anti-arteriosclerótico, anti-diabético, e imunoestimulador (Toral et al., 2010).

Sabe-se que as gorduras *trans* são encontradas em alimentos de origem animal, principalmente dos ruminantes e em alimentos que contêm óleos vegetais. Uma vez que o leite de ruminantes e seus derivados são a principal fonte de CLA na dieta humana (Toral et al., 2010). Esforços significativos de pesquisas estão sendo direcionados para modificar o perfil de ácidos graxos da gordura do leite e da carne, a fim de aumentar a concentração de AG benéficos à saúde humana, em particular ácidos graxos relacionados a redução de doenças cardíacas (Wanders et al., 2017). Estudos também têm sido conduzidos para avaliar os efeitos das fontes de AG sobre o desenvolvimento do cérebro, ocorrência de doenças degenerativas e cardiovasculares (Mazza et al., 2007; Erkkila et al., 2008).

Fontes de óleos vegetais ricos em ácidos graxos insaturados, principalmente C18:2 *cis*-9, *cis*-12 e C18:3 *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15, proporcionam aumento significativo no conteúdo de CLA e ácido vacênico no leite (Gómez-Cortés et al., 2018). Nos grãos de cereais e forragens utilizados tradicionalmente nas dietas dos animais ruminantes o teor de ácidos graxos varia de 1 – 3 % da MS, sendo

predominantemente encontrado ácidos graxos insaturados, dentre eles o oleico, linoleico e linolênico (Jenkins e Harvatine, 2014). Para aumentar o teor de lipídio ou alterar o perfil de AG das dietas é necessário a utilização de fontes específicas de acordo com o interesse principal, sendo ingredientes comumente citados pela literatura os óleos em geral, grãos de soja, semente de girassol e caroço de algodão (Ferreira et al., 2014; Selegato et al., 2015; Almeida et al., 2019).

Nos últimos anos tem aumentado o interesse em avaliar fontes lipídicas que resultem em menor efeito deletério ao processo de fermentação ruminal, e que sofram menos com o processo de biohidrogenação. Os sais de cálcio de ácidos graxos e as gorduras biohidrogenadas são grupos de gorduras que foram desenvolvidas, e hoje estão disponíveis comercialmente, para serem inertes ao ambiente ruminal, ou seja, não afetarem negativamente a atividade microbiana e a digestibilidade da fibra, aumentando o influxo de AGI para o intestino delgado (Jenkins e Harvatine, 2014).

Frente ao exposto, as hipóteses deste estudo foi que a gordura protegida de soja (SCS) irá aumentar a concentração de ácidos graxos insaturados do leite sem afetar o desempenho das ovelhas, e que a gordura protegida de palma (SCP) irá melhorar o desempenho das ovelhas, principalmente aumentando o rendimento de sólidos totais e a produção de leite corrigida para gordura e proteína, contudo exercerá mínimo efeito no perfil de ácidos graxos do leite. Então, para testar estas hipóteses, o presente experimento teve como objetivo avaliar os efeitos da inclusão de óleo de soja degomado, e do óleo de soja e de palma na forma de sais de cálcio de ácidos graxos na dieta de ovelhas em lactação sobre a produção, composição e perfil de ácidos graxos do leite e o desempenho das crias.

3.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado nas instalações do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) “Professora Ivanete Susin” do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), localizada em Piracicaba – SP (22° 42’ 24” S e 47° 37’ 53” O), Brasil. O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/ESALQ), protocolo nº6524020821.

3.2.1 Animais, instalações experimentais

Quarenta ovelhas mestiças (Dorper x Santa Inês) na segunda semana de lactação (14 ± 2 dias), juntamente com sua(s) cria(s), foram alojadas em baias cobertas (1,3 m x 3,5 m) com piso de concreto, contendo cocho para fornecimento de ração, cocho para fornecimento de sal, bebedouro e alimentadores privativos para os cordeiros. Para evitar o acesso dos cordeiros à ração das ovelhas, foi utilizado um sistema de coleiras, em que os cordeiros permaneceram amarrados à estrutura do alimentador privativo, com mobilidade por toda a baia, mas sem alcançar o cocho das ovelhas. Vinte e oito ovelhas foram de parto simples e doze ovelhas foram de partos duplos, sendo 19 fêmeas e 33 machos, totalizando 52 crias. No dia do parto, as ovelhas foram everminadas com moxidectin 1,0% (Cydectin, Fort Dodge Saúde Animal, Campinas, São Paulo, Brasil) na dosagem de 1 mL/50 kg de peso corporal (PC) e monepantel 2,5 mg (Zolvix, Novartis Saúde Animal, Baurueri, São Paulo, Brasil) na dosagem de 1 mL/10 kg de peso corporal e os cordeiros pesados e identificados.

3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

As ovelhas foram distribuídas em delineamento experimental de blocos completos casualizados, com 4 tratamentos e 10 blocos (repetições). Os blocos foram definidos de acordo com o grupo genético, tipo de parto (simples ou duplo), tipo de gestação (primípara ou múltipara), peso e escore de condição corporal das ovelhas.

As dietas experimentais foram compostas por 30% de volumoso (bagaço de cana-de-açúcar *in natura*) e 70% de concentrado. Os tratamentos experimentais foram: 1) dieta sem inclusão de fontes lipídicas (**CONT**); 2) inclusão de 46 g/kg de MS de óleo de soja (**OS**); 3) inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja (**SCS**); 4) inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma (**SCP**). Na definição dos teores de inclusão das fontes lipídicas na dieta, foi considerado que o OS possui 100% de EE e que os SCS e SCP possuem 82% de EE, de modo que para as três fontes lipídicas avaliadas o teor de EE adicionado foi de 46 g/kg de MS. As fontes de sais de cálcio de ácidos graxos foram obtidas da Nutricorp Nutrição Animal (Araras, São Paulo, Brasil). As

dietas experimentais foram formuladas para serem isonitrogenadas, utilizando-se o programa de formulação “*Small Ruminant Nutrition System*” – (SRNS) versão 1.9.6290.40564 (Cannas et al., 2004). A proporção dos ingredientes e a composição química das dietas experimentais estão na Tabela 1. A composição de ácidos graxos do OS, SCS e SCP encontra-se na Tabela 2.

Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (g/kg de MS).

| Item | Tratamentos ¹ | | | |
|---|--------------------------|-----|-----|-----|
| | CONT | OS | SCS | SCP |
| Ingredientes | | | | |
| Bagaço da cana-de-açúcar (<i>in natura</i>) | 300 | 300 | 300 | 300 |
| Milho moído | 504 | 448 | 436 | 436 |
| Farelo de soja | 170 | 180 | 182 | 182 |
| Óleo de soja | - | 46 | - | - |
| Sais de cálcio do óleo de soja | - | - | 56 | - |
| Sais de cálcio do óleo de palma | - | - | - | 56 |
| Calcário | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Mistura mineral ² | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Ureia | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Monensina sódica, mg/kg de MS | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Composição química | | | | |
| Matéria seca (g/kg da MO) | 915 | 917 | 916 | 916 |
| Proteína bruta | 154 | 158 | 165 | 164 |
| Extrato etéreo | 21 | 44 | 56 | 61 |
| Fibra insolúvel em detergente neutro | 348 | 335 | 333 | 333 |
| Fibra insolúvel em detergente ácido | 190 | 188 | 185 | 187 |
| EM ³ , Mcal/kg de MS | 2,6 | 2,8 | 2,8 | 2,8 |

¹CONT: dieta sem adição fontes lipídicas; OS: inclusão de 46 g/kg de MS de óleo de soja (100% de EE); SCS: inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja (82% de EE; Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil); SCP: inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma (82% de EE; Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil).

²Composição: 75 g/kg P; 134 g/kg Ca; 10 g/kg Mg; 70 g/kg S; 145 g/kg Na; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 15 ppm Se;

³Estimada usando o Small Ruminant Nutrition System, v,1,8,6 (Cannas et al., 2004)

Tabela 2. Perfil de ácidos graxos das fontes lipídicas utilizadas nas dietas experimentais.

| Ácidos graxos, g/100 g | Fontes lipídicas ¹ | | |
|------------------------|-------------------------------|------------------|-------|
| | OS | SCS | SCP |
| C4:0 | n.d ⁵ | n.d ⁵ | 0,47 |
| C6:0 | n.d ⁵ | 0,06 | 0,34 |
| C8:0 | n.d ⁵ | 0,09 | 0,08 |
| C10:0 | n.d ⁵ | 0,08 | 0,06 |
| C12:0 | n.d ⁵ | 0,96 | 0,74 |
| C14:0 | 0,08 | 0,45 | 0,61 |
| C15:0 | n.d ⁵ | 0,05 | 0,02 |
| C16:0 | 10,38 | 14,78 | 46,75 |
| C16:1 | 0,09 | 0,13 | 0,06 |
| C17:0 | 0,09 | 0,11 | 0,04 |
| C18:0 | 4,04 | 4,65 | 2,79 |
| C18:1 n-9t | n.d ⁵ | 5,33 | 0,14 |
| C18:1 n-9c | 24,42 | 26,28 | 40,69 |
| C18:2 n-6t | n.d ⁵ | 0,31 | 0,38 |
| C18:2 n-6 | 51,67 | 41,81 | 6,00 |
| C18:3 n 3 | 6,17 | 2,04 | 0,18 |
| C20:0 | 0,22 | 0,40 | 0,18 |
| C20:1 n-9 | 0,24 | n.d ⁵ | 0,07 |
| C20:3 n-3 | 0,06 | n.d ⁵ | 0,03 |
| C22:6 n-3 | n.d ⁵ | n.d ⁵ | 0,07 |
| C24:0 | n.d ⁵ | 0,27 | 0,03 |
| Outros | 2,84 | 2,47 | 0,27 |
| AGS ² | 14,81 | 21,90 | 52,11 |
| AGP ³ | 57,90 | 44,16 | 6,66 |
| AGM ⁴ | 24,75 | 31,74 | 40,96 |
| AGP n-6 | 51,67 | 42,12 | 6,38 |
| AGP n-3 | 6,23 | 2,04 | 0,21 |

¹OS: óleo de soja degomado (100% de EE); SCS: sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja (82% de EE; Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil); SCP: sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma (82% de EE; Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil).

²AGS= ácidos graxos saturados;

³AGP = ácidos graxos poliinsaturados;

⁴AGM = ácidos graxos monoinsaturados;

⁵n.d = não detectado.

3.2.3 Manejo alimentar e colheita de dados

Ao iniciarem no experimento, todas as ovelhas foram alimentadas com a dieta controle durante uma semana. Período esse utilizado para adaptação dos animais à dieta base e as instalações experimentais. Após esse período, iniciou-se o período experimental transcorrido por 56 dias de lactação, correspondendo 8 semanas de colheita de dados.

Todos os ingredientes concentrados das dietas (Tabela 1) foram misturados utilizando-se um misturador horizontal com capacidade para 500 kg (Lucato®, Limeira-SP, Brasil). A monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) foi adicionada na proporção de 25 mg/kg de MS, sendo previamente misturada com o suplemento mineral e o farelo de soja, antes de ser colocado no misturador para homogeneização com os demais ingredientes do concentrado. O bagaço de cana-de-açúcar *in natura* e o concentrado foram pesados em balança eletrônica com precisão de 1 g (Marte®, LC 100, São Paulo, Brasil) misturados e ofertados diariamente na forma de dieta total. Os animais tiveram acesso *ad libitum* à dieta e água fresca. A quantidade de ração ofertada foi definida com base na leitura de cocho realizada diariamente antes do fornecimento, sendo permitido sobras de até 10% em relação ao montante ofertado. Uma vez por semana as sobras de cada unidade experimental foram pesadas, amostradas (10%) e compostas por tratamento. A cada partida de ração uma amostra foi colhida. As amostras foram conservadas a -20°C para posterior análises.

Todas as ovelhas foram pesadas, por três dias consecutivos, no período da manhã, no início e no fim do experimento para cálculo da variação do peso corporal. Também foi realizada a avaliação do escore de condição corporal, classificando as ovelhas com notas 1 (muito magra) a 5 (obesas), com incremento de 0,25 (Russel, 1984).

Para mensuração da produção de leite, uma vez por semana as ovelhas foram separadas de suas crias e ordenhadas mecanicamente (Alfa Laval, modelo GL300, Piracicaba-SP, Brasil) duas vezes consecutivas com intervalo de 3 horas, sendo às 10 e às 13 horas. A ejeção do leite foi estimulada pela aplicação intravenosa de 10 unidades internacionais (UI) de ocitocina sintética injetável (UCBVET, São Paulo, Brasil). A primeira ordenha teve como objetivo esvaziar o úbere das ovelhas, e o leite obtido foi descartado. Decorrido três horas e nova aplicação de ocitocina, as ovelhas foram ordenhadas pela segunda vez, e nesta etapa o leite de cada animal foi pesado para quantificação da produção em 3 horas e amostrado (20 mL/animal) de acordo com metodologia descrita por (Susin et al., 1995). O leite amostrado foi conservado em bronopol Broad spectrum microtabs® II (2-bromo-2-nitropopano-1,3-diol, D & F Control Systems®, Inc., Dublin, CA) e posteriormente analisado para determinação dos teores de proteína, gordura, lactose, sólidos totais, proteína da caseína, nitrogênio ureico, extrato seco

desengordurado e contagem de células somáticas no Laboratório de Análise de Leite, da Clínica do Leite – Parque Tecnológico, Piracicaba/SP. Na última semana de lactação, uma amostra de 50 mL foi colhida e armazenada a -20 °C para posterior análise do perfil de ácidos graxos.

Os cordeiros receberam concentrado inicial a partir da segunda semana de vida. A proporção dos ingredientes no concentrado inicial foi a seguinte: 69,1% milho moído; 23,8% farelo de soja; 4,4% melaço de cana; 1,3% calcário calcítico; 0,5% cloreto de amônio e 0,9% mistura mineral, com a seguinte composição química (% MS): 90,76% de MS; 16,72% de PB; 10,24% de FDN; 3,55% de FDA e 5,84% de Cinzas. O concentrado inicial foi fornecido diariamente (*ad libitum*) em alimentador privativo com acesso somente às crias. Para não terem acesso ao cocho e alimentação das ovelhas, os cordeiros foram presos em sistema de coleira e corda ao alimentador privativo (*creep feeding*), o comprimento da corda permitiu acesso livre à baia, à ovelha e à água (Ferreira et al., 2014). Os cordeiros foram pesados semanalmente após jejum alimentar de 5 horas e no mesmo dia as sobras de ração inicial foram quantificadas para determinação do CMS dos cordeiros.

3.2.4 Análises laboratoriais e cálculos

Após serem descongeladas, as amostras das dietas ofertadas e das sobras foram secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas, após essa pré-secagem todas as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, Brasil) providos de peneiras com crivos de 1,0 mm. Para determinação da matéria seca (MS), as amostras foram secas em estufa a 105°C durante 24 horas (AOAC, 1990; #934.01), a matéria mineral (MM) foi obtida através da incineração das amostras em mufla a 550 °C por 4 horas (AOAC, 1990; #942.5). A concentração de N total foi determinada através da combustão da amostra utilizando o aparelho LecoTruMac® N (Leco Corporation, St. Joseph MI, USA; AOAC, 1990; #968.06). Para determinação do teor de proteína bruta (PB) o teor de N total da amostra foi multiplicado por 6,25. O teor de extrato etéreo foi determinado conforme AOAC (1990). A Fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foi determinada conforme Van Soest et al., (1991), utilizando α -amilase termoestável e sulfito de sódio, em um aparelho Ankom 200 (Ankom Tech. Corp.,

Fairport, NY) (AOAC, 1990; #968.06). O teor de extrato etéreo (EE) também foi determinado de acordo com AOAC (1990; 954.05).

As amostras de leite conservadas em bronopol foram analisadas para quantificação proteína, gordura, lactose, sólidos totais, proteína da caseína, nitrogênio ureico e extrato seco desengordurado por infravermelho no instrumento Bentley 2000, por citometria de fluxo no instrumento Somacount 300, a contagem de células somáticas foi realizada (Bentley Instruments, Chaska, MN; AOAC, 1990). Os cálculos para correção do leite para gordura (6,5%) e proteína (5,8%) foram realizadas de acordo com Pulina e Nudda (2004), conforme abaixo:

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

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

Sendo:

LCG = leite corrigido para gordura

LCGP = leite corrigido para gordura e proteína

3.2.5 Perfil de ácidos graxos da gordura do leite

Os lipídios totais foram extraídos seguindo a metodologia descrita por Feng, Lock e Gansworthy (2004). Uma alíquota do extrato de lipídeos foi metilada 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), conforme Kramer et al. (1997) e armazenada a -20 °C em frascos âmbar de 1,5 mL contendo nitrogênio para evitar possível oxidação.

Para quantificação e determinação dos ácidos graxos foi utilizado um cromatógrafo a gás Shimadzu, 2010 Plus Series, equipado com detector de ionização de chama (FID) e coluna capilar de Supelco (100 m x 0,25 mm x 0,25 µm). A programação inicial de temperatura da coluna foi de 140°C com acréscimo de 4°C/min até atingir 230°C, recebendo então um acréscimo de 5°C/min até atingir um platô de 240°C, permanecendo nesta temperatura por 15 minutos. A temperatura do detector de chamas foi 240°C e do injetor 230°C. O hidrogênio foi utilizado como gás de arraste na velocidade de 20,0 cm/s, com fluxo de 1mL/min na relação 1/10. A identificação dos ácidos graxos das amostras foi realizada com base no tempo de retenção dos ésteres metílicos dos ácidos graxos padrões. Utilizou-se um padrão de 37 compostos (Supelco mix C4 - C24 – CRM47885 / Sigma-Aldrich) e padrões

individuais para a identificação dos ácidos graxos C18:0, C18:2 *cis*-9, *trans*-11 e C18:2 *trans*-10, *cis*-12 (O5507 – Sigma-Aldrich).

3.2.6 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o Procedimento MIXED do SAS (2002), considerando efeito significativo quando $P < 0,05$. Todos os dados foram analisados quanto à normalidade dos resíduos e teste de Shapiro Wilk, homogeneidade das variâncias utilizando o teste de Levene e a retirada dos outliers com base no valor do t de Student.

Os dados relacionados à ingestão, produção e composição do leite foram analisados como medidas repetidas no tempo. O modelo estatístico foi:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + S_k + (TS)_{jk} + E_{ijk}$$

Em que:

μ = média geral; B_i = efeito do bloco ($i = 1$ a 10); T_j = efeito do tratamento ($j = 1$ a 4); S_k = efeito da semana experimental ($k = 1$ a 8); $(TS)_{jk}$ = interação entre tratamento x semana experimental, e E_{ijk} = erro residual.

O Bloco foi incluído como efeito aleatório. As médias dos tratamentos foram obtidas através do comando LSMEANS. O efeito de tratamento, semana e interação tratamento semana foram definidos pelo teste F da análise de variância ($P < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

Os dados de peso, escore de condição corporal das ovelhas, perfil de ácidos graxos do leite e desempenho das crias foram analisados através do modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

Em que:

μ = média geral; B_i = efeito do bloco ($i = 1$ a 10); T_j = efeito de tratamento ($j = 1$ a 4); e E_{ij} = erro residual.

O Bloco foi incluído como efeito aleatório. As médias dos tratamentos foram obtidas através do comando LSMEANS. O efeito de tratamento foi definido pelo teste F da análise de variância ($P < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey.

3.3 Resultados

3.3.1 Peso corporal, consumo, eficiência alimentar, produção e composição do leite das ovelhas

Não houve efeito dos tratamentos no peso final e na variação no peso corporal das ovelhas durante o período experimental. Nota-se que para todos os tratamentos, a variação de peso foi positiva, indicando que não houve balanço energético negativo, não havendo restrição nutricional para produção de leite.

Para o consumo de MS e EE houve interação entre os tratamentos e as semanas experimentais ($P < 0,002$) (Tabela 3). Ao desdobrar a interação observou-se que o CMS foi similar até a sexta semana, o efeito foi verificado na 7ª semana experimental, em que a dieta OS reduziu ($P < 0,001$) o CMS diferindo do tratamento SCS. Para CEE foi observado efeito ao longo de todas as semanas experimentais, o tratamento CONT apresentou menor ($P < 0,001$) consumo durante todas as semanas. Além disso, foi observado que apenas na primeira semana o CEE para SCS não diferiu do OS, nas demais semanas o CEE do OS foi menor ($P < 0,001$) quando comparado aos tratamentos SCP e SCS (Tabela 3). Foi observado efeito de semana para todas as variáveis relacionadas ao consumo.

Não houve interação entre tratamento e semana para as variáveis relacionadas à produção de leite e EA. As fontes de lipídeos utilizadas no presente estudo não afetaram a produção de leite ($P = 0,28$), leite corrigido para gordura (LCG) ($P = 0,11$), leite corrigido para gordura e proteína (LCGP) ($P = 0,18$). Contudo, foi observado efeito de semanas ($P \leq 0,02$) para todas as variáveis relacionadas à produção de leite e EA (Tabela 4).

Tabela 3. Desempenho e consumo de nutrientes de ovelhas alimentadas com óleo de soja ou sais de cálcio de ácidos graxos como fonte de gordura.

| Itens ⁵ | Tratamentos ¹ | | | | EPM ² | Valor de P ^{3,4} | | |
|--------------------|--------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|------------------|---------------------------|---------|-------|
| | CONT | OS | SCS | SCP | | Trat | Semana | T*S |
| Peso corporal, kg | | | | | | | | |
| Inicial | 54,91 | 53,26 | 54,95 | 56,64 | 3,39 | - | - | - |
| Final | 56,17 | 56,11 | 59,72 | 60,00 | 3,22 | 0,72 | - | - |
| Variação | 1,26 | 2,85 | 4,77 | 3,36 | 1,17 | 0,22 | - | - |
| Escore corporal | 2,25 | 2,32 | 2,47 | 2,32 | 0,51 | 0,76 | - | - |
| Consumo MS, g/d- | | | | | | | | |
| Semana 1 | 2221 | 2121 | 2167 | 2135 | 0,13 | 0,002 | - | - |
| Semana 2 | 2487 | 2161 | 2455 | 2546 | 0,13 | 0,002 | - | - |
| Semana 3 | 2372 | 2108 | 2503 | 2573 | 0,13 | 0,002 | - | - |
| Semana 4 | 2298 | 2119 | 2545 | 2364 | 0,13 | 0,002 | - | - |
| Semana 5 | 2366 | 2045 | 2491 | 2591 | 0,13 | 0,002 | - | - |
| Semana 6 | 2451 | 2045 | 2495 | 2630 | 0,13 | 0,002 | - | - |
| Semana 7 | 2091 ^{ab} | 1676 ^b | 2363 ^a | 2060 ^{ab} | 0,13 | 0,002 | - | - |
| Média | 2326 | 2039 | 2431 | 2414 | 0,11 | 0,002 | <0,0001 | 0,002 |
| Consumo EE, g/d | | | | | | | | |
| Semana 1 | 53 ^c | 108 ^b | 125 ^{ab} | 145 ^a | 0,007 | <0,0001 | - | - |
| Semana 2 | 60 ^c | 111 ^b | 151 ^a | 175 ^a | 0,007 | <0,0001 | - | - |
| Semana 3 | 56 ^c | 108 ^b | 154 ^a | 175 ^a | 0,007 | <0,0001 | - | - |
| Semana 4 | 56 ^c | 107 ^b | 157 ^a | 162 ^a | 0,007 | <0,0001 | - | - |
| Semana 5 | 55 ^c | 102 ^b | 152 ^a | 175 ^a | 0,007 | <0,0001 | - | - |

| | | | | | | | | |
|----------|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------|---------|---------|---------|
| Semana 6 | 59 ^c | 104 ^b | 155 ^a | 179 ^a | 0,007 | <0,0001 | - | - |
| Semana 7 | 50 ^c | 85 ^b | 145 ^a | 139 ^a | 0,007 | <0,0001 | - | - |
| Média | 55 | 103 | 148 | 164 | 0,006 | <0,0001 | <0,0001 | <0,0001 |

¹ CONT: dieta sem adição fontes lipídicas; OS: inclusão de 46 g/kg de MS de óleo de soja (100% de EE); SCS: inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja (82% de EE; Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil); SCP: inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma (82% de EE; Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil).

² EPM=erro padrão da média.

³ Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos (P<0,05).

⁴ Trat= efeito de tratamento; Sem= efeito de semana; TxS= efeito da interação entre tratamento e semana.

⁵ MS= Matéria seca; EE= extrato etéreo.

Tabela 4. Produção de leite e eficiência alimentar de ovelhas alimentadas com óleo de soja ou sais de cálcio de ácidos graxos como fonte de gordura.

| Itens ⁵ | Tratamentos ¹ | | | | | Valor de P ^{3,4} | | |
|----------------------|--------------------------|--------|--------|--------|------------------|---------------------------|---------|------|
| | CONT | OS | SCS | SCP | EPM ² | Trat | Semana | T*S |
| Produção, g/3h | | | | | | | | |
| Leite | 186,59 | 192,69 | 223,06 | 195,39 | 15,68 | 0,28 | <0,0001 | 0,26 |
| LCG | 189,74 | 185,90 | 215,54 | 236,82 | 17,70 | 0,11 | 0,01 | 0,84 |
| LCGP | 180,78 | 177,99 | 203,52 | 220,62 | 16,59 | 0,18 | 0,02 | 0,85 |
| Eficiência alimentar | | | | | | | | |
| EA, Leite | 0,668 | 0,779 | 0,739 | 0,630 | 0,05 | 0,23 | <0,0001 | 0,40 |
| EA, PLCG | 0,752 | 0,815 | 0,736 | 0,815 | 0,07 | 0,87 | <0,005 | 0,32 |

¹ CONT: dieta sem adição fontes lipídicas; OS: inclusão de 46 g/kg de MS de óleo de soja (100% de EE); SCS: inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja (82% de EE; Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil); SCP: inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma (82% de EE; Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil).

² EPM=erro padrão da média.

³ Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos (P<0,05).

⁴ Trat= efeito de tratamento; Sem= efeito de semana; TxS= efeito da interação entre tratamento e semana.

⁵ LCG= produção de leite corrigido para 6,5% de gordura e LCGP= produção de leite corrigido para 6,5 de gordura 6,5 e 5,8 de proteína de acordo com Pulina e Nudda (2004); EA, Leite = Eficiência alimentar calculada por meio da produção de leite; EA, PLCG = Eficiência alimentar calculada por meio da produção de leite corrigido para gordura.

3.3.2 Composição e produção dos componentes do leite das ovelhas

Não houve efeito de interação entre tratamento e semana de coleta para as variáveis relacionadas à composição do leite (Tabela 5).

As fontes de lipídeos afetaram todas as variáveis relacionadas à composição do leite (%), exceto proteína da caseína (PCAS) e contagem de células somáticas (CCS). A inclusão de SCP nas dietas aumentou o teor de gordura do leite ($P < 0,0001$), não havendo diferença entre os demais tratamentos. As ovelhas que receberam SCS produziram leite com menor teor de proteína ($P < 0,001$) em relação ao CONT, não havendo diferença entre os demais tratamentos. A inclusão de SCP diminuiu o teor de lactose ($P < 0,0001$) no leite em relação aos demais tratamentos, sendo a concentração de lactose similar na comparação entre os demais tratamentos. Em relação ao teor de sólidos totais, as ovelhas do tratamento SCP apresentaram os maiores valores ($P < 0,0001$), não sendo observada diferença entre os demais tratamentos. As ovelhas alimentadas com as dietas contendo gordura na forma protegida (SCP e SCS) apresentaram menores ($P = 0,0005$) teores de extrato seco desengordurado que as alimentadas com a dieta contendo OS e a dieta CONT. Em relação ao teor de nitrogênio ureico, as ovelhas do tratamento CONT apresentaram os maiores valores ($P < 0,0001$), não havendo diferença entre os demais tratamentos. O tratamento CONT resultou em aumento ($P = 0,002$) no teor de caseína quando comparado aos tratamentos com gordura protegida, mas não diferiu do tratamento OS. Foi observado efeito de semana para todas as variáveis relacionadas à composição do leite, exceto CCS (Tabela 5).

Para as variáveis de componentes do leite g/3h não houve efeito de interação entre tratamento e semana. Os tratamentos afetaram apenas a variável gordura, as ovelhas que receberam a inclusão de SCP apresentaram o maior valor ($P = 0,017$), o SCS não diferiu dos demais tratamentos. Foi observado efeito de semana para todas as várias relacionadas aos componentes do leite (Tabela 5).

Tabela 5. Composição e produção dos componentes do leite de ovelhas alimentadas com óleo de soja ou sais de cálcio como fonte de gordura.

| Itens ⁵ | Tratamentos ¹ | | | | EPM ² | Valor de P ^{3,4} | | |
|----------------------------|--------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|------------------|---------------------------|---------|------|
| | CONT | OS | SCS | SCP | | Trat | Sem | T*S |
| Composição do Leite, (%) | | | | | | | | |
| Gordura | 7,35 ^b | 6,33 ^b | 6,37 ^b | 9,46 ^a | 0,48 | <0,0001 | <0,001 | 0,55 |
| Proteína | 4,76 ^a | 4,49 ^{ab} | 4,20 ^b | 4,42 ^{ab} | 0,11 | <0,001 | <0,0001 | 0,38 |
| Lactose | 4,65 ^a | 4,86 ^a | 4,84 ^a | 4,47 ^b | 0,08 | <0,0001 | <0,0001 | 0,83 |
| ST | 17,82 ^b | 16,94 ^b | 16,57 ^b | 19,62 ^a | 0,41 | <0,0001 | <0,0001 | 0,42 |
| ESD | 10,53 ^a | 10,54 ^a | 10,20 ^b | 10,16 ^b | 0,10 | 0,0005 | <0,0001 | 0,62 |
| NU | 25,96 ^a | 20,69 ^b | 20,30 ^b | 21,69 ^b | 0,90 | <0,0001 | <0,0001 | 0,05 |
| Caseína | 3,86 ^a | 3,63 ^{ab} | 3,34 ^b | 3,51 ^b | 0,09 | 0,0002 | <0,0001 | 0,52 |
| PCAS | 80,39 | 80,66 | 79,30 | 79,69 | 0,42 | 0,063 | <0,0001 | 0,17 |
| CCS (x10 ³ /mL) | 2178,71 | 1897,68 | 1541,76 | 1675,42 | 546,60 | 0,438 | 0,461 | 0,85 |
| Componentes do Leite, g/3h | | | | | | | | |
| Gordura | 13,10 ^b | 12,10 ^b | 14,59 ^{ab} | 17,83 ^a | 1,42 | 0,017 | 0,042 | 0,81 |
| Proteína | 8,49 | 8,58 | 9,19 | 8,26 | 0,65 | 0,781 | 0,005 | 0,78 |
| Lactose | 8,97 | 9,37 | 10,50 | 8,86 | 0,85 | 0,487 | <0,0001 | 0,58 |
| Sólidos totais | 32,32 | 31,89 | 36,48 | 37,28 | 2,95 | 0,414 | 0,001 | 0,71 |

¹ CONT: dieta sem adição fontes lipídicas; OS: inclusão de 46 g/kg de MS de óleo de soja (100% de EE); SCS: inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja (82% de EE; Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil); SCP: inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma (82% de EE; Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil).

² EPM=erro padrão da média.

³ Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos (P<0,05).

⁴ Trat= efeito de tratamento; Sem= efeito de semana; TxS= efeito da interação entre tratamento e semana.

⁵ ST= sólidos totais ESD= extrato seco desengordurado; NU= nitrogênio ureico; PCAS= proteína da caseína; CCS= contagem de células somáticas.

3.3.3 Perfil de ácidos graxos do leite

Houve efeito de tratamento para todas as variáveis relacionadas ao perfil lipídico do leite, exceto para o C14:1 e C18:2 *trans*-10 *cis*-12 (Tabela 6).

A concentração de ácidos graxos de cadeia curta (C4:0 a C12:0) foi maior ($P < 0,0001$) para as ovelhas que receberam o tratamento CONT. A inclusão de fontes lipídicas nas dietas das ovelhas reduziu ($P < 0,0001$) a concentração dos ácidos graxos de cadeia curta de C6:0 até C12:0 em relação à dieta controle. Em relação ao ácido C4:0, a inclusão de SCP aumentou ($P = 0,003$) a concentração em relação ao CONT e OS, não havendo diferença para o SCS.

Com relação aos ácidos graxos de cadeia média (C14:0 a C16:1) a concentração no leite foi maior ($P < 0,0001$) para as ovelhas que receberam o tratamento SCP. O tratamento CONT apresentou a maior concentração ($P < 0,0001$) de C14:0 quando comparado aos demais tratamentos, não havendo diferença entre eles. Em relação ao ácido graxo palmítico (C16:0) e palmitoleico (C16:1) foi observado maior concentração ($P < 0,0001$) para o tratamento SCP.

Quanto aos ácidos graxos de cadeia longa (C18:0 a C22:6), a concentração no leite foi maior ($P = 0,0008$) para as ovelhas que receberam SCS e OS. O tratamento OS resultou em maior teor ($P < 0,0001$) de ácido esteárico (C18:0) e oleico no leite (C18:1 *cis*-9). Por sua vez, o tratamento SCS resultou em maior teor ($P < 0,0001$) do ácido eláidico (C18:1 *trans*-9), com menor valor ($P < 0,0001$) observado para o CONT. O CLA C18:2 *cis*-9 *trans*-11 foi maior ($P < 0,0001$) para o tratamento OS e menor para o CONT. Os tratamentos SCP e SCS não diferiram entre si.

O somatório de ácidos graxos saturados (Σ AGS) foi menor ($P < 0,0001$) para os tratamentos OS e SCS. Em contrapartida, a somatória dos ácidos graxos insaturados (Σ AGI) e monoinsaturados (Σ AGM) no leite das ovelhas foi superior ($P < 0,0001$) para os animais alimentados com OS e SCS, não havendo diferença entre eles. Em relação ao somatório dos ácidos graxos poliinsaturados, o tratamento SCS apresentou a maior concentração ($P < 0,0001$), sendo os menores valores observados para os tratamentos CONT e SCP. A maior relação ($P < 0,0001$) ômega-6/ômega-3 foi observada também nas dietas com inclusão de OS e SCS (Tabela 6).

Tabela 6. Perfil de ácidos graxos (% FAME) do leite de ovelhas alimentadas com óleo de soja e sais de cálcio de ácidos graxos como fonte de gordura.

| Itens ⁴ | Tratamentos ¹ | | | | EPM ² | Valor de P ³ |
|------------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------------|
| | CONT | OS | SCS | SCP | | |
| C4:0 | 1,32 ^b | 1,34 ^b | 1,44 ^{ab} | 1,58 ^a | 0,05 | 0,0031 |
| C6:0 | 1,65 ^a | 0,96 ^b | 0,83 ^b | 1,21 ^b | 0,07 | <0,0001 |
| C8:0 | 1,78 ^a | 0,87 ^b | 0,61 ^c | 0,97 ^b | 0,06 | <0,0001 |
| C10:0 | 6,44 ^a | 2,78 ^b | 1,94 ^c | 3,02 ^b | 0,22 | <0,0001 |
| C11:0 | 0,33 ^a | 0,14 ^b | 0,08 ^b | 0,14 ^b | 0,02 | <0,0001 |
| C12:0 | 3,97 ^a | 1,99 ^b | 1,98 ^b | 2,34 ^b | 0,17 | <0,0001 |
| C14:0 | 10,29 ^a | 6,41 ^b | 7,45 ^b | 7,51 ^b | 0,40 | <0,0001 |
| C14:1 | 0,35 | 0,42 | 0,27 | 0,48 | 0,07 | 0,1785 |
| C15:0 | 0,94 ^a | 0,71 ^{ab} | 0,69 ^b | 0,56 ^b | 0,04 | <0,0001 |
| C16:0 | 26,52 ^b | 21,73 ^c | 26,78 ^b | 35,33 ^a | 0,55 | <0,0001 |
| C16:1 | 0,99 ^{ab} | 0,88 ^b | 0,67 ^b | 1,19 ^a | 0,07 | 0,0002 |
| C18:0 | 9,42 ^b | 13,28 ^a | 10,15 ^b | 8,08 ^{bc} | 0,46 | <0,0001 |
| C18:1t9 | 1,66 ^d | 3,83 ^b | 8,09 ^a | 2,69 ^c | 0,22 | <0,0001 |
| C18:1c9 | 24,51 ^b | 32,85 ^a | 26,52 ^b | 26,35 ^b | 1,09 | <0,0001 |
| C18:1t11 | 0,09 ^c | 0,28 ^b | 1,56 ^a | 0,07 ^c | 0,09 | <0,0001 |
| C18:2c9t11 | 0,59 ^c | 0,96 ^b | 1,64 ^a | 1,12 ^b | 0,08 | <0,0001 |
| C18:2t10c12 | 0,04 | 0,06 | 0,07 | 0,03 | 0,03 | 0,627 |
| C18:2n6c9,12 | 2,76 ^b | 3,90 ^a | 4,56 ^a | 2,51 ^b | 0,22 | <0,0001 |
| C18:3n6c6,9,12 | 0,09 ^a | 0,07 ^a | 0,08 ^a | 0,05 ^b | 0,005 | 0,0006 |
| C18:3n3c9,12,15 | 0,13 ^{ab} | 0,18 ^a | 0,19 ^a | 0,12 ^b | 0,01 | 0,0004 |
| C22:0 | 0,07 ^a | 0,04 ^{ab} | 0,03 ^b | 0,05 ^a | 0,007 | 0,0075 |
| C22:6n3 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,005 | 0,1009 |
| Outros | 6,01 | 6,28 | 4,33 | 4,56 | 0,99 | 0,237 |
| AGCC(C4:0-C:12:0) | 15,49 ^a | 8,08 ^{bc} | 6,81 ^c | 8,98 ^b | 0,418 | <0,0001 |
| AGCM(C14:0-16:1) | 39,00 ^b | 29,84 ^d | 35,83 ^c | 44,93 ^a | 0,73 | <0,0001 |
| AGCL(C18:0-C22:6) | 39,31 ^b | 52,31 ^a | 50,02 ^a | 40,95 ^b | 2,14 | 0,0008 |
| ΣAGS | 62,81 ^a | 50,61 ^b | 51,69 ^b | 60,50 ^a | 1,08 | <0,0001 |
| ΣAGI | 31,16 ^b | 42,80 ^a | 42,00 ^a | 34,64 ^b | 1,02 | <0,0001 |
| ΣAGM | 28,28 ^b | 37,80 ^a | 35,29 ^a | 31,01 ^b | 0,91 | <0,0001 |
| ΣAGP | 3,66 ^c | 5,01 ^b | 6,62 ^a | 3,88 ^c | 0,22 | <0,0001 |
| ΣN6 | 2,83 ^b | 3,98 ^a | 4,64 ^a | 2,56 ^b | 0,21 | <0,0001 |
| ΣN3 | 0,18 ^{ab} | 0,22 ^a | 0,23 ^a | 0,15 ^b | 0,01 | 0,0016 |
| RN63 | 15,27 ^b | 19,21 ^a | 20,23 ^a | 16,84 ^b | 1,05 | <0,0001 |
| C14:1 Δ ⁹ – index | 3,41 ^b | 5,55 ^a | 3,02 ^b | 5,78 ^a | 2,41 | 0,04 |
| C16:1 Δ ⁹ – index | 3,60 ^a | 3,73 ^a | 2,45 ^b | 3,25 ^{ab} | 0,65 | 0,001 |
| C18:1 Δ ⁹ – index | 72,21 ^{ab} | 70,95 ^b | 71,66 ^b | 76,23 ^a | 3,39 | 0,013 |
| Δ ⁹ – total | 35,77 ^a | 43,87 ^a | 37,71 ^b | 36,08 ^b | 3,49 | <0,0001 |

¹ CONT: dieta sem adição fontes lipídicas; OS: inclusão de 46 g/kg de MS de óleo de soja (100% de EE); SCS: inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja (82% de EE; Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil); SCP: inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma (82% de EE; Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil).

²EPM=erro padrão da média.

³ Valor de P=diferença entre os tratamentos (P<0,05).

⁴ AGCC= ácidos graxos de cadeia curta; AGCM= ácido graxo de cadeia média; AGCL= ácido graxo de cadeia longa; Σ AGS=somatório de ácidos graxos saturados; Σ AGI=somatório de ácidos graxos insaturados; Σ AGM=somatório de ácidos graxos monoinsaturados; Σ AGP=somatório de ácidos graxos poliinsaturados; Σ N6=somatório de ácidos graxos da série ômega-6; Σ N3= somatório de ácidos graxos da série ômega-3; RN63= relação ômega-6/ ômega-3; C14:1 Δ 9 – index = 100 [(C14:1 cis-9) / (C14:1 cis-9 + C14:0)]; C16:1 Δ 9 – index = 100 [(C16:1 cis-9) / (C16:1 cis-9 + C16:0)]; C18:1 Δ 9 – index = 100 [(C18:1 cis-9) / (C18:1 cis-9 + C18:0)]; Δ 9 – total = (C14:1 Δ 9 – index + C16:1 Δ 9 – index + C18:1 Δ 9 – index);

3.3.4 Desempenho dos cordeiros

A inclusão das fontes de óleo nas dietas das ovelhas não afetou o peso dos cordeiros na 2^a, 8^a e 10^a semana de vida. Conseqüentemente, não houve efeito dos tratamentos no CMS e GMD dos cordeiros nas fases pré e pós-desmama (Tabela 7).

Tabela 7. Peso vivo, consumo de concentrado inicial e desempenho das crias em função da inclusão de óleo de soja ou sais de cálcio de ácidos graxos como fonte de gordura na dieta das ovelhas.

| Itens ⁴ | Tratamentos ¹ | | | | EPM ² | Valor de P ³ |
|------------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|------------------|-------------------------|
| | CONT | OS | SCS | SCP | | |
| Peso, kg | | | | | | |
| 2ª semana | 10,00 | 8,89 | 9,86 | 9,08 | 0,45 | 0,240 |
| 8ª semana | 20,22 | 18,31 | 19,89 | 18,10 | 0,79 | 0,161 |
| 15 d pós-desmama | 24,00 | 22,00 | 24,01 | 22,25 | 1,16 | 0,364 |
| Consumo de MS, kg/d | | | | | | |
| Pré-desmama | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,11 | 0,15 | 0,299 |
| Pós-desmama | 0,63 | 0,58 | 0,61 | 0,60 | 0,05 | 0,910 |
| Ganho médio diário, g | | | | | | |
| Pré-desmama | 0,25 | 0,22 | 0,24 | 0,21 | 0,01 | 0,238 |
| Pós-desmama | 0,34 | 0,32 | 0,31 | 0,34 | 0,02 | 0,701 |

¹ CONT: dieta sem adição fontes lipídicas; OS: inclusão de 46 g/kg de MS de óleo de soja (100% de EE); SCS: inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja (82% de EE; Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil); SCP: inclusão de 56 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma (82% de EE; Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil).

² EPM=erro padrão da média.

³ Valor de P=Probabilidade de haver diferença entre os tratamentos ($P<0,05$). ⁴ MS= Matéria seca. 15d pós-desmama= 15 dias pós-desmama

3.4 Discussão

3.4.1 Peso corporal, consumo, eficiência alimentar, produção e composição do leite das ovelhas

No presente estudo, a suplementação com fontes lipídicas não afetou o peso final das ovelhas, assim como a variação do peso durante o estudo. Importante destacar que para todos os tratamentos a variação de peso foi positiva, indicando que todas as dietas supriram adequadamente a demanda energética das ovelhas, não havendo restrição nutricional para produção de leite.

Foi observado que a fonte lipídica afeta no CMS, em que o tratamento OS reduziu o CMS na sétima semana experimental em relação às fontes protegidas

(Tabela 3). Além disso, o fornecimento de SCS apresentou consumo superior ao controle, demonstrando que a proteção na forma de sabões de cálcio foi efetiva.

O menor CMS para ovelhas que receberam a dieta OS pode ser justificado pela maior disponibilidade de ácidos graxos poliinsaturados na forma livre no rúmen, uma vez que o perfil lipídico das fontes OS e SCS é similar (Tabela 2), contudo, a forma protegida do óleo de soja (SCS) não afetou o CMS, indicando que a proteção foi efetiva no sentido de diminuir o efeito antimicrobiano dos ácidos graxos poliinsaturados no rúmen (Loften et al., 2014).

Allen (2000) descreveram que dos 24 estudos utilizados no levantamento que avaliaram a inclusão de sais de cálcio de óleo de palma, apenas 11 resultaram em redução no CMS. Os autores também relataram que os AG hidrogenados ou triglicerídeos resultaram em diminuição no CMS apenas em 1 estudo, sendo observado aumento no consumo em 2 trabalhos. Contudo, trabalhos avaliando a infusão de AG insaturados no abomaso indicaram diminuição no CMS em vacas (Christensen et al., 1994; Benson e Renolds, 2001).

O consumo de EE foi maior na dieta dos animais alimentados com sais de cálcio (SCP e SCS), a quantidade mais baixa desse nutriente foi observada na dieta CONT, esta variação era esperada devido a composição das dietas experimentais (Tabela 1).

As variáveis relacionadas a produção de leite e EA não foram afetadas pelos tratamentos. Entretanto, vale ressaltar que a produção de leite corrigido para gordura (LCG) aumentou em 24,8% (CONT vs SCP ($P = 0,11$)) o que deve ser atribuído ao efeito positivo do tratamento SCP no teor de gordura do leite das ovelhas (Tabela 5).

3.4.2 Composição e produção dos componentes do leite das ovelhas

No presente estudo, as fontes de lipídeos afetaram as variáveis relacionadas à composição do leite (%). Na literatura existem algumas revisões sobre os aspectos bioquímicos do leite de pequenos ruminantes (Jenness, 1980; Chandan et al., 1992; Alichanidis e Polychroniadou, 1996). A composição do leite varia de acordo com diversos fatores, como raça, alimentação e seleção genética (Pirisi et al., 2007). Paccard e Lagriffoul (2006) compilaram os dados de 86 referências no período de 1973 a 2005 e concluíram que a composição do leite está em

constante evolução e a média da composição do leite em termos de sólidos totais, gordura, proteína, caseína e lactose são respectivamente, 18,1%, 6,82%, 5,59%, 4,23%, e 4,88%.

No presente estudo, observou-se que os maiores teores e produção (g/3h) de gordura no leite foram observados para o tratamento SCP (Tabela 5). O que está coerente com os resultados observados por Cesco et al. (2013), em que o teor de gordura do leite aumentou em resposta ao aumento no teor de inclusão de gordura protegida de palma na dieta de ovelhas, sendo o maior teor (7,19%) e maior produção total de gordura no leite observado com a inclusão de 6,0% de gordura na dieta.

Uma associação do teor de gordura do leite pode ser feita com o perfil lipídico da dieta. No presente experimento, o maior teor de gordura no leite das ovelhas (Tabela 5) do tratamento SCP deve ser atribuído a maior transferência de ácidos de cadeia média advindos da dieta para o leite, especialmente de ácido palmítico, cujo teor elevado no SCP (Tabela 2) se refletiu em maior teor no leite das ovelhas que receberam esta fonte lipídica (Tabela 6).

Além disso, observou-se menores concentrações de ácidos graxos de cadeia curta no leite das ovelhas que receberam os tratamentos OS e SCS. Vale também destacar a menor concentração de ácidos graxos de cadeia média no leite das ovelhas alimentadas com o tratamento OS em relação ao CONT. Portanto, uma possível explicação para diminuição no teor de gordura do leite para o tratamento OS foi a diminuição da síntese *de novo* de ácidos graxos na glândula mamária (Baumgard et al., 2000).

O maior teor de ST no leite das ovelhas do tratamento SCP deve ser atribuído ao maior teor de gordura. Houve uma relação direta entre o teor de gordura no leite e o teor de ST, uma vez que o maior teor de gordura no leite das ovelhas alimentadas com a dieta SCP resultou em maior teor de ST. Portanto, é notório como o perfil de ácidos graxos das fontes lipídicas podem repercutir na composição do leite.

Outro aspecto que é importante levar em consideração quando se trata de produção de leite é o teor de proteína. O teor de proteína total do leite de ovelhas pode variar de 4,7 g/100 g a 7,2 g/100 g (Paccard e Lagriffoul 2006). As ovelhas que receberam o tratamento SCS produziram leite com menor teor de proteína em relação ao CONT, o que está de acordo com estudos anteriores (Chilliard et al.,

2003; Pulina et al., 2006; Zhang et al., 2006; Gómez-Cortés et al., 2008). Contudo, a produção de proteína (g/3h) não foi afetada pelos tratamentos, o que evidencia que se tratou de um efeito de diluição, certamente não havendo prejuízo das fontes lipídicas na síntese de proteína microbiana e conseqüentemente na proteína metabolizável.

3.4.3 Composição de ácidos graxos do leite

Parte das respostas observadas no presente estudo podem ser justificadas pela dinâmica de consumo, síntese e mobilização de ácidos graxos por parte das ovelhas. Os AG de cadeia curta e média, incluindo uma parcela do ácido palmítico, secretados no leite possuem origem a partir da síntese *de novo* que ocorre na glândula mamária, enquanto os AG de cadeia longa e uma parte do palmítico são originados dos triglicerídeos e ácidos graxos não esterificados (AGNE) disponíveis no sangue, que podem ser produtos da mobilização corporal ou advindos da dieta a partir da absorção intestinal (Palmquist et al., 1993; Palmquist, 2006).

Todos os AG de cadeia curta, com exceção do ácido butírico (C4), e parte dos ácidos graxos de cadeia médias (C14:0-C16:1) diminuíram com a inclusão das fontes lipídicas nas dietas, demonstrando que houve uma menor participação dos ácidos graxos sintetizados pela glândula mamária na composição total da gordura do leite. Portanto, essa diminuição na porcentagem dos AGCC e AGCM no leite pode ser justificada por efeito inibitório de intermediários da biohidrogenação ruminal dos ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa oriundos das fontes lipídicas incluídas nas dietas. Parte do ácido butírico é sintetizado por vias metabólicas independentes da enzima acetil-CoA carboxilase (Chilliard et al., 2000), e a oxidação de AGCL para corpos cetônicos aumenta a disponibilidade de butirato para glândula mamária. Além disso, esses ácidos graxos da lipogênese são saturados devido a pouca atividade da Δ -9 desaturase nos ácidos graxos com menos de 18 carbonos (Maamouri et al., 2019).

As ovelhas que receberam a dieta com SCP apresentaram maiores concentrações de C16:0, justamente por ser o principal componente do SCP (Tabela 2). Além disso, dentre as fontes lipídicas, o SCP foi o que menos afetou o teor de ácidos graxos de cadeia curta no leite, indicando menor efeito na síntese ruminal de intermediários que pudessem prejudicar a atividade das enzimas responsáveis pela síntese *de novo* de ácidos graxos na glândula mamária.

Ao observarmos a composição do perfil lipídico das fontes (Tabela 2) é possível verificar uma maior concentração de ácidos graxos insaturados no OS e SCS, o que resultou em maior proporção destes ácidos graxos no leite, indicando que a biohidrogenação ruminal foi apenas parcial e que parte deles foi absorvida e incorporado na gordura do leite. Neste ponto, vale destacar a maior proporção do ácido oleico, linoleico e linolênico no leite das ovelhas suplementadas com OS e SCS (Tabela 6).

O aumento na concentração de C18:0 observado para o tratamento OS e a semelhança entre os demais tratamentos (Tabela 6), indica que os ácidos graxos insaturados do OS foram mais intensamente biohidrogenado no rúmen que os ácidos graxos das fontes protegidas.

Foi observado importante benefício da suplementação com SCS e OS nos teores de ácido vacênico e de CLA C18:2 *cis*-9, *trans*-11 no leite. Em relação ao tratamento controle, a proporção de ácido vacênico e do CLA C18:2 *cis*-9, *trans*-11 aumentou em 211% e 62,7% em favor da suplementação com OS e em 1633% e 178%, respectivamente em favor da suplementação com SCS.

O CLA C18:2 *cis*-9, *trans*-11 pertence a um grupo de isômeros do ácido linoleico que tem recebido muita atenção da comunidade científica por apresentar diversos benefícios a saúde dos seres humanos (Shingfield et al., 2013; Toral et al., 2022). Vale destacar que o ácido vacênico apresenta benefícios similares ao de CLA quando consumido, uma vez que os seres humanos são capazes de convertê-lo no CLA C18:2 *cis*-9, *trans*-11 por intermédio da enzima esteroil-CoA dessaturase (Griinari et al., 2000). Então, é possível dizer que o OS e SCS melhoraram o perfil lipídico do leite, com maior efetividade para o SCS.

3.4.4 Desempenho dos cordeiros

O desempenho similar dos cordeiros pode ser explicado pela ausência de efeitos dos tratamentos na produção de leite e na produção de leite corrigido para gordura e proteína (Tabela 4). Nesta fase inicial, os cordeiros têm duas formas de alimentação, a primeira é a ingestão de leite materno e a segunda é o consumo de concentrado inicial. Entretanto, o leite é considerado a principal fonte de alimento do cordeiro nos primeiros 30 dias de idade (McKusick et al., 2001).

Cordeiros ao pé da mãe apresentam um menor consumo de MS (0,110 – 0,150 kg/dia) comparado a cordeiros no pós-desmame (0,580 – 0,630 kg/dia), essa diferença é justificada pela preferência dos cordeiros ao consumo de leite materno, quando desmamados o consumo se torna único e exclusivo de concentrado (Tabela 7; Assis et al., 2020; Sardinha et al., 2020; Ferreira et al., 2018; Parente et al., 2018; Ferreira et al., 2014). Como as duas fontes de alimentação são complementares, é importante salientar que uma boa alimentação na época de aleitamento aumenta o ritmo de crescimento, reduz mortalidade e evita restrições na produção futura (Silva Sobrinho et al., 2005). Então, no presente experimento todas as estratégias adotadas foram adequadas no que se refere a produção de leite das ovelhas e desempenho das crias, ficando os benefícios da suplementação com as fontes lipídicas restritas a composição do leite, fator também muito importante, tanto no que se refere ao rendimento industrial do leite como as implicações na saúde dos consumidores.

3.5 Conclusão

A alimentação com diferentes fontes de ácidos graxos resultou em efeitos sobre o consumo de MS e composição do leite das ovelhas.

O perfil de ácidos graxos do leite sofreu grande influência das fontes lipídicas, sobre a diminuição na concentração dos ácidos graxos saturados do leite e aumento dos ácidos graxos insaturados.

Vale também destacar o grande potencial do óleo protegido de palma (SCP) como modulador da composição do leite, principalmente por aumentar o teor de gordura, bem como, a julgar pela composição do leite, foi a fonte mais inerte no rúmen, pois foi a que menos afetou o teor de ácidos graxos de cadeia curta no leite, indicativo de menor efeito de intermediários da biohidrogenação ruminal na síntese *de novo* de ácidos graxos na glândula mamária.

Referências

Alichanidis, E., Polychroniadou, A., 1996. Special features of dairy products from ewe and goat milk from the physicochemical and organoleptic point of view. In Production and utilization of ewe and goat milk, Crete (Greece), 19-21 Oct 1995. International Dairy Federation.

- Allen, M. S., 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1598-1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)
- Almeida, O. C., Ferraz Jr, M. V., Susin, I., Gentil, R. S., Polizel, D. M., Ferreira, E. M., Pires, A. V., 2019. Plasma and milk fatty acid profiles in goats fed diets supplemented with oils from soybean, linseed or fish. *Small Ruminant Research*, 170, 125-130. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.11.002>
- Alwan, A., 2011. Global status report on noncommunicable diseases. World Health Organization.
- AOAC, 1990. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis, 15th ed. Arlington.
- Assis, R. G. D., Biava, J. S., Polizel, D. M., Souza, T. T. D., Sturion, T. U., Pires, A. V., Ferreira, E. M., 2020. Use of narasin in diets for lactating ewes. *Small Ruminant Research*, 187, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106108>
- Baumgard, L. H., Corl, B. A., Dwyer, D. A., Saebø, A., Bauman, D. E., 2000. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 278(1), R179-R184. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.2000.278.1.R179>
- Benson, J. A., Reynolds, C. K., Humphries, D. J., Rutter, S. M., Beever, D. E., 2001. Effects of abomasal infusion of long-chain fatty acids on intake, feeding behavior and milk production in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 84(5), 1182-1191. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74579-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74579-1)
- Cannas, A., Tedeschi, L. O., Fox, D. G., Pell, A. N., Van Soest, P. J., 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *Journal of Animal Science*, 82(1), 149-169. <https://doi.org/10.2527/2004.821149x>
- Cesco, G. de O., Bianchi, A. E., de Paulo Macedo, V., 2013. Produção e composição química de leite de ovelhas lacaune alimentadas com gordura protegida. *Synergismus scyentifica UTFPR*, 8(2).
- Chandan, R. C., Attaie, R., Shahani, K. M., 1992. Nutritional aspects of goat milk and its products. In *Proc. V. Intl. Conf. Goats (Vol. 2, No. part II, p. 399)*.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J., Lamberet, G., 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *Journal of Dairy Science*, 86(5), 1751-1770. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73761-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73761-8)
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Mansbridge, R. M., Doreau, M., 2000. Ruminant milk fat plasticity: nutritional control of saturated, polyunsaturated, trans and conjugated fatty acids. In *Annales de zootechnie (Vol. 49, No. 3, pp. 181-205)*. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/animres:2000117>
- Christensen, R. A., Drackley, J. K., LaCount, D. W., Clark, J. H., 1994. Infusion of four long-chain fatty acid mixtures into the abomasum of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 77(4), 1052-1069. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77041-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77041-7)

- Erkkila, A., de Mello, V. D., Risérus, U., Laaksonen, D. E., 2008. Dietary fatty acids and cardiovascular disease: an epidemiological approach. *Progress in lipid research*, 47(3), 172-187. <https://doi.org/10.1016/j.plipres.2008.01.004>
- Feng, S., Lock, A. L., Garnsworthy, P. C. 2004. A rapid lipid separation method for determining fatty acid composition of milk. *Journal of dairy science*, 87(11), 3785-3788.
- Ferreira, E. M., Junior, M. V. F., Polizel, D. M., Urano, F. S., Susin, I., Gentil, R. S., Pires, A. V., 2018. Milk yield and composition from ewes fed raw soybeans and their lambs' performance. *Animal Feed Science and Technology*, 238, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.01.011>
- Ferreira, E. M., Pires, A. V., Susin, I., Gentil, R. S., Gilaverte, S., Parente, M. D. O. M., Ribeiro, C. V. D. M., 2014. Lamb performance, milk production and composition from ewes supplemented with soybean oil partially replaced by fish oil blend. *Livestock Science*, 163, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.02.009>
- Gómez-Cortés, P., Frutos, P., Mantecón, A. R., Juárez, M., De la Fuente, M. A., Hervás, G., 2008. Milk production, conjugated linoleic acid content, and in vitro ruminal fermentation in response to high levels of soybean oil in dairy ewe diet. *Journal of Dairy Science*, 91(4), 1560-1569. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0722>
- Gómez-Cortés, P., Juárez, M., de la Fuente, M. A., 2018. Milk fatty acids and potential health benefits: An updated vision. *Trends in Food Science e Technology*, 81, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.014>
- Griinari, J. M., Corl, B. A., Lacy, S. H., Chouinard, P. Y., Nurmela, K. V. V., Bauman, D. E., 2000. Conjugated linoleic acid is synthesized endogenously in lactating dairy cows by $\Delta 9$ -desaturase. *The Journal of nutrition*, 130(9), 2285-2291. <https://doi.org/10.1093/jn/130.9.2285>
- Jenkins, T. C., Harvatine, K. J., 2014. Lipid feeding and milk fat depression. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 30(3), 623-642. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2014.07.006>
- Jenness, R., 1980. Composition and characteristics of goat milk: review 1968-1979. *Journal of Dairy Science*, 63(10), 1605-1630. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)83125-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)83125-0)
- Kramer, J. K., Fellner, V., Dugan, M. E., Sauer, F. D., Mossoba, M. M., Yurawecz, M. P. 1997. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. *Lipids*, 32, 1219-1228.
- Loften, J. R., Linn, J. G., Drackley, J. K., Jenkins, T. C., Soderholm, C. G., Kertz, A. F., 2014. Invited review: Palmitic and stearic acid metabolism in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(8), 4661-4674. <https://doi.org/10.3168/jds.2014-7919>
- Maamouri, O., Mahouachi, M., Kraiem, K., Atti, N., 2019. Milk production, composition and milk fatty acid profile from grazing ewes fed diets supplemented with *Acacia cyanophylla* leaves as tannins source and whole or extruded linseed. *Livestock Science*, 227, 120-127. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.06.024>

- Mazza, M., Pomponi, M., Janiri, L., Bria, P., Mazza, S., 2007. Omega-3 fatty acids and antioxidants in neurological and psychiatric diseases: an overview. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 31(1), 12-26. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2006.07.010>
- McKusick, B. C., Thomas, D. L., Berger, Y. M., 2001. Effect of weaning system on commercial milk production and lamb growth of East Friesian dairy sheep. *Journal of Dairy Science*, 84(7), 1660-1668. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74601-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74601-2)
- Paccard, P., Lagriffoul, G., 2006. Synthèse bibliographique sur la composition du lait de brebis en composés d'intérêt nutritionnel. *Pers. Commun*, 28.
- Palmquist, D. L., Mattos, W. R. S., 2006. Metabolismo de lipídeos. *Nutrição de ruminantes*.
- Palmquist, D. L., Beaulieu, A. D., Barbano, D. M., 1993. Feed and animal factors influencing milk fat composition. *Journal of Dairy Science*, 76(6), 1753-1771. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77508-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77508-6)
- Parente, M. D. O. M., Susin, I., Nolli, C. P., Ferreira, E. M., Gentil, R. S., Polizel, D. M., Bessa, R. J. B., 2018. Effects of supplementation with vegetable oils, including castor oil, on milk production of ewes and on growth of their lambs. *Journal of Animal Science*, 96(1), 354-363. <https://doi.org/10.1093/jas/skx015>
- Pirisi, A., Lauret, A., Dubeuf, J. P., 2007. Basic and incentive payments for goat and sheep milk in relation to quality. *Small ruminant research*, 68(1-2), 167-178. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.09.009>
- Pulina, G., Nudda, A., 2004. Milk production. In *Dairy Sheep Nutrition* (pp. 1-12). Wallingford UK: CABI Publishing.
- Pulina, G., Nudda, A., Battaccone, G., Cannas, A., 2006. Effects of nutrition on the contents of fat, protein, somatic cells, aromatic compounds, and undesirable substances in sheep milk. *Animal Feed Science and Technology*, 131(3-4), 255-291. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.05.023>
- Russel, A. J. F., Wright, I. A., 1984. Partition of fat, body composition and body condition score in mature cows. *Animal Science*, 38(1), 23-32. <https://doi.org/10.1017/S0003356100041313>
- Sardinha, L. A., Marques, R. S., Miszura, A. A., Barroso, J. P. R., Oliveira, G. B., Martins, A. S., Polizel, D. M., 2020. Milk yield and composition from ewes fed diets containing narasin and their lambs' performance. *Translational Animal Science*, 4(2), 854-862. <https://doi.org/10.1093/tas/txaa030>
- Selegato, A. L. M., Gentil, R. S., Nolli, C. P., Ferreira, E. M., Pires, A. V., Almeida, O. C., Susin, I., 2015. Associação entre o óleo de soja e o óleo de peixe na dieta de cabras em lactação como estratégia para melhorar o perfil de ácidos graxos do leite. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67, 1429-1437. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8044>
- Shingfield, K., Bonnet, M., Scollan, N., 2013. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. *Animal*, 7(S1), 132-162. <https://doi:10.1017/S1751731112001681>

- Silva Sobrinho, A. G. D., Purchas, R. W., Kadim, I. T., Yamamoto, S. M., 2005. Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 1070-1078. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000300040>
- Susin, I., Loerch, S. C., McClure, K. E., 1995. Effects of feeding a high-grain diet at a restricted intake on lactation performance and rebreeding of ewes. *Journal of animal science*, 73(11), 3199-3205. <https://doi.org/10.2527/1995.73113199x>
- Toral, P. G., Hervás, G., Frutos, P., 2022. Effect of lipid supplementation on the endogenous synthesis of milk cis-9 trans-11 CLA in dairy sheep and goats. a tracer assay with ¹³C-vaccenic acid. *Journal of Dairy Science*, 105(1), 255-268. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20728>
- Toral, P. G., Hervás, G., Gómez-Cortés, P., Frutos, P., Juárez, M., de La Fuente, M. A., 2010. Milk fatty acid profile and dairy sheep performance in response to diet supplementation with sunflower oil plus incremental levels of marine algae. *Journal of Dairy Science*, 93(4), 1655-1667. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2769>
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., Lewis, B. A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Wanders, A. J., Zock, P. L., Brouwer, I. A., 2017. Trans fat intake and its dietary sources in general populations worldwide: a systematic review. *Nutrients*, 9(8), 840. <https://doi.org/10.3390/nu9080840>
- World Health Organization., 2010. Global status report on noncommunicable diseases. Geneva: World Health Organization, 176 p.
- Zhang, R. H., Mustafa, A. F., Zhao, X., 2006. 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 and Technology*, 127(3-4), 220-233. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.09.001>

4 ÓLEO DE SOJA E SAIS DE CÁLCIO DE ÁCIDOS GRAXOS COMO FONTE DE GORDURA NA DIETA DE BORREGAS: DESEMPENHO E CARACTERÍSTICA REPRODUTIVAS

Resumo

O objetivo no presente estudo foi avaliar o efeito da inclusão de diferentes fontes de gordura na dieta de borregas sobre o desempenho, características reprodutivas e perfil lipídico da carne. Foram utilizadas 50 borregas mestiças (Dorper x Santa Inês), com peso médio inicial de $25,1 \pm 4,1$ kg e 145 ± 2 dias de idade. O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados, com 5 tratamentos e 10 blocos, definidos de acordo com peso e idade dos animais. As dietas experimentais foram: 1) dieta sem inclusão de fontes lipídicas (CONT); 2) inclusão de 46 g/kg de MS de óleo de soja (OS); 3) inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos de óleo de soja (SCS); 4) inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos de óleo de palma (SCP); 5) inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos de óleo de palma + caroço de algodão + soja, "blend" (SCB). Os animais que receberam as dietas contendo OS e SCP apresentaram menor ($P = 0,002$) CMS em comparação aos tratamentos CONT, SCS e SCB e que foram semelhantes entre si. Não houve efeito dos tratamentos sobre o GMD e peso final das borregas. A idade média à puberdade observada foi de 204 dias, peso à puberdade 36,23 kg e 68% de taxa de puberdade, não havendo efeito dos tratamentos para estas variáveis. Foi observado efeito de tratamento ($P < 0,04$) para concentração de AGNE, com menor concentração observada no tratamento CONT e a maior para tratamento SCP. Com relação ao perfil lipídico da carne, os animais que receberam OS apresentaram menor ($P < 0,01$) concentração de ácido palmítico (C16:0) e maior ($P < 0,01$) de ácido elaídico (C18:1 *trans*-9) e rumênico (C18:2 *cis*-9, *trans*-11). O somatório de ácidos graxos saturados (Σ AGS) foi maior ($P = 0,02$) para os tratamentos com OS e fontes de gordura protegida (SCP, SCS e SCB). O tratamento SCB resultou em menor ($P < 0,01$) somatório de ácidos graxos poliinsaturados (Σ AGP). A maior relação ômega-6/ômega-3 foi observada a favor das dietas com inclusão de OS, SCS e SCB. O uso de diferentes fontes de ácidos graxos na dieta foi uma excelente ferramenta para manipular favoravelmente o perfil de ácidos graxos da carne, podendo ser utilizada em favor da produção de carne com perfil lipídico benéfico aos seres humanos sem prejuízo à produção animal

Palavras-chave: Carne, Gordura Protegida, Lipídios, Nutrição, Ovinos

Abstract

The aim of the present study was to evaluate the effect of including different sources of fat in the diet of lambs on performance, reproductive characteristics, and lipid profile of the meat. Fifty crossbreed ewe lambs (Dorper x Santa Inês) with initial body weight (BW) of 25.1 ± 4.1 kg and 145 ± 2 days of age were distributed in a

randomized complete block design, with 5 treatments and 10 blocks, defined according to the BW and age of the animals. The experimental diets were: 1) diet without inclusion of lipid sources (CONT); 2) inclusion of 47 g/kg DM of soybean oil (SO); 3) inclusion of 57 g/kg DM of calcium salts of soybean oil fatty acids (CSS); 4) inclusion of 57 g/kg DM of calcium salts of palm oil fatty acids (CSP); 5) inclusion of 57 g/kg DM of calcium salts of palm + cottonseed + soybean oil fatty acids, *blend* (CSB). The animals that received the diets containing OS and SCP presented lower ($P = 0.002$) DMI compared to the CONT, CSS and CSB treatments. There was no effect of the treatments on the ADG and final BW of the ewe's lamb. The mean age at puberty observed was 204 days, body weight at puberty 36.23 kg and 68% puberty rate, with no effect of treatments for these variables. A treatment effect ($P < 0.04$) was observed for NEFA concentration, with the lowest concentration observed in the CONT treatment and the highest for the treatment CSP. Regarding the lipid profile of the meat, the animals that received SO presented lower ($P < 0.01$) concentration of palmitic acid (C16:0) and higher ($P < 0.01$) of elaidic acid (C18:1 *trans*-9) and rumenic acid (C18:2 *cis*-9, *trans*-11). The sum of saturated fatty acids (Σ SFA) was higher ($P = 0.02$) for treatments with SO and sources of protected fat (CSP, CSS and CSB). The CSB treatment resulted in a lower ($P < 0.01$) sum of polyunsaturated fatty acids (Σ PUFA). The highest omega-6/omega-3 ratio was observed in favor of diets with the inclusion of SO, CSS and CSB. The use of different sources of fatty acids in the diet was an excellent tool to manipulate the fatty acid profile of meat and can be used in favor of the production of meat with a lipid profile beneficial to humans without prejudice to animal production.

Keywords: Fat protected, Lipids, Meat, Nutrition, Sheep

4.1 Introdução

Nos últimos anos, o conceito de alimentação saudável tem sido sinônimo de redução dos teores de ácidos graxos saturados (AGS) e aumento dos ácidos poliinsaturados (AGPI) e ácido linoleico conjugado (CLA) na carne. Alterar a composição de ácidos graxos de alimentos derivados de ruminantes oferece a oportunidade de alinhar o consumo de ácidos graxos (AG) sem a necessidade de mudanças substanciais nos hábitos alimentares (Shingfield et al., 2013).

Pesquisas recentes, por exemplo, mostram que o ácido graxo poliinsaturado rumênico C18:2 *cis*-9, *trans*-11, o principal isômero natural do ácido linoleico conjugado (CLA) e seu precursor ácido vacênico C18:1 *trans*-11 têm muitas propriedades que melhoram a saúde e o bem-estar humano (Calder, 2015). Os alimentos derivados de ruminantes representam a principal fonte dietética de CLA, sendo a carne responsável por cerca de 25%. A carne de ruminantes tem teores mais elevados de CLA do que carne de não ruminantes. As maiores concentrações

de CLA foram encontradas em cordeiro (4,3 – 19,0 mg/g de lipídio) e com concentrações ligeiramente menores na carne bovina (1,2 – 10,0 mg/g de lipídio) (Schmid et al., 2006).

A composição de AG da carne ovina pode variar com a raça, gordura, tipo de músculo e nutrição, sendo este último o principal influenciador (Berthelot e Gruffat, 2018). De acordo com Bas e Morand-Fehr (2000), não apenas a quantidade, mas o tipo de lipídeo na dieta afeta consideravelmente a quantidade, distribuição e composição da gordura corporal, sendo estes fatores importantes na determinação da qualidade da carne. Historicamente, o maior interesse era reduzir o impacto negativo dos AG na saúde humana, principalmente em doenças cardiovasculares, mas agora está claro que alguns AG têm influência positiva em uma série de doenças (Chikwanha et al., 2018).

Para aumentar o teor de lipídio ou alterar o perfil de AG das dietas é necessário a utilização de fontes específicas de acordo com o interesse principal, sendo os óleos vegetais em geral comumente utilizados (Awawdeh et al., 2009; Van Cleef et al., 2016; Brant et al., 2022). Apesar da ação positiva no aumento da densidade energética com o uso de fontes lipídicas na nutrição, os óleos podem causar efeitos negativos na fermentação ruminal dependendo da dose, fonte e proteção. As fontes são ricas em AGS ou AGI que podem afetar a dinâmica ruminal por ação dos microorganismos, prejudicando ou inibindo sua ação na degradação dos alimentos, principalmente de fibras (Palmquist e Mattos, 2011).

Uma alternativa para minimizar os efeitos deletérios dos AG no ambiente ruminal é o uso da tecnologia de proteção das fontes de gordura, conhecidas por sais de cálcio de ácidos graxos (SCAG), desenvolvido para reduzir o risco de problemas metabólicos ocasionados pela presença de grandes quantidades de lipídeos no rúmen, em especial, os ácidos graxos insaturados (AGI). Os SCAG produzidos a partir da hidrólise dos óleos vegetais e posterior combinação com cálcio resultando em sais com maior ponto de fusão que são parcialmente ou totalmente inertes no rúmen (Loften e Cornelius, 2004). A influência positiva do fornecimento de SCAG pode ser observada por várias pesquisas em pequenos ruminantes (Baldin et al., 2017; López et al., 2017; Bianchi et al., 2014; Viñoles et al., 2009)

Frente ao exposto, as hipóteses deste estudo são que a utilização de sais de cálcio de ácidos graxos na forma de SCS, SCP e SCB irá modular o perfil lipídico da

carne, entretanto a forma desprotegida do OS será a mais efetiva no aumento na concentração de CLA, o uso do OS afetará negativamente o CMS, os parâmetros reprodutivos não serão afetados pelas fontes de óleo. Então, para testar estas hipóteses o presente experimento teve como objetivo avaliar os efeitos da inclusão de óleo de soja degomado, e do óleo de soja, de palma e “blend” na forma de sais de cálcio de ácidos graxos na dieta de borregas sobre o consumo, ganho de peso, eficiência alimentar, respostas reprodutivas e perfil lipídico da carne.

4.2 Materiais e Métodos

O experimento foi realizado nas instalações do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) “Professora Ivanete Susin” do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP), localizada em Piracicaba – SP (22° 42’ 24” S e 47° 37’ 53” O), Brasil. O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/ESALQ), protocolo n°6524020821.

4.2.1 Animais, instalações e delineamento experimental

Cinquenta borregas mestiças (Dorper x Santa Inês), com peso médio inicial de $25,1 \pm 4,1$ kg e 145 ± 2 dias de idade foram utilizadas. Todos os animais desse experimento pertenciam ao rebanho do SIPOC. Os animais foram confinados individualmente em sistema “tie-stall” em piso ripado ao abrigo da chuva e luz solar direta, cada animal teve acesso a cocho para fornecimento de ração e bebedouro individual.

O período experimental teve duração de 112 dias, dividido em quatro subperíodos de 28 dias. As borregas foram distribuídas em delineamento experimental de blocos completos casualizados, com 5 tratamentos e 10 blocos (repetições). Os blocos foram definidos de acordo com peso e idade dos animais.

As dietas experimentais foram compostas por 60% de volumoso (feno *Coastcross*) e 40% de concentrado, como segue: 1) dieta sem inclusão de fontes lipídicas (**CONT**); 2) inclusão de 46 g/kg de MS de óleo de soja (**OS**); 3) inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja (**SCS**); 4) inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma (**SCP**); 5)

inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma + caroço de algodão + soja, “blend” (**SCB**). A fonte OS continha 100% de EE e as fontes SCS, SCP, SCB continham 82% de EE, o que justifica a inclusão de 46 g/kg de MS de OS e 57 g/kg de MS das demais fontes. Portanto essa diferença na inclusão de óleo das fontes é justificada pelo teor de extrato etéreo, de modo que quando corrigido para o teor de extrato etéreo de cada tratamento a inclusão de cada fonte se mantém igual. As fontes de sais de cálcio de ácidos graxos foram obtidas da Nutricorp Nutrição Animal (Araras, São Paulo, Brasil). As dietas experimentais foram formuladas para serem isonitrogenadas, seguindo as recomendações do “National Research Council” – (NRC, 2007), utilizando-se o programa de formulação “Small Ruminant Nutrition System” – (SRNS) versão 1.9.6290.40564 (Cannas et al., 2004). A proporção dos ingredientes e a composição química das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 8. O perfil de ácidos graxos do óleo de soja, sais de cálcio de óleo de soja, sais de cálcio de óleo de palma e sais de cálcio “blend” encontra-se na Tabela 9.

Tabela 8. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (g/kg de MS).

| Ingredientes | Tratamentos ¹ | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | CONT | OS | SCS | SCP | SCB |
| Feno (<i>Coastcross</i>) | 600 | 600 | 600 | 600 | 600 |
| Milho moído | 373 | 324 | 324 | 324 | 324 |
| Óleo de soja | - | 47 | - | - | - |
| Sais de cálcio do óleo de soja | - | - | 57 | - | - |
| Sais de cálcio do óleo de palma | - | - | - | 57 | - |
| Sais de cálcio “blend” | - | - | - | - | 57 |
| Mistura mineral ² | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 |
| Ureia | 2,5 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Calcário | 10 | 10 | - | - | - |
| Composição química | | | | | |
| Matéria seca (% da MO) | 848 | 849 | 851 | 853 | 859 |
| Proteína bruta | 167 | 157 | 157 | 155 | 154 |
| Extrato etéreo | 21 | 66 | 63 | 71 | 66 |
| Fibra insolúvel em detergente neutro | 492 | 478 | 478 | 487 | 472 |
| Fibra insolúvel em detergente ácido | 227 | 222 | 222 | 224 | 219 |
| EM ³ , Mcal/kg de MS | 2,3 | 2,7 | 2,7 | 2,7 | 2,7 |

¹CONT: dieta sem inclusão de fontes lipídicas; OS: inclusão de 47 g/kg de MS de óleo de soja; SCS: inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja; SCP: inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma; SCB: inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma + caroço de algodão + soja, “blend”. Sais de cálcio (Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil).

²Composição: 75 g/kg P; 134 g/kg Ca; 10 g/kg Mg; 70 g/kg S; 145 g/kg Na; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 15 ppm Se;

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

Tabela 9. Perfil de ácidos graxos das fontes lipídicas utilizadas nas dietas experimentais.

| Ácidos graxos, g/100 g | Fontes lipídicas ¹ | | | |
|------------------------|-------------------------------|------------------|-------|------------------|
| | OS | SCS | SCP | SCB |
| C4:0 | n.d ⁵ | n.d ⁵ | 0,47 | 0,45 |
| C6:0 | n.d ⁵ | 0,06 | 0,34 | 0,38 |
| C8:0 | n.d ⁵ | 0,09 | 0,08 | n.d ⁵ |
| C10:0 | n.d ⁵ | 0,08 | 0,06 | n.d ⁵ |
| C12:0 | n.d ⁵ | 0,96 | 0,74 | 0,58 |
| C14:0 | 0,08 | 0,45 | 0,61 | n.d ⁵ |
| C15:0 | n.d ⁵ | 0,05 | 0,02 | n.d ⁵ |
| C16:0 | 10,38 | 14,78 | 46,75 | 39,42 |
| C16:1 | 0,09 | 0,13 | 0,06 | 0,14 |
| C17:0 | 0,09 | 0,11 | 0,04 | n.d ⁵ |
| C18:0 | 4,04 | 4,65 | 2,79 | 3,86 |
| C18:1 n-9t | n.d ⁵ | 5,33 | 0,14 | 1,44 |
| C18:1 n-9c | 24,42 | 26,28 | 40,69 | 36,00 |
| C18:2 n-6t | n.d ⁵ | 0,31 | 0,38 | n.d ⁵ |
| C18:2 n-6 | 51,67 | 41,81 | 6,00 | 14,54 |
| C18:3 n-3 | 6,17 | 2,04 | 0,18 | n.d ⁵ |
| C20:0 | 0,22 | 0,40 | 0,18 | 0,63 |
| C20:1 n-9 | 0,24 | n.d ⁵ | 0,07 | 1,28 |
| C20:3 n-3 | 0,06 | n.d ⁵ | 0,03 | 0,12 |
| C22:6 n-3 | n.d ⁵ | n.d ⁵ | 0,07 | n.d ⁵ |
| C24:0 | n.d ⁵ | n.d ⁵ | 0,03 | 0,23 |
| Outros | 2,84 | 2,47 | 0,27 | 0,93 |
| AGS ² | 14,81 | 21,90 | 52,11 | 45,55 |
| AGP ³ | 57,90 | 44,16 | 6,66 | 15,15 |
| AGM ⁴ | 24,75 | 31,74 | 40,96 | 38,86 |

| | | | | |
|------------------------------|-------|-------|------|------------------|
| AGP <i>n</i> -6 ³ | 51,67 | 42,12 | 6,38 | 14,54 |
| AGP <i>n</i> -3 ³ | 6,23 | 2,04 | 0,21 | n.d ⁵ |

¹OS: óleo de soja degomado, 100% extrato etéreo; SCS: sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja, 82% extrato etéreo – (Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil); SCP: sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma, 82% de extrato etéreo – (Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil); SCB: inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma + caroço de algodão + soja, “blend”, 82% extrato etéreo – (Nutricorp Nutrição Animal, Araras-SP, Brasil); ²AGS= ácidos graxos saturados;

³AGP = ácidos graxos poliinsaturados; AGP *n*-6 = ácidos graxos poliinsaturados da série ômega-6; AGP *n*-3 = ácidos graxos poliinsaturados da série ômega-3;

⁴AGM = ácidos graxos monoinsaturados;

⁵ n.d = não detectado

4.2.2 Manejo alimentar e coleta de dados

Todos os ingredientes concentrados das dietas (Tabela 7) foram homogeneizados utilizando misturador horizontal com capacidade para 500 kg (Lucato®, Limeira-SP, Brasil). Diariamente, o feno e o concentrado foram pesados separadamente utilizando balança eletrônica de precisão de 1 g (Marte®, LC 100, São Paulo, Brasil) e posteriormente foram homogeneizados no momento da oferta aos animais, os quais tiveram acesso *ad libitum* à dieta e água fresca. A quantidade de ração ofertada foi definida com base na leitura de cocho realizada diariamente antes do fornecimento das rações, sendo permitido sobras de até 10% em relação ao ofertado.

Para cálculo do consumo de matéria seca (CMS), as sobras de cada unidade experimental foram pesadas a cada 14 dias, amostradas (10%), compostas por tratamento e conservadas a -18°C para posterior análise.

O ganho médio diário (GMD) dos animais foi calculado por meio de pesagens realizadas nos dias 0, 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98 e 112 do período experimental após jejum de sólidos de 16 horas. A eficiência alimentar (EA) foi calculada conforme a seguinte fórmula: kg de GMD/kg de CMS.

Amostras de sangue foram colhidas quinzenalmente da veia jugular 4 horas após oferta da dieta, em tubos Vacutainer® com gel separador inerte para soro e ativador de coágulo. As amostras foram utilizadas para determinação da concentração plasmática de progesterona e AGNE.

Ao final do período experimental foi realizada biópsia de um fragmento do músculo *Longissimus lumborum* para posterior análise do perfil de ácidos graxos de

cadeia longa. Após a tricotomia, o local foi higienizado com antisséptico gliconato de clorexidina 2% degermante (VicPharma, Taquaritinga, São Paulo). Em seguida, com o animal adequadamente contido em estação foi realizada a medicação pré-anestésica (MPA) para submeter o animal a uma leve sedação. A droga de eleição foi o cloridrato de acepromazina a 1% (Acepram 1%, Vetnil, Loveira, São Paulo), que foi administrado por via endovenosa lenta, na dosagem de 0,2 a 0,3 mL/kg de PV. A sedação teve como principal objetivo suprimir a irritabilidade dos animais facilitando o seu manejo durante a intervenção cirúrgica. Também foi utilizada anestesia local infiltrativa subcutânea, utilizando 9 mg/kg de cloridrato de lidocaína 2% injetável com vasoconstritor (Bravet, Engenho Novo, Rio de Janeiro). Para a anestesia local infiltrativa subcutânea foi realizado um cordão anestésico (para a incisão) com a finalidade de bloquear todos os planos de tecido (subcutâneo ao muscular). A quantidade de anestésico local foi definida pelo médico veterinário responsável pela biópsia.

Para incisão, o local foi novamente higienizado com antisséptico gliconato de clorexidina 2% degermante, álcool etílico à 70% e seco localmente com gaze estéril. O procedimento foi minimamente invasivo, com palpação e conhecimentos anatômicos identificou-se o melhor ponto de incisão. A incisão foi realizada após 13^o costela, cerca de 2,0 cm lateralmente ao processo espinhoso da vertebra lombar, com aproximadamente 5 cm de comprimento passando a epiderme, a derme e a hipoderme (tecido subcutâneo), além dos demais tecidos como adiposo e fáscia muscular, até a localização do músculo *Longissimus lumborum*, do qual foi coletado um fragmento de aproximadamente 2 g com auxílio de pinça anatômica dente de rato e bisturi. Após a coleta do fragmento foi realizada a sutura da hipoderme, da derme e da epiderme com auxílio de porta agulha e fio agulhado apropriado para cada plano. A sutura foi realizada em pontos individuais com distância mínima de 0,2 cm entre eles. A amostra foi envolta em papel alumínio, identificada e armazenada em câmara fria -20^o C para posterior análise de perfil de ácidos graxos. A finalização da biópsia foi realizada com curativo local. O tempo de duração do procedimento, em média, foi de 7 a 10 minutos.

Como protocolo pós-operatório, os animais receberam ao final do procedimento: antibacterianos, anti-inflamatório e curativo local. O antibacteriano de escolha foi à base de penicilina, sendo a primeira aplicação por via intramuscular (IM) no momento do procedimento cirúrgico e outras duas com intervalo de 48

horas, totalizando 3 aplicações. A dosagem recomendada do antibacteriano foi 24.000 UI/kg (Pencivet Plus – MSD Saúde Animal, São Paulo). O anti-inflamatório foi não esteroideal como o flumexim meglumine ou similar (Banamine - MSD Saúde Animal, São Paulo), na dose de 2,2 mg/kg, também por via intramuscular por 3 dias seguidos. E para finalizar o pós-operatório foram realizados curativos locais com pomada cicatrizante com óxido de zinco 2,0% (Vansil, Descalvado, São Paulo) e spray de sulfadiazina prata 1,0% (AGENER UNIÃO, São Paulo, São Paulo), utilizados como antibacterianos e repelente a fim de auxiliar na cicatrização e prevenir possíveis miíases no local da cirurgia. Além disso, os animais foram acompanhados diariamente até completa cicatrização, sendo esta geralmente rápida e eficaz. Após este período, os animais passaram por avaliação veterinária para possível retirada dos pontos. Os pontos foram retirados no máximo em 10 dias após a realização da biópsia, utilizando pinça e tesoura.

4.2.3 Análises químicas e cálculos

As amostras das dietas ofertadas e sobras foram secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas, após essa pré-secagem todas as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, Brasil) providos de peneiras de crivos de 1,0 mm. Para determinação da matéria seca (MS), as amostras foram secas em estufa a 105°C durante 24 horas (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 1990; #934.01), a matéria mineral (MM) foi obtida através da incineração das amostras em mufla a 550 °C por 4 horas (AOAC, 1990; #942.5). A concentração de N total foi determinada através da combustão da amostra utilizando o aparelho LecoTruMac® N (Leco Corporation, St. Joseph MI, USA; AOAC, 1990; #968.06). Para determinação do teor de proteína bruta (PB) o teor de N total da amostra foi multiplicado por 6,25. O teor de extrato etéreo foi determinado conforme AOAC (1990; #954.05)). A determinação da fração fibrosa foi realizada de forma sequencial, utilizando alfa-amilase termoestável e sulfato de sódio para análise de fibra em detergente neutro (FDN), de acordo com metodologia proposta por Van Soest et al., (1991) e fibra em detergente ácido (FDA) utilizando um aparelho Ankom A2000 (Ankon Tech. Corp., Macedon, NY; AOAC, 1990; #968.06).

4.2.4 Ácidos graxos não esterificados (AGNE)

Após as colheitas, as amostras de sangue foram centrifugadas sob refrigeração (Centrífugas Excelsa 4, Mod., São Paulo, São Paulo, Brasil) a 1800 rpm por 15 minutos, em temperatura de 4 °C para separação do soro sanguíneo. Em seguida, o sobrenadante foi pipetado e armazenado em microtubos do tipo Eppendorf de 2 mL (OLEN®, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil) e congelado a -20 C em alíquotas de 1,5 mL para posterior análise de AGNE.

As concentrações de AGNE foram quantificadas por metodologia enzimática colorimétrica em analisador bioquímico automático, em triplicata, com auxílio de um leitor de microplacas Bio-Rad Modelo 3550 (Analytical Instruments, Golden Valley, MN, EUA), com leituras em 550 nm, utilizando-se “kit” comercial da marca Randox referência FA115 – (Randox Laboratories, County Antrim, UK).

4.2.5 Progesterona (P4)

Após as colheitas, as amostras de sangue foram centrifugadas sob refrigeração (Centrífugas Excelsa 4, Mod., São Paulo, São Paulo, Brasil) a 1800 rpm por 15 minutos, em temperatura de 4 °C para separação do soro sanguíneo. Em seguida, o sobrenadante foi pipetado e armazenado em microtubos do tipo Eppendorf de 2 mL (OLEN®, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil) e congelado a -20 C em alíquotas de 1,0 mL até o momento das análises laboratoriais para concentrações séricas de P4.

As dosagens hormonais de P4 foram quantificadas utilizando o método de quimiluminescência automatizada usando um Kit comercial Immulite® 1000 (Siemens Healthcare Diagnostics, Deerfield, IL, USA).

4.2.6 Perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus lumborum*

Os lipídios totais foram extraídos seguindo a metodologia descrita por Feng, Lock e Gansworthy (2004). Uma alíquota do extrato de lipídeos foi metilada em duas etapas com 2 mL de 0,5M de metóxido de sódio (10 minutos a 50 °C), seguido da adição de HCL metanólico (10 minutos a 80 °C), conforme Kramer et al. (1997) e

armazenada a -20 °C em frascos âmbar de 1,5 mL contendo nitrogênio para evitar possível oxidação.

Para quantificação e determinação dos ácidos graxos foi utilizado um cromatógrafo a gás Shimadzu, 2010 Plus Series, equipado com detector de ionização de chama (FID) e coluna capilar Supelco (100 m x 0,25 mm x 0,25 µm). A programação inicial de temperatura da coluna foi de 140°C com acréscimo de 4°C/min até atingir 230°C, recebendo então um acréscimo de 5°C/min até atingir um platô de 240°C, permanecendo nesta temperatura por 15 minutos. A temperatura do detector de chamas foi 240°C e do injetor 230°C. O hidrogênio foi utilizado como gás de arraste na velocidade de 20,0 cm/s, com fluxo de 1mL/min na relação 1/10. A identificação dos ácidos graxos das amostras foi realizada com base no tempo de retenção dos ésteres metílicos dos ácidos graxos padrões. Utilizou-se um padrão de 37 compostos (Supelco mix C4 - C24 – CRM47885 /Sigma-Aldrich) e padrões individuais para a identificação dos ácidos graxos C18:0, C18:2 cis-9, trans-11 e C18:2 trans-10, cis-12 (O5507 – Sigma-Aldrich).

4.2.7 Análise estatística

A análise estatística de todos os dados foi realizada utilizando o Procedimento MIXED do SAS (2002). Todos os dados foram analisados quanto à normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk, homogeneidade das variâncias através do teste de Levene e retirada dos outliers com base no valor do r de Student.

Os dados relacionados ao consumo, GMD, EA e concentração sérica de ácidos graxos não esterificados foram analisados como medidas repetidas no tempo. O modelo estatístico foi:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + P_k + (BP)_{ik} + (TP)_{jk} + E_{ijk}$$

Onde:

μ = média geral; B_i = efeito do bloco ($i = 1$ a 10); T_j = efeito de tratamento ($j = 1$ a 5); P_k = efeito de período experimental ($k = 1$ a 4); $(TP)_{jk}$ = interação entre tratamento x período experimental, e E_{ijk} = erro residual.

Bloco, interação de blocos e períodos foram incluídos como efeitos aleatórios. As médias dos tratamentos foram obtidas através do comando LSMEANS. O efeito de tratamento, semana e interação tratamento semana foram definidos pelo teste F da análise de variância.

Os dados de peso final, progesterona e perfil de ácidos graxos da carne foram analisados através do modelo:

$$Y_{ji} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$$

Onde:

μ = média geral; B_i = efeito de bloco ($i = 1$ a 10); T_j = efeito do tratamento ($j = 1$ a 5); e E_{ij} = erro residual.

O bloco foi incluído como efeito aleatório. As médias dos tratamentos foram obtidas através do comando LSMEANS. O efeito de tratamento foi definido pelo teste F da análise de variância ($P < 0,05$) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey.

4.3 Resultados

4.3.1 Desempenho animal e parâmetros sanguíneos

Não houve efeito dos tratamentos sobre o GMD e peso final das borregas (Tabela 10). Entretanto, o fornecimento das dietas contendo OS e SCP resultaram em menor ($P = 0,002$) CMS (g/d), sendo semelhantes entre si. Por sua vez, o CMS (g/d) foi similar entre as borregas alimentados com as dietas contendo SCS, SCB e CONT. Já o consumo expresso em relação ao peso metabólico CMS (g/kg PC^{0,75}) foi maior e similar ($P < 0,001$) entre os tratamentos CONT e SCS, não havendo diferença entre OS, SCP e SCB. Apesar essa diferença no consumo, não houve efeito das fontes lipídicas sobre a EA.

Houve interação entre tratamento e período para a variável consumo de extrato etéreo (CEE; $P = 0,001$) o tratamento CONT apresentou o menor CEE em todos os períodos, já tratamento SCB apresentou as menores médias no CEE dentro das dietas com óleo. As borregas que receberam as dietas SCS e SCP

apresentaram consumo semelhantes durante os períodos experimentais e o tratamento OS não diferiu no segundo e terceiro período entre os tratamentos.

Não houve interação entre tratamento e período de coleta para a concentração de AGNE. A inclusão de diferentes fontes lipídicas nas dietas afetou a concentração de ácidos graxos não esterificados (Tabela 10). O tratamento SCP aumentou ($P > 0,04$) a concentração de AGNE em comparação ao tratamento CONT, não sendo observado diferença entre os demais tratamentos. Foi observado efeito de período para todas as variáveis de desempenho avaliadas.

A inclusão de diferentes fontes lipídicas nas dietas não influenciou os parâmetros reprodutivos das borregas (Tabela 11). A idade média à puberdade observada foi de 204,1 dias, o peso à puberdade foi de 36,23 kg, a idade média das borregas ao final do experimento foi de 257 dias e 68% das borregas atingiram a puberdade até o final do experimento. Na figura 2 é possível verificar a relação entre a idade das borregas e a taxa de puberdade, não havendo diferença entre os tratamentos.

Tabela 10. Peso corporal e desempenho de borregas alimentas com óleo de soja ou sais de cálcio de ácidos graxos como fonte de gordura.

| Itens ⁵ | Tratamento ¹ | | | | | | Valor de P ^{3,4} | | |
|-------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|---------------------------|---------|-------|
| | CONT | OS | SCS | SCP | SCB | EPM ² | Trat | Per | TxP |
| Peso corporal, kg | | | | | | | | | |
| Inicial | 30,83 | 31,11 | 30,64 | 30,86 | 30,87 | 0,53 | - | - | - |
| Final | 43,40 | 43,22 | 43,96 | 43,54 | 43,37 | 0,67 | 0,74 | - | - |
| GMD, g | 112 | 108 | 118 | 113 | 111 | 0,01 | 0,85 | <0,0001 | 0,15 |
| Consumo de MS | | | | | | | | | |
| g/d | 984 ^a | 894 ^b | 975 ^a | 930 ^b | 945 ^a | 0,02 | 0,009 | <0,0001 | 0,90 |
| g/kg PC ^{0,75} | 67,14 ^a | 60,46 ^b | 65,80 ^a | 63,53 ^b | 64,27 ^b | 1,01 | <0,0001 | <0,0001 | 0,85 |
| EA, g de ganho/ kg MS | 109 | 116 | 116 | 112 | 105 | 0,01 | 0,89 | <0,0001 | 0,06 |
| Consumo de EE, g/d | | | | | | | | | |
| 1º Período | 80 ^c | 227 ^a | 230 ^a | 231 ^a | 147 ^b | 0,009 | - | - | - |
| 2º Período | 102 ^c | 283 ^{ab} | 302 ^a | 318 ^a | 239 ^b | 0,009 | - | - | - |
| 3º Período | 104 ^c | 293 ^{ab} | 304 ^a | 323 ^a | 248 ^b | 0,009 | - | - | - |
| 4º Período | 112 ^c | 323 ^a | 354 ^a | 358 ^a | 266 ^b | 0,009 | - | - | - |
| Média | 99 | 282 | 298 | 308 | 232 | 0,004 | <0,0001 | <0,0001 | 0,001 |
| AGNE | 0,49 ^b | 0,54 ^{ab} | 0,53 ^{ab} | 0,57 ^a | 0,53 ^{ab} | 0,01 | 0,04 | <0,0001 | 0,80 |

¹ CONT: dieta sem inclusão de fontes lipídicas; OS: inclusão de 47 g/kg de MS de óleo de soja; SCS: inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja; SCP: inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma; SCB: inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma + caroço de algodão + soja, “blend”.

²EPM=erro padrão da média.

³Valor de P= probabilidade de haver diferença entre os tratamentos (P<0,05).

⁴Trat= efeito de tratamento; Per= efeito de período; TxP= efeito da interação entre tratamento e período.

⁵ GMD= ganho médio diário de peso corporal; MS= matéria seca; g/d= consumo de matéria seca gramas por dia; g/kg de PC^{0,75}= consumo de matéria seca por kg de peso metabólico. EA= eficiência alimentar; EE= extrato etéreo; AGNE= ácidos graxos não esterificados.

Tabela 11. Parâmetros reprodutivos de borregas alimentadas com óleo de soja ou sais de cálcio de ácidos graxos como fonte de gordura.

| Itens | Tratamento ¹ | | | | | EPM ² | Valor de P ³ |
|----------------------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------------------------|
| | CONT | OS | SCP | SCS | SCB | | |
| Idade à puberdade, d | 200 | 213 | 210 | 198 | 199 | 11,37 | 0,82 |
| Peso à puberdade, kg | 35,75 | 36,33 | 36,76 | 36,36 | 36,02 | 1,99 | 0,99 |
| Taxa de puberdade, % | 70 | 70 | 70 | 70 | 60 | - | 0,98 |

¹ CONT: dieta sem inclusão de fontes lipídicas; OS: inclusão de 47 g/kg de MS de óleo de soja; SCS: inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja; SCP: inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma; SCB: inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma + caroço de algodão + soja, "blend".

²EPM=erro padrão da média.

³P-valor= diferença entre os tratamentos (P<0,05).

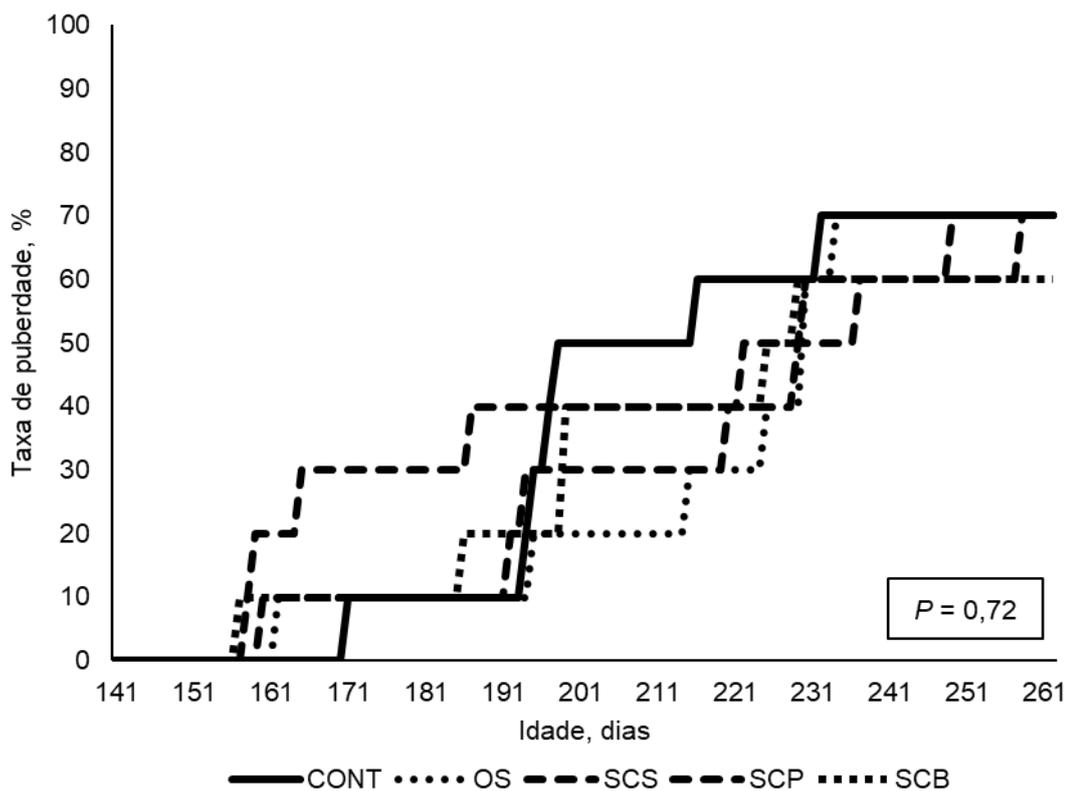


Figura 2. Gráfico de sobrevivência – idade a puberdade alimentadas com óleo de soja ou sais de cálcio de ácidos graxos como fonte de gordura.

4.3.2 Perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus lumborum*

As fontes lipídicas não afetaram o perfil de ácidos graxos saturados (AGS) C10:0, C12:0, C14:0 e C18:0; ácidos graxos monoinsaturados (AGM) C14:1, C16:1 e C18:1 *trans*-11; e ácidos graxos poliinsaturados (AGP) C18:2 *trans*-10 *cis*-12, C18:3 *cis*-6,9,12, C18:3 *cis* 9,12,15 e C22:6 na carne de borregas, apresentados (Tabela 12).

A concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC; C10:0 a C12:0) não foi afetada pelos tratamentos (Tabela 12).

Com relação aos AGCM (C14:0 a C16:1), observou-se maior ($P < 0,01$) concentração de (C15:0) e menor ($P < 0,01$) de (C16:0) para o tratamento OS, não havendo diferença entre os demais tratamentos. Entretanto a concentração total de AGCM foi maior ($P = 0,02$) para as borregas alimentadas com as fontes de ácidos graxos na forma de sais de cálcio SCS, SCP e SCB em relação a forma não protegida OS, o tratamento CONT não diferiu das fontes.

Já aos AGCL (C17:0 a C22:6) as respostas foram bem variáveis de acordo com cada tratamento. A concentração de (C17:0) foi maior ($P < 0,01$) para os tratamentos CONT e OS, não sendo observado diferença entre as demais fontes lipídicas. O tratamento OS aumentou ($P < 0,01$) o teor de ácido elaídico (C18:1 *trans*-9) e de CLA C18:2 *cis*-9 *trans*-11 em relação a todos os tratamentos. Contudo, a maior ($P < 0,01$) concentração do ácido oléico (C18:1 *cis*-9) foi notada para os tratamentos CONT e SCB não diferindo entre si.

Em comparação com o CONT, o somatório de ácidos graxos saturados (Σ AGS) foi maior ($P = 0,02$) na carne dos animais que receberam as fontes de óleo (OS, SCP, SCS e SCB). O tratamento SCS resultou em menor ($P = 0,02$) somatório de ácidos graxos insaturados (Σ AGM). O somatório de ácidos graxos poliinsaturados (Σ AGP) foi maior ($P < 0,01$) para os tratamentos OS, SCS e SCB, diferindo do tratamento OS, não foi observado diferença entre as fontes de gorduras suplementadas e o tratamento CONT para esta variável. A maior ($P < 0,01$) relação ômega-6/ômega-3 foi observada a favor das dietas com OS, SCS e SCB (Tabela 12).

Tabela 12. Perfil de ácidos graxos (% FAME) do músculo *Longissimus lumborum* de borregas alimentadas com óleo de soja ou sais de cálcio de ácidos graxos como fonte de gordura.

| Itens ⁴ | Tratamentos ¹ | | | | | EPM ² | Valor de P ³ |
|--------------------|--------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|------------------|-------------------------|
| | CONT | OS | SCS | SCP | SCB | | |
| C10:0 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,08 | 0,10 | 0,007 | 0,05 |
| C12:0 | 0,09 | 0,09 | 0,07 | 0,10 | 0,08 | 0,01 | 0,58 |
| C14:0 | 1,54 | 1,71 | 1,56 | 1,78 | 1,54 | 0,09 | 0,25 |
| C14:1 | 0,07 | 0,06 | 0,06 | 0,07 | 0,08 | 0,01 | 0,34 |
| C15:0 | 0,25 ^b | 0,34 ^a | 0,28 ^b | 0,27 ^b | 0,24 ^b | 0,01 | <0,01 |
| C16:0 | 22,31 ^a | 21,67 ^b | 23,52 ^a | 24,10 ^a | 23,02 ^a | 0,46 | <0,01 |
| C16:1 | 1,25 | 1,10 | 1,19 | 1,36 | 1,22 | 0,07 | 0,17 |
| C17:0 | 1,07 ^a | 1,07 ^a | 0,89 ^b | 0,86 ^b | 0,90 ^b | 0,05 | <0,01 |
| C18:0 | 14,43 | 16,21 | 16,84 | 15,93 | 16,03 | 0,59 | 0,05 |
| C18:1t9 | 1,97 ^b | 5,25 ^a | 2,06 ^b | 1,91 ^b | 2,25 ^b | 0,19 | <0,01 |
| C18:1c9 | 39,81 ^a | 33,42 ^b | 34,97 ^b | 35,90 ^b | 37,49 ^a | 0,81 | <0,01 |
| C18:1t11 | 0,28 | 0,36 | 0,48 | 0,37 | 0,34 | 0,05 | 0,07 |
| C18:2c9t11 | 0,21 ^c | 0,90 ^a | 0,27 ^c | 0,30 ^c | 0,44 ^b | 0,03 | <0,01 |
| C18:2t10c12 | 0,08 | 0,04 | 0,05 | 0,04 | 0,05 | 0,02 | 0,70 |
| C18:2n6c9,12 | 3,57 ^b | 4,91 ^a | 5,79 ^a | 3,31 ^b | 5,21 ^a | 0,35 | <0,01 |
| C18:3n6c6,9,12 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,05 | 0,01 | 0,59 |
| C18:3n3c9,12,15 | 0,31 | 0,32 | 0,38 | 0,30 | 0,32 | 0,02 | 0,23 |
| C22:0 | 0,18 ^a | 0,16 ^a | 0,10 ^b | 0,12 ^b | 0,12 ^b | 0,01 | 0,02 |
| C23:0 | 0,96 ^a | 1,32 ^a | 1,12 ^a | 0,81 ^b | 1,00 ^a | 0,10 | 0,02 |
| C22:6n3 | 0,11 | 0,11 | 0,12 | 0,08 | 0,10 | 0,01 | 0,34 |
| Outros | 11,35 | 10,8 | 10,1 | 12,36 | 9,42 | 1,13 | 0,74 |
| AGCC | 0,18 | 0,19 | 0,17 | 0,17 | 0,15 | 0,01 | 0,84 |
| AGCM | 25,44 ^{ab} | 24,88 ^b | 26,60 ^a | 27,23 ^a | 26,10 ^a | 0,51 | 0,02 |
| AGCL | 62,65 | 63,94 | 62,68 | 59,62 | 59,89 | 1,72 | 0,33 |
| ΣAGS | 41,07 ^b | 42,64 ^a | 44,89 ^a | 43,30 ^a | 43,03 ^a | 0,82 | 0,02 |
| ΣAGI | 47,54 | 46,28 | 44,72 | 43,18 | 46,28 | 1,03 | 0,06 |
| ΣAGM | 43,29 ^a | 40,22 ^{ab} | 38,80 ^b | 39,53 ^{ab} | 40,30 ^{ab} | 0,95 | 0,02 |
| ΣAGP | 4,07 ^{ab} | 6,16 ^a | 5,84 ^a | 3,16 ^b | 5,98 ^a | 0,55 | <0,01 |
| ΣN6 | 3,59 ^b | 4,95 ^a | 5,83 ^a | 3,32 ^b | 5,23 ^a | 0,38 | <0,01 |
| ΣN3 | 0,43 | 0,43 | 0,48 | 0,38 | 0,41 | 0,03 | 0,22 |
| RN63 | 7,68 ^b | 11,26 ^a | 11,95 ^a | 9,04 ^b | 13,63 ^a | 0,50 | <0,01 |
| C14:1 Δ9 – index | 3,63 | 3,36 | 3,25 | 3,96 | 4,76 | 1,88 | 0,51 |
| C16:1 Δ9 – index | 5,37 | 4,97 | 4,66 | 5,25 | 5,03 | 0,78 | 0,48 |
| C18:1 Δ9 – index | 73,46 ^a | 67,51 ^b | 67,93 ^b | 69,08 ^b | 69,47 ^b | 2,67 | <0,01 |
| Δ9 – total | 51,38 ^a | 46,05 ^b | 46,46 ^b | 47,32 ^b | 47,91 ^b | 1,92 | <0,01 |

¹ CONT: dieta sem inclusão de fontes lipídicas; OS: inclusão de 47 g/kg de MS de óleo de soja; SCS: inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de soja; SCP: inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma; SCB: inclusão de 57 g/kg de MS de sais de cálcio de ácidos graxos do óleo de palma + caroço de algodão + soja, "blend".

²EPM=erro padrão da média.

³P-valor= diferença entre os tratamentos (P<0,05).

⁴AGCC= ácidos graxos de cadeia curta; AGCM= ácidos graxos de cadeia média; AGCL= ácidos graxos de cadeia longa; ΣAGS= somatório de ácidos graxos saturados; ΣAGI= somatório de ácidos graxos insaturados; ΣAGM= somatório de ácidos graxos monoinsaturados; ΣAGP= somatório de ácidos

graxos poliinsaturados; $\sum N6$ =somatório de ácidos graxos da série ômega-6; $\sum N3$ = somatório de ácidos graxos da série ômega-3; RN63= relação ômega-6/ ômega-3. $C14:1 \Delta 9 - \text{index} = 100 [(C14:1 \text{ cis-9}) / (C14:1 \text{ cis-9} + C14:0)]$; $C16:1 \Delta 9 - \text{index} = 100 [(C16:1 \text{ cis-9}) / (C16:1 \text{ cis-9} + C16:0)]$; $C18:1 \Delta 9 - \text{index} = 100 [(C18:1 \text{ cis-9}) / (C18:1 \text{ cis-9} + C18:0)]$; $\Delta 9 - \text{total} = (C14:1\Delta 9 - \text{index} + C16:1\Delta 9 - \text{index} + C18:1\Delta 9 - \text{index})$;

4.4 Discussão

4.4.1 Desempenho animal e parâmetros sanguíneos

O CMS é um importante fator modulador do desempenho animal, entretanto existem alguns mecanismos pelos quais a suplementação lipídica pode deprimir o consumo, o que pode estar relacionado aos efeitos na fermentação ruminal, motilidade intestinal, aceitabilidade das dietas, liberação de hormônios intestinais e oxidação da gordura no fígado (Allen, et al., 2000). O menor CMS (g/dia) e (g/kg PC^{0,75}) foi observado para os tratamentos OS, SCP e SCB. Vale ressaltar que no presente estudo as fontes lipídicas apresentam perfis lipídico diferentes (Tabela 9), fazendo com que cada fonte de gordura possa afetar distintamente os padrões fermentativos no rúmen.

Segundo Harvatine e Allen (2006), a gordura insaturada pode ter efeitos tóxicos em bactérias gram-positivas, especialmente na população celulolítica (Nagaraja e Titgemeyer, 2007). O tratamento OS é rico em ácidos graxos poliinsaturados (AGP) e o SCP é fonte de ácidos saturados (AGS), os AGP contidos no OS tem efeito hipofágico maior do que AGS (Drackley et al., 1992). No presente experimento, ficou evidente que a proteção do óleo de soja na forma de sais de Ca foi efetiva em diminuir o efeito negativo desta fonte lipídica no CMS, pois quando observado em relação ao peso metabólico a única fonte lipídica que manteve o CMS semelhante ao CONT foi o SCS. Esses efeitos podem explicar a oxidação dos AGI no fígado, bem como os efeitos negativos sobre o apetite ou pela redução da digestibilidade de nutrientes (Allen et al., 2009; Ghorbani et al., 2020).

De outra forma, os SCP e SCB, mesmo na forma protegida, não foram capazes de diminuir os efeitos negativos sobre o CMS expresso em relação ao peso metabólico das borregas. Então, os benefícios da forma de proteção quanto aos efeitos no CMS parecem estar relacionados com o perfil de ácidos graxos da fonte lipídica. De acordo com Wang et al. (2010), respostas da suplementação de ácidos

graxos protegidos para o CMS têm sido inconsistente, afirmando que a proteção dos ácidos graxos não é completa (Chouinard et al., 1998; Jenkins et al., 1993).

O consumo de EE foi superior para os tratamentos contendo óleo em relação ao CONT, o que era esperado em virtude da suplementação, porém dentro das fontes de óleo, o CEE foi diferente, pois os SCS e SCP apresentam os maiores valores

Uma variável importante relacionada ao desempenho avaliação é a concentração de AGNE, que permite monitorar as mudanças nas reservas corporais (Bargo et al., 2002). Neste estudo houve diferença entre os tratamentos nas concentrações de AGNE, sabe-se que a concentração de AGNE está relacionada com a mobilização de ácidos graxos dos adipócitos. A redução no CMS induz a mobilização de reservas corporais, porém neste estudo foi observado que o tratamento SCP apresentou a maior concentração de AGNE. De acordo com Drackley e Cardoso (2014) este aumento de AGNE tem relação com o balanço energético negativo (BEN), período em que as demandas de energia são maiores que o aporte nutricional e levam a mobilização de reservas corporais, pode-se afirmar que no presente experimento não houve mobilização de reservas corporais. Haja visto que o peso final, o GMD e a EA foram positivos, indicando que a alimentação com fontes lipídicas pode proporcionar condições nutricionais favoráveis.

Sabe-se que a nutrição tem um efeito considerável na reprodução. Segundo Thomas e Willians (1996), o aumento de lipídios dietéticos também aumenta o colesterol plasmático, a progesterona e o suprimento de lipoproteínas. Contudo, no presente estudo não houve efeitos significativos sobre os parâmetros reprodutivos de borregas alimentadas com óleo de soja ou sais de cálcio como fonte de gordura, corroborando com o estudo de Espinoza et al. (1998), que não encontraram efeito dos sais de cálcio de ácidos graxos na concentração de progesterona. O mecanismo que explica os efeitos da suplementação com gordura no aumento da concentração sérica de progesterona não está completamente compreendido.

4.4.2 Perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus lumborum*

A partir dos resultados obtidos no presente estudo é possível inferir que a dieta alterou o perfil de ácidos graxos do músculo *Longissimus lumborum* e a

biohidrogenação ruminal. Essa informação é baseada no aumento da concentração de ácido linoleico (C18:2 n-6 *cis*-9,12) nos tratamentos OS, SCS e SCB e ácido linoleico conjugado (CLA; C18:2 *cis*-9, *trans*-11) nos tratamentos OS e SCB (Tabela 5). Sabe-se que os lipídios da dieta entram no rúmen, e que os microrganismos são os principais responsáveis pela transformação por meio de dois processos, a lipólise e a biohidrogenação (Edwards et. al, 2017; Jenkins et al., 2008).

O CLA presente na gordura corporal de ruminantes origina-se a partir da síntese endógena do C18:1 *trans*-11, o principal intermediário do ácido linoleico (C18:2 *cis*-9,12) e linolênico (C18:3 n-3 *cis*-9,12,15) (Madron et al., 2002). Além do que alto teor de CLA na carne pode melhorar as características de processamento (Wiegand et al., 2002).

Os tratamentos OS, SCS e SCB apresentaram maiores concentrações no somatório de ácidos graxos poliinsaturados (Σ AGP; Tabela 5), vale lembrar que os tratamentos OS e SCS tem como base o óleo de soja, bem como o SCB tem uma fração de óleo de soja em sua composição. Entretanto, os ácidos graxos na forma de sais de cálcio são metabolizados no rúmen de forma diferente dos ácidos graxos na forma livre. No entanto, a teoria mais aceita está relacionada ao efeito tóxico dos AGI nos microrganismos ruminais, principalmente nas bactérias gram positivas, que são responsáveis pelo processo de biohidrogenação, neste processo ocorre a quebra das duplas ligações e consequente adição de hidrogênio, havendo a formação de compostos intermediários, entre eles o CLA (Jenkins e McGuire, 2006).

As borregas alimentadas com o tratamento OS apresentaram a maior concentração de CLA (C18:2 *cis*-9, *trans*-11) no músculo, o que é resultado da biohidrogenação incompleta do ácido linoleico disponibilizado na forma livre no rúmen. Neste ponto, vale ressaltar que a forma protegida do óleo de soja, embora apresentasse perfil de ácidos graxos semelhante ao do OS, não resultou em benefício à síntese de CLA. Isso indica que a proteção, de fato, diminuiu o metabolismo dos AGI pelos microrganismos ruminais. A liberação dos ácidos graxos contidos nas formas de sais de cálcio de ácidos graxos ocorre de forma lenta, promovendo uma biohidrogenação extensa, explicando a menor concentração de CLA no músculo.

Os ácidos graxos n-3 e n-6 têm funções metabólicas distintas e opostas. Os ácidos poliinsaturados n-6 promovem a inflamação e o n-3 a inibem (Browning, 2003). O fornecimento inadequado de ácidos graxos n-6 e n-3 pode afetar

negativamente o desenvolvimento do sistema nervoso central com alterações de longo prazo na capacidade de aprendizado e redução da função visual (Koletzko et al., 2008). No presente estudo, a relação n-6/n-3 (RN63) foi maior para os tratamentos OS, SCS e SCB, reflexo da maior concentração de C18:2 n-6 *cis*-9, *cis*-12 nestas fontes.

Neste caso, o tratamento CONT e SCP apresentaram a melhor relação (7:1 e 9:1, respectivamente). Essa relação está atrelada aos benéficos a saúde, repercutindo na melhoria da resposta imune, prevenindo a apoptose, atenuando a aterosclerose, além de efeitos anti-inflamatórios e inibidor do crescimento e diferenciação de células cancerígenas (Zárate et al., 2017; Wang et al., 2012). É amplamente aceito que, para atingir um estado saudável, uma proporção equilibrada de ômega-6/ômega-3 na dieta dos seres humanos é mais importante que as quantidades absolutas de AG individuais (Zárate et al., 2017).

4.5 Conclusão

As fontes de ácidos graxos na forma livre ou de sais de cálcio, mesmo apresentando perfil de ácidos graxos diferentes, não afetaram o desempenho de borregas em termos de ganho de peso ou mesmo com relação ao início à atividade reprodutiva.

De outra forma, os diferentes perfis lipídicos das fontes avaliadas promoveram alterações no perfil de ácidos da carne. Quanto ao aumento na síntese de CLA, o OS foi a fonte mais promissora. Contudo, o óleo de palma se mostrou mais adequado no que se refere a RN63.

Portanto, o uso de diferentes fontes de ácidos graxos na dieta representa uma excelente ferramenta para manipular favoravelmente o perfil de ácidos graxos da carne, podendo ser utilizada com objetivo de produzir carne com perfil lipídico mais benéfico aos seres humanos, sem prejuízo à produção animal.

Referências

Allen, M. S., 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1598-1624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)75030-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2)

- Allen, M. S., Bradford, B. J., Oba, M., 2009. Board-invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *Journal of Animal Science*, 87(10), 3317-3334. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1779>
- AOAC, 1990. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis, 15th ed. Arlington.
- Awawdeh, M. S., Obeidat, B. S., Abdullah, A. Y., Hananeh, W. M., 2009. Effects of yellow grease or soybean oil on performance, nutrient digestibility and carcass characteristics of finishing Awassi lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 153(3-4), 216-227. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.06.013>
- Baldin, M., De Souza, J., Ticiani, E., Sandri, E. C., Dresch, R., Batistel, F., Oliveira, D. E., 2017. Milk fat response to calcium salts of palm or soybean in a normal or milk fat depression scenario in dairy ewes. *Livestock Science*, 206, 109-112. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.10.018>
- Bargo, F., Muller, L. D., Delahoy, J. E., Cassidy, T. W., 2002. Performance of high producing dairy cows with three different feeding systems combining pasture and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*, 85(11), 2948-2963. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74381-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74381-6)
- Bas, P., Morand-Fehr, P., 2000. Effect of nutritional factors on fatty acid composition of lamb fat deposits. *Livestock Production Science*, 64(1), 61-79. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00176-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00176-7)
- Bergman, E. N., 1971. Hyperketonemia-ketogenesis and ketone body metabolism. *Journal of Dairy Science*, 54(6), 936-948. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(71\)85950-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(71)85950-7)
- Berthelot, V., Gruffat, D., 2018. Fatty acid composition of muscles. *INRA Feeding System for Ruminants*, Wageningen Academic Publishers, 640 p., 2018, 978-90-8686-292-4.
- Bianchi, A. E., Macedo, V. P., França, R. T., Lopes, S. T., Lopes, L. S., Stefani, L. M., da Silva, A. S., 2014. Effect of adding palm oil to the diet of dairy sheep on milk production and composition, function of liver and kidney, and the concentration of cholesterol, triglycerides and progesterone in blood serum. *Small Ruminant Research*, 117(1), 78-83. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.12.025>
- Brant, L. M., de Freitas Júnior, J. E., Pereira, F. M., Pina, D. D. S., Santos, S. A., Leite, L. C., de Carvalho, G. G., 2022. Crude glycerin and cottonseed cake replacing common energy and protein sources on the metabolism of feedlot lambs. *Small Ruminant Research*, 212, 106709. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106709>
- Browning, L. M., 2003. n-3 Polyunsaturated fatty acids, inflammation and obesity-related disease. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(2), 447-453. <https://doi.org/10.1079/pns2003252>

- Calder, P. C., 2015. Functional roles of fatty acids and their effects on human health. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 39, 18S-32S. <https://doi.org/10.1177/0148607115595980>
- Cannas, A; Tedeschi, L.O.; Fox, D.G.; Pell, A. N.; Van Soest, P. J. A., 2004. Mechanistic Model for Predicting the Nutrient Requirements and Feed Biological Values for Sheep. *Journal of Animal Science*, v.82, p.149-169.
- Chikwanha, O. C., Vahmani, P., Muchenje, V., Dugan, M. E., Mapiye, C., 2018. Nutritional enhancement of sheep meat fatty acid profile for human health and wellbeing. *Food Research International*, 104, 25-38. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.005>
- Chouinard, P. Y., Girard, V., Brisson, G. J., 1998. Fatty acid profile and physical properties of milk fat from cows fed calcium salts of fatty acids with varying unsaturation. *Journal of Dairy Science*, 81(2), 471-481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75599-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75599-7)
- Drackley, J. K., Cardoso, F. C., 2014. Prepartum and postpartum nutritional management to optimize fertility in high-yielding dairy cows in confined TMR systems. *Animal*, 8(s1), 5-14. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000731>
- Drackley, J. K., Klusmeyer, T. H., Trusk, A. M., Clark, J. H., 1992. Infusion of long-chain fatty acids varying in saturation and chain length into the abomasum of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 75(6), 1517-1526. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(92\)77908-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77908-9)
- Edwards, H. D., Shelver, W. L., Choi, S., Nisbet, D. J., Krueger, N. A., Anderson, R. C., & Smith, S. B., 2017. Immunogenic inhibition of prominent ruminal bacteria as a means to reduce lipolysis and biohydrogenation activity in vitro. *Food Chemistry*, 218, 372-377. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.052>
- Espinoza, J. L., López-Molina, O., Ramírez-Godínez, J. A., Jiménez, J., Flores, A., 1998. Milk composition, postpartum reproductive activity and growth of lambs in Pelibuey ewes fed calcium soaps of long chain fatty acids. *Small Ruminant Research*, 27(2), 119-124. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(97\)00040-0](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(97)00040-0)
- Feng, S., Lock, A. L., Garnsworthy, P. C. 2004. A rapid lipid separation method for determining fatty acid composition of milk. *Journal of dairy science*, 87(11), 3785-3788.
- Ferreira, E. M., Pires, A. V., Susin, I., Gentil, R. S., Gilaverte, S., Parente, M. D. O. M., Ribeiro, C. V. D. M., 2014. Lamb performance, milk production and composition from ewes supplemented with soybean oil partially replaced by fish oil blend. *Livestock Science*, 163, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.02.009>
- Ghorbani, H., Kazemi-Bonchenari, M., HosseinYazdi, M., Mahjoubi, E., 2020. Effects of various fat delivery methods in starter diet on growth performance, nutrients digestibility and blood metabolites of Holstein dairy calves. *Animal Feed Science and Technology*, 262, 114429. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114429>

- Harvatine, K. J., e Allen, M. S., 2006. Effects of fatty acid supplements on milk yield and energy balance of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89(3), 1081-1091. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72176-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72176-2)
- Jenkins, T. C., 1993. Lipid metabolism in the rumen. *Journal of Dairy Science*, 76(12), 3851-3863. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77727-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77727-9)
- Jenkins, T. C., McGuire, M. A., 2006. Major advances in nutrition: impact on milk composition. *Journal of Dairy Science*, 89(4), 1302-1310. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72198-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72198-1)
- Jenkins, T. C., Wallace, R. J., Moate, P. J., Mosley, E. E., 2008. Board-invited review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. *Journal of Animal Science*, 86(2), 397-412. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0588>
- Kramer, J. K., Fellner, V., Dugan, M. E., Sauer, F. D., Mossoba, M. M., Yurawecz, M. P. 1997. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. *Lipids*, 32, 1219-1228.
- Koletzko, B., Lien, E., Agostoni, C., Böhles, H., Campoy, C., Cetin, I., Uauy, R., 2008. The roles of long-chain polyunsaturated fatty acids in pregnancy, lactation and infancy: review of current knowledge and consensus recommendations. *J Perinat Med*. 2008;36(1):5-14. <https://doi.org/10.1515/JPM.2008.001>
- Loften, J. R., e Cornelius, S. G., 2004. Responses of supplementary dry, rumen-inert fat sources in lactating dairy cow diets. *The Professional Animal Scientist*, 20(6), 461-469. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31350-4](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31350-4)
- López, F. J. P., Isidro Requejo, L. M., Maldonado Jaquez, J. A., Granados Rivera, L. D., Miguel Trinidad, E., Rodríguez Martínez, J. G., 2017. Efecto de la complementación de grasa protegida en la producción y composición de leche de cabras en pastoreo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 21(1).
- Madron, M. S., Peterson, D. G., Dwyer, D. A., Corl, B. A., Baumgard, L. H., Beermann, D. H., Bauman, D. E., 2002. Effect of extruded full-fat soybeans on conjugated linoleic acid content of intramuscular, intermuscular, and subcutaneous fat in beef steers. *Journal of Animal Science*, 80(4), 1135-1143. <https://doi.org/10.2527/2002.8041135x>
- Nagaraja, T. G., Titgemeyer, E. C., 2007. Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook. *Journal of Dairy Science*, 90, E17-E38. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-478>
- NRC, 2007. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of small ruminants. 2007, 362p.
- Palmquist, D. L.; Mattos, W. R. S., 2011. Metabolismo de lipídeos. In: Berchielli, T. T.; Pires, A. V.; Oliveira, S. G. (2Eds.) *Nutrição de Ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP, p.299-322.

- Schmid, A., Collomb, M., Sieber, R., Bee, G. J. M. S., 2006. Conjugated linoleic acid in meat and meat products: A review. *Meat Science*, 73(1), 29-41. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.10.010>
- Shingfield, K. J., Bonnet, M., Scollan, N. D., 2013. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. *Animal*, 7(s1), 132-162. <https://doi.org/10.1017/S1751731112001681>
- Thomas, M. G., Williams, G. L., 1996. Metabolic hormone secretion and FSH-induced superovulatory responses of beef heifers fed dietary fat supplements containing predominantly saturated or polyunsaturated fatty acids. *Theriogenology*, 45(2), 451-458. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(95\)00381-H](https://doi.org/10.1016/0093-691X(95)00381-H)
- Van Cleef, F. D. O. S., Ezequiel, J. M. B., D'Aurea, A. P., Almeida, M. T. C., Perez, H. L., Van Cleef, E. H. C. B., 2016. Feeding behavior, nutrient digestibility, feedlot performance, carcass traits, and meat characteristics of crossbred lambs fed high levels of yellow grease or soybean oil. *Small Ruminant Research*, 137, 151-156. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.03.012>
- Van Hoeck, V., Leroy, J. L. M. R., Alvarez, M. A., Rizos, D., Gutierrez-Adan, A., Schnorbusch, K., Sturmey, R. G., 2013. Oocyte developmental failure in response to elevated nonesterified fatty acid concentrations: mechanistic insights. *Reproduction*, 145(1), 33-44. <https://doi.org/10.1530/rep-12-0174>
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., Lewis, B. A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Viñoles, C., Meikle, A., Martin, G. B., 2009. Short-term nutritional treatments grazing legumes or feeding concentrates increase prolificacy in Corriedale ewes. *Animal Reproduction Science*, 113(1-4), 82-92. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2008.05.079>
- Wang, Y. M., Wang, J. H., Wang, C., Chen, B., Liu, J. X., Cao, H., Vázquez-Añón, M., 2012. Effect of different rumen-inert fatty acids supplemented with a dietary antioxidant on performance and antioxidative status of early-lactation cows. *Journal of Dairy Science*, 93(8), 3738-3745. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3054>
- Wiegand, B. R., Sparks, J. C., Parrish Jr, F. C., Zimmerman, D. R., 2002. Duration of feeding conjugated linoleic acid influences growth performance, carcass traits, and meat quality of finishing barrows. *Journal of Animal Science*, 80(3), 637-643. <https://doi.org/10.2527/2002.803637x>
- Zárate, R., el Jaber-Vazdekis, N., Tejera, N., Pérez, J. A., Rodríguez, C., 2017. Significance of long chain polyunsaturated fatty acids in human health. *Clinical and Translational Medicine*, 6, 1-19. <https://doi.org/10.1186/s40169-017-0153-6>