

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE FATORES  
ANTIOBESIDADE NO LEITE DE CABRAS SUPLEMENTADAS COM ÓLEO DE  
SOJA

Autor: Leandro Santos e Silva  
Orientador: Prof. Dr. Omer Cavalcanti Almeida UFRPE/UAG

GARANHUNS  
PERNAMBUCO-BRASIL  
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS

PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE FATORES  
ANTIOBESIDADE NO LEITE DE CABRAS SUPLEMENTADAS COM ÓLEO DE  
SOJA

Autor: Leandro Santos e Silva  
Orientador: Prof. Dr. Omer Cavalcanti Almeida UFRPE/UAG

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGENS do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Garanhuns. Área de Concentração: Produção Animal.

GARANHUNS  
PERNAMBUCO-BRASIL  
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE  
Biblioteca Ariano Suassuna, Garanhuns - PE, Brasil

S586p E Silva, Leandro Santos  
Produção, composição e concentração de fatores antiobesidade  
no leite de cabras suplementadas com óleo de soja / Leandro Santos  
e Silva. - 2019.  
72 f. : il.

Orientador: Omer Cavalcanti de Almeida.  
Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) -  
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós  
- Graduação em Ciência Animal e Pastagens, Garanhuns,  
BR - PE, 2019.

Inclui referências

1. Caprinos 2. Proteína antiobesidade 3. Ácido linoléico 4. Lipídios  
5. Pequenos ruminantes I. Almeida, Omer Cavalcanti de, orient. II.  
Título

CDD 636.390852

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
UNIDADE ACADÊMICA DE GARANHUNS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL E PASTAGEN

PRODUÇÃO, COMPOSIÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE FATORES  
ANTIOBESIDADE NO LEITE DE CABRAS SUPLEMENTADAS COM ÓLEO DE  
SOJA

Autor: Leandro Santo e Silva

Orientador: Prof. Dr. Omer Cavalcanti Almeida

TITULAÇÃO: Mestre em Ciência Animal e Pastagens  
Área de Concentração: Produção e Nutrição de Ruminantes

APROVADO em 15 de fevereiro de 2019.

---

Prof. Dra. Greicy Mitzi Bezerra Moreno  
UFAL/Arapiraca

---

Profa. Dra. Gerla Castello Branco Chinelate  
UAG/UFRPE

---

Prof. Dr. Omer Cavalcanti Almeida  
(Orientador)

*Epígrafe*

*Que todos os nossos esforços estejam sempre focados no desafio à impossibilidade. Todas as grandes conquistas humanas vieram daquilo que parecia impossível.*  
*(Charles Chaplin)*

## **DEDICO**

*Aos meus pais, Genilda e Clodoaldo*

*Ao meu irmão, Evandro Santos.*

*Às cabras.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, e por jamais me abandonar nesta jornada.

À UFRPE/UAG, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens (PPGCAP).

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do estado de Pernambuco (FACEPE), pela concessão da bolsa.

Ao CNPQ pelo financiamento do projeto.

Aos amores da minha vida, Genilda e Clodoaldo, meus pais, e ao meu irmão Evandro, por toda a força e por sempre me amarem, apoiarem e me incentivarem a seguir o meu sonho, mesmo diante das adversidades.

Aos meus parentes em geral, tios, primos, avós, por sempre torcerem por mim e por todas as orações despendidas ao meu nome. Amo vocês.

Aos meus amigos da vida, Emanuel, Nanda, Cris e Vanessa, que tanto me ajudaram, direta ou indiretamente, me ouvindo e me incentivando a nunca desistir. Saibam que amo vocês e sou muito grato por tudo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Omer Cavalcanti Almeida, pela orientação, incentivos, muita paciência, ensinamentos, compreensão, broncas e sobretudo pela amizade. Sem dúvida, levarei esses ensinamentos para a vida.

Ao meu co-orientador Prof. Dr. André Magalhães, pela co-orientação, paciência, broncas, apoio, confiança e amizade. A sua contribuição foi mais que essencial.

Aos professores da banca examinadora, por aceitarem avaliar e contribuir com o meu trabalho.

A todos os professores do Curso de Pós-Graduação pelas horas dedicadas, e conhecimentos passados.

À coordenação do PPGCAP, na pessoa do Prof. André, e a Carol, secretária do programa, por sempre estarem dispostos a atender prontamente as necessidades apresentadas.

Ao professor Jorge Cavalcanti, do departamento de Engenharia Química da UFPE (Deq), por me ajudar nas análises de ácidos graxos e pelos conhecimentos transmitidos.

À Jordânia, que mais do que uma amiga, foi uma irmã, dividindo experiências, confidências, brigas e chateações. Com você eu aprendi muita coisa e levarei a nossa amizade sempre em meu coração.

Aos funcionários da fazenda experimental da UFRPE, pela ajuda, amizade e experiências trocadas. Em especial, aos tratadores Eraldo e Paulo, e a Dona Sônia, que me acolheram prontamente durante o período de experimento.

Aos amigos que o PPGCAP me deu: Fábio, Steyce, Diana, Virgínia, Alisson, Juliete, Diego, Raquel, Jessica, Alysson, Pedro, Daniel e Luiz.

Aos amigos, Poliana, Charlyson e Ísis pela ajuda antes, durante e depois do experimento, além da amizade e companheirismo.

Ao laboratório de Nutrição Animal da UAG, e aos amigos que formei lá, Luan, Seu Cláudio E Seu Jair.

**A TODOS, MUITO OBRIGADO!**



## **BIOGRAFIA**

Leandro Santos e Silva, filho de Genilda Gomes Santos Silva e José Clodoaldo e Silva, nasceu na cidade de Arapiraca-AL, em 29 de dezembro de 1989. Ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal de Alagoas – UFAL, campus Arapiraca em fevereiro de 2012, colando grau em 27 de março de 2017, recebendo título de Bacharel em Zootecnia. Em março de 2017, ingressou no Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens da Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Garanhuns, concentrando seus estudos na linha de nutrição de ruminantes, trabalhando com a utilização de níveis de óleo de soja na alimentação de cabras em lactação para avaliação do perfil de ácidos graxos presentes no leite, que apresentam propriedades benéficas a saúde.

## ÍNDICE

	<b>Páginas</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	122
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	133
<b>LISTAS DE SIGLAS</b> .....	144
<b>LISTA DE ABREVIATURAS</b> .....	155
<b>RESUMO</b> .....	177
<b>ABSTRACT</b> .....	188
<b>I - INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	199
<b>II - REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	211
1.Lipídios em dietas de ruminantes .....	211
2.Importância da elevação da concentração de ácido linoleico conjugado no leite.....	244
3.Fatores antiobesidade.....	288
<b>LITERATURAS CITADAS</b> .....	3030
<b>III - CAPITULO I</b> .....	399
<b>ÓLEO DE SOJA COMO MODULADOR DA SÍNTESE DE ÁCIDOS GRAXOS DO</b>	
<b>LEITE DE CABRAS</b> .....	40
<b>RESUMO</b> .....	40
<b>ABSTRACT</b> .....	411
<b>1 - Introdução</b> .....	422
<b>2 - Material e Métodos</b> .....	444
2.1 Declaração de ética .....	444
2.2 Local do experimento, animais e alimentação .....	444
2.3 Amostragens.....	477
2.4 Determinação da digestibilidade dos nutrientes.....	488

2.5 Determinação da produção e composição do leite .....	499
2.6 Determinação do perfil de ácidos graxos .....	499
2.7 Análise estatística .....	50
<b>3 - Resultados</b> .....	<b>511</b>
3.1 Ingestão.....	511
3.2 Digestibilidade dos nutrientes .....	522
3.3 Produção e composição do leite .....	522
3.4 Perfil de ácidos graxos do leite.....	544
<b>4 - Discussão</b> .....	<b>566</b>
4.1 Ingestão.....	566
4.2 Digestibilidade aparente dos nutrientes .....	577
4.3 Produção e composição do leite .....	599
4.4 Perfil de ácidos graxos do leite.....	611
<b>5 – Conclusão</b> .....	<b>655</b>
<b>6 - Referências</b> .....	<b>677</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1A.</b> Fatores da dieta que afetam a concentração de CLA na gordura do leite de ruminantes.....	233
<b>Tabela 2A.</b> Percentual de CLA e de CLA <i>cis-9, trans-11</i> em carne, leite e derivados.....	266
<b>Tabela 1.</b> Ingredientes e composição química das rações experimentais .....	466
<b>Tabela 2.</b> Perfil de ácidos graxos (g/100g de MS) dos principais ingredientes da dieta.....	477
<b>Tabela 3.</b> Consumo de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFDN) e proteína bruta (CPB) pelas cabras em lactação alimentadas com dietas contendo óleo de soja.....	51
<b>Tabela 4.</b> Digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), da matéria orgânica (DMO), da fibra em detergente neutro (DFDN), da proteína bruta (DPB) e do extrato etéreo (DEE) das rações experimentais .....	522
<b>Tabela 5.</b> Desempenho e composição do leite de cabras alimentadas com dietas contendo óleo de soja .....	544
<b>Tabela 6.</b> Perfil de ácidos graxos do leite de cabras alimentadas com dietas contendo óleo de soja .....	555

**LISTA DE FIGURAS**

- Figura 1.** Relação entre C18:2 *trans-10*, *cis-12* e a concentração de ácidos graxos de cadeia média, no leite de cabras suplementadas com níveis de óleo de soja..... 622
- Figura 2.** Relação entre C18:2 *trans-10*, *cis-12* e a concentração de C18:1, *trans-11* e C18:2 *cis-9*, *trans-11*, no leite de cabras suplementadas com níveis de óleo de soja. .... 633

**LISTAS DE SIGLAS**

C8:0 – Ácido caprílico

C10:0 – Ácido cáprico

C12:0 – Ácido láurico

C14:0 – Ácido mirístico

C14:1 – Ácido mitistoleico

C15:0 – Ácido pentadecanóico

C16:0 – Ácido palmítico

C16:1 – Ácido palmitoleico

C18:0 – Ácido esteárico

C18:1 – Ácido oleico

C18:1 *trans-11* – Ácido transvacênico

C18:2 *cis-9, trans-11* – Ácido rumênico

C18:2 – Ácido linoleico

C18:3 – Ácido linolênico

**LISTA DE ABREVIATURAS**

- AGCC – Ácidos graxos de cadeia curta
- CEE – Consumo de extrato etéreo
- CLA – Ácido linoleico conjugado
- CFDN – Consumo de fibra em detergente neutro
- CMO – Consumo de matéria orgânica
- CMS – Consumo de matéria seca
- CPB – Consumo de proteína bruta
- $\Delta 9$  desaturase – Enzima esteroil Co-A desaturase
- DEE – Digestibilidade do extrato etéreo
- DFDN – Digestibilidade da fibra em detergente neutro
- DGL – Depressão da gordura do leite
- DMO – Digestibilidade da matéria orgânica
- DMS – Digestibilidade da matéria seca
- DPB – Digestibilidade da proteína bruta
- EE – Extrato etéreo
- EPM – Erro padrão da média
- FDN – Fibra em detergente neutro
- HDL – Lipoproteína de alta densidade
- LCG – Leite corrigido para gordura
- LDL – Lipoproteína de baixa densidade
- MM – Matéria mineral
- MO – Matéria orgânica
- MS – Matéria seca

MUFA – Ácidos graxos monoinsaturados

PB – Proteína bruta

PC – Peso corporal

PC<sup>0,75</sup> – Peso metabólico

PUFA – Ácidos graxos poliinsaturados



## RESUMO

E SILVA, L. S. **Produção, composição e concentração de fatores antiobesidade no leite de cabras suplementadas com óleo de soja**. Garanhuns – PE: UFRPE/UAG, 2019. (Dissertação – Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). \*

Apesar da limitação na utilização de lipídios na dieta de ruminantes, por interferir na digestão da fibra e causar problemas metabólicos, pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de reduzir a concentração de ácidos graxos saturados do leite, que é apontado como um dos fatores desencadeadores de doenças cardíacas, e aumentar a concentração de insaturados, que estão relacionados com o combate à essas doenças, além de melhor aproveitamento energético da dieta e reduzir o impacto ambiental do sistema de produção. Dentre os fatores de interesse, está o aumento da concentração de ácido linoleico conjugado (CLA) no leite, que é um fator promotor da saúde humana. Dos isômeros já descobertos, o *trans-10*, *cis-12* vêm ganhando destaque por apresentar propriedades antiobesidade. Dessa forma, a elevação da concentração desse fator nos produtos de origem animal tem se tornado uma exigência mercadológica, que tem buscado por produtos mais saudáveis. O CLA é naturalmente encontrado em produtos de origem de ruminantes, por consequência da intensa biohidrogenação ruminal, porém as concentrações desse fator encontradas no leite são baixas, podendo a utilização de óleos vegetais, ser uma alternativa viável para a manipulação do mesmo.

---

\*Orientador: Prof. Dr. Omer Cavalcanti Almeida (UAG/UFRPE) e Co-orientador: Prof. Dr. André Luiz Rodrigues Magalhães (UAG/UFRPE).

## ABSTRACT

E SILVA, L. S. **Production, composition and concentration of antiobesity factors in milk of goats supplemented with soybean oil.** Garanhuns – PE: UFRPE/UAG, 2019. (Master Dissertation in Animal Science and Pastures). \*

Despite the limitations in the use of lipids in the diet of ruminants, because they interfere in the digestion of the fiber and cause metabolic problems, researches have been developed with the objective of reducing the concentration of saturated fatty acids in milk, which is considered as one of the triggers of heart diseases, and increase the concentration of unsaturates, which are related to the fight against these diseases, as well as better energy use of the diet and reduce the environmental impact of the production system. Among the factors of interest is the increase in the concentration of conjugated linoleic acid (CLA) in milk, which is a factor promoting human health. Of the already discovered isomers, trans-10, cis-12 have been gaining prominence for presenting antiobesity properties. Thus, the increase in the concentration of this factor in products of animal origin has become a market demand, which has been looking for healthier products. CLA is naturally found in products of ruminant origin, due to the intense ruminal biohydrogenation, but the concentrations of this factor found in milk are low, and the use of vegetable oils may be a viable alternative for the manipulation of the same.

---

\*Adviser: Omer Cavalcanti Almeida, D.Sc. (UAG/UFRPE) and Co-Adviser: André Luiz Rodrigues Magalhães, D.Sc. (UAG/UFRPE).

## I - INTRODUÇÃO GERAL

Nos últimos anos, a demanda por alimentos que apresentem fatores benéficos à saúde tem aumentado, exigindo a oferta de produtos que apresentem tais princípios, dentre eles, os de origem animal.

Considerado alimento de alto valor biológico, o leite de animais ruminantes tem se mostrado fonte desencadeadora de doenças metabólicas, por apresentar altos níveis de ácidos graxos saturados, o que está relacionado com a incidência dessas doenças. Entretanto, pesquisas vêm sendo realizadas com o objetivo de alterar o perfil lipídico do leite de ruminantes, reduzindo a concentração de ácidos graxos saturados e aumentando a de insaturados, principalmente, de ácido linoleico conjugado (CLA), que apresentam propriedades que previnem doenças metabólicas. Dentre os fatores que causam essas doenças, está a obesidade, uma das principais causas de mortes no mundo, sendo uma condição médica em que se verifica o acúmulo excessivo de tecido adiposo causado por aspectos principalmente relacionados à alimentação, que pode resultar em doenças cardiovasculares, diabetes, dentre outras.

A recente descoberta das propriedades benéficas do CLA, em especial, do isômero *trans-10, cis-12* no combate à obesidade, tem despertado o interesse de vários pesquisadores em aumentar a concentração deste isômero no leite. O CLA é naturalmente encontrado em produtos de animais ruminantes, porém, em pequenas proporções, e são resultantes da atividade da microbiota ruminal sobre ácidos graxos dietéticos. Uma das formas de manipular o perfil de ácidos graxos destes produtos, que tem se mostrado eficiente, é através da utilização de fontes lipídicas ricas em ácidos graxos insaturados, principalmente óleos vegetais e de peixe. Dentre os óleos vegetais, o de soja tem sido bastante estudado na alimentação de ruminantes, por ser rico em ácido linoleico, principal precursor do CLA, e apresentar melhor custo-benefício.

Portanto, dada a necessidade da crescente demanda por alimentos com propriedades nutracêuticas, aliadas às evidências promissoras do isômero *trans-10, cis-12* CLA no combate

à obesidade, o presente estudo teve como objetivo avaliar a produção, composição e concentração de fatores antiobesidade (C18:2 *trans-10*, *cis-12*) no leite de cabras suplementadas com teores de óleo de soja.

## II - REVISÃO DE LITERATURA

### 1. Lipídios em dietas de ruminantes

Naturalmente a dieta de ruminantes apresenta baixa concentração de lipídios em sua composição, e estes são encontrados principalmente na forma de ésteres de glicerol (Buccioni, 2012) que, quando disponíveis para os microrganismos ruminais, sofrem lipólise, liberando ácidos graxos (em grande maioria insaturados) e glicerol. O glicerol é rapidamente fermentado, resultando principalmente em ácido propiônico e acético (Hobson e Mann, 1961), enquanto os ácidos graxos são biohidrogenados, originando ácido esteárico (C18:0) e uma grande variedade de isômeros PUFAs, especialmente *trans* e ácidos graxos conjugados (Palmquist et al., 2005). Dos ácidos graxos ingeridos na dieta, apenas o linoleico (C18:2) e o linolênico (C18:3), não são sintetizados pelo organismo (Costa et al., 2009). Além disso, ácidos graxos insaturados presentes na dieta são tóxicos para as bactérias celulolíticas. Essa toxicidade parece estar relacionada com o aumento da fluidez da membrana celular que influencia a permeabilidade seletiva, reduzindo a capacidade de regulação do pH intracelular e captação de nutrientes (Jenkins, 1993; Maia et al., 2010). Essas respostas estão relacionadas com a forma de inclusão dos lipídios às dietas, ao grau de sua insaturação e ao comprimento da cadeia (Nociti et al., 2016).

Por outro lado, o uso de fontes lipídicas em dietas de ruminantes, principalmente ricas em ácidos graxos insaturados tem despertado interesse por aumentar a densidade energética, melhorar a eficiência de utilização de nutrientes e alterar o perfil de ácidos graxos do leite, além de contribuir com a redução da metanogênese e do incremento calórico. No entanto, a adição de lipídios limita-se a aproximadamente 5% da matéria seca da dieta para evitar alterações prejudiciais no metabolismo ruminal (Cenkvarì et al., 2005).

Alterações no perfil de ácidos graxos do leite também resultam em mudanças-químicas, físicas e sensoriais tanto do leite, como dos manufaturados oriundos dele, além de viabilizar produtos com propriedades benéficas à saúde do consumidor (Costa et al., 2009). Estudos mostram que a utilização de gorduras ricas em PUFA's (ácidos graxos poliinsaturados), na alimentação de ruminantes, reduz o total de ácidos graxos saturados e proporciona aumento nas proporções de ácidos graxos insaturados, como C14:1, C16:1, C18:2, C18:3 e C20:2, sem afetar a atividade ruminal e digestão da fibra (Sans Sampelayo et al., 2002), resultando em teores maiores de ácidos graxos poliinsaturados, especialmente o CLA, na gordura do leite, quando esses animais são suplementados com concentrados formulados com óleos que apresentem elevados teores de ácido linoleico (Tabela 1A).

Os óleos vegetais apresentam alta concentração de ácidos graxos insaturados, e digestibilidade aparente mais alta que outras fontes lipídicas (Costa et al., 2009), conseqüentemente, óleos proporcionam mais benefícios quando utilizados em dietas de ruminantes. Segundo Chouinard et al. (2001), os óleos vegetais mais utilizados são os óleos de linhaça, caracterizado por apresentar altos teores de ácidos oleico e linolênico, de soja e algodão, ricos em linoleico e moderados em oleico. Quando esses ácidos graxos são submetidos à atividade microbiana, originam, dentre outros, o ácido vacênico, que é precursor do ácido rumênico (isômero 18:2, *trans-9, cis-11*), principal isômero CLA encontrado no leite (Mosley et al., 2002).

Tabela 1A. Fatores da dieta que afetam a concentração de CLA na gordura do leite de ruminantes

Fatores da dieta	Total de CLA (% de gordura)
Modo de apresentação da forragem	
Pasto	0,59 – 2,21
Silagem	0,34 – 0,86
Feno	0,79
Inclusão de óleo vegetal na dieta	
Óleo de soja (3 - 4%)	0,71 – 2,13
Óleo de linhaça (4,4 – 5,3%)	1,67 – 1,70
Óleo de girassol (5,3%)	2,44
Óleo de canola (3 – 3,3%)	0,51 – 1,10

<sup>1</sup>Valores entre parênteses referem-se à porcentagem de inclusão do óleo vegetal na dieta (% da matéria seca total). Adaptado de Dhiman et al. (2005).

A gordura do leite de ruminantes apresenta proporções mais elevadas de ácidos graxos saturados por conta da extensa biohidrogenação a que os ácidos graxos insaturados, oriundos da dieta, são submetidos no rúmen. Essas proporções são influenciadas ainda pela síntese de ácidos graxos saturados na glândula mamária. Os substratos utilizados para a síntese de triglicerídeos do leite são oriundos da absorção de ácidos graxos do sangue e da síntese “de novo” em células mamárias. A síntese “*de novo*” é responsável pela produção de C4:0 a C12:0, a maioria dos C14:0 (cerca de 95%) e C16:0 (cerca de 50%) presente na gordura do leite, enquanto todos os ácidos graxos com 18 carbonos ou mais são originários da absorção intestinal e da mobilização das reservas corpóreas (Kliem e Shingfield, 2016).

Tratamentos dietéticos que proporcionem níveis mais elevados de lipídios, tendem, simultaneamente, a reduzirem o teor de gordura do leite, como a desenvolvida por Dhiman et al. (2000), que resultou na elevação de 237% na concentração de CLA, porém, reduziu em cerca

de 23% a gordura do leite. As reduções mais significativas são decorrentes da combinação de fontes lipídicas, especialmente vegetais e de peixe, e dietas ricas em concentrado. Trata-se de uma situação nutricional que resulta na depressão da gordura do leite quando esses animais são alimentados com dietas altamente fermentáveis ou que contenham óleos vegetais ou de peixe, conhecida como síndrome da depressão da gordura do leite (DGL). Entretanto, dentre as espécies de ruminantes, os caprinos têm se mostrado menos sensíveis a esta síndrome. Estudos que utilizaram suplementação com óleos vegetais e de peixe, em dietas de caprinos em lactação (Chilliard et al., 2014; Eknaes et al., 2017; Almeida et al., 2019), não resultaram em alterações na concentração de gordura no leite. A diferença na resposta entre espécies de ruminantes à suplementação lipídica é devido ao menor deslocamento ruminal da via *trans-11* para *trans-10* em caprinos, combinado com a menor sensibilidade da lipogênese mamária ao efeito inibidor dos isômeros de ácidos graxos com configuração *trans-10* (Shingfield et al., 2010; Chilliard et al., 2014). Portanto, a menor susceptibilidade da espécie caprina aos efeitos depressivos da suplementação lipídica é interessante, pois possibilita melhoria na qualidade nutricional do leite sem perdas na concentração de constituintes de interesse da indústria, como a gordura.

## **2. Importância da elevação da concentração de ácido linoleico conjugado no leite**

O consumo de ácidos graxos saturados, presente na carne e leite, está relacionado com o aumento da concentração sérica de lipoproteína de baixa densidade (LDL), resultando em maior propensão a doenças cardíacas (Tanaka, 2005). Considerado como alimento de elevado valor nutricional, o leite e seus derivados vêm sendo apontado como fator desencadeador de doenças metabólicas, particularmente cardiovasculares, considerada como uma das principais causas de morte nos países desenvolvidos (Siurana e Calsamiglia, 2016). Os efeitos negativos da alta ingestão de ácidos graxos saturados (Cabiddu et al., 2009), combinada com a baixa de



poliinsaturados, são associados à elevação dos riscos dessas doenças (Daviglius et al., 1997; Albert et al., 1998).

No entanto, devido à exigência mercadológica por itens da dieta que promovam saúde, pesquisas recentes têm buscado alterar o perfil de ácidos graxos em alimentos de origem de ruminantes (Suksombat e Chullanandana, 2008; Benchaar e Chouinard, 2009; Cabiddu, et al., 2009), apesar da resistência de manipulação do perfil de ácidos graxos destes alimentos, devido à intensa biohidrogenação a que são submetidos no rúmen (Tanaka, 2005). Um dos fatores de maior interesse é o aumento da concentração de ácidos graxos insaturados, em especial, o do ácido linoleico conjugado (CLA), que apresenta atividade anticarcinogênica, antiaterogênica, anti-inflamatória, antidiabética, inibe a perda de densidade óssea, possui propriedades moduladoras da função imune, protege contra estágios finais do Lúpus Eritematoso Sistêmico (LES), além de ser um fator antiobesidade (Reynolds e Roche, 2010; Bruen et al., 2016).

Os isômeros do CLA encontrados no leite e na carne de ruminantes resultam da intensa atividade da microbiota ruminal sobre os lipídios dietéticos, ricos em ácido linoleico (18:2 n-6) e  $\alpha$ -linolênico (18:3 n-3), quando em pastagens, ou em linoleico e oleico (18:1 n-9), oriundos de rações produzidas a partir de sementes de oleaginosas (Lucatto et al., 2014). A maior parte do CLA encontrado no leite, cerca de 78% (Corl et al., 2001), é oriundo da atividade da enzima  $\Delta 9$ -dessaturase, encontrada no tecido mamário, sobre o ácido vacênico (C18:1 *trans*-11), através da adição de dupla ligação *cis*-9 em ácidos graxos (Kay et al., 2004; Chilliard et al., 2007).

Ácido linoleico conjugado (CLA) é o termo utilizado para descrever vários isômeros posicionais e geométricos do ácido octadecadienoico, mais conhecido como ácido linoleico, contendo ligações duplas conjugadas, resultantes de processos de isomerização no ambiente ruminal. Tais isômeros apresentam funções fisiológicas importantes à saúde humana, como a redução da lipogênese devido a inibição das enzimas lipoproteína lipase (Park et al., 1997),

acetil-CoA carboxilase (ACC- $\alpha$ ) e ácido graxo sintetase (FAS) (Baumgard et al, 2000). Dentre os 27 isômeros descritos, o *cis-9, trans-11* é o predominante em leite e derivados, constituindo mais de 90% do CLA presente (Stanton et al., 2003; Savoini et al., 2010) (Tabela 2A), sendo um dos mais estudados, juntamente com o isômero *trans-10, cis-12*, encontrado em menores concentrações (Nunes e Torres, 2010). O aumento do teor desse último isômero pode ser obtido quando são fornecidas aos animais, dietas com alto teor de lipídios poliinsaturados e baixo teor de fibra (Piperova et al., 2000).

Tabela 2A. Percentual de CLA e de CLA *cis-9, trans-11* em carne, leite e derivados

Alimentos	Total de CLA (% de gordura)	CLA <i>cis-9, trans-11</i> (% do total de CLA)
Leite UHT	0,80	-
Leite homogeneizado	0,55	92
Produtos Lácteos		
Leite Condensado	0,63-0,70	82
Queijo Cheddar	0,40-0,53	78-82
Queijo Cottage	0,45-0,59	83
Queijo Mussarela	0,34-0,50	78-95
Manteiga	0,47-0,94	78-88
Iogurte integral	0,38-0,88	83-84
Iogurte <i>light</i>	0,44	86
Sorvete	0,36-0,50	76-86
Carnes		
Carne bovina moída	0,16-0,43	72-85
Carne de vitelo	0,27	84
Carne suína	0,06-0,13	25-82
Carne de frango	0,09-0,15	67-84
Carne de peru	0,20-0,25	40-76

Fonte: Adaptado de Dhiman et al. (2005).

As diversas propriedades funcionais atribuídas ao CLA são devidas principalmente às ligações de configuração *trans*, que apesar da semelhança estrutural entre isômeros, desempenham funções biológicas específicas. O isômero *trans-10, cis-12* vem despertando interesse por ser efetivo no combate ao crescimento de células do câncer de cólon, terceiro mais comumente diagnosticado no mundo (García-Barros et al. 2014), além de ser eficiente na redução da fração lipídica corporal (Obsen et al., 2011; Pierre et al., 2013).

Apesar das várias propriedades benéficas, a concentração de CLA encontrada nos alimentos é baixa, resultando em consumo de diminutas quantidades. É estimado que o consumo diário necessário de CLA para exercer tais benefícios seja de 3 a 3,2 g/dia (Ip et al., 1991; Mele et al., 2013; Rodríguez-Alcalá et al., 2013), no entanto, o consumo em alguns países como Brasil (0,36 g/dia) e Reino Unido (0,97 g/dia) está bem abaixo do recomendado (Mushtaq et al., 2010; Nunes e Torres, 2010). Apesar do baixo consumo, efeitos benéficos sobre fatores de risco associados a doenças cardiovasculares têm sido observados com consumo diário de 0,45 g/dia de *cis-9, trans-11* CLA, além de redução das citocinas inflamatórias e da agregação plaquetária induzida pelo ácido araquidônico (Sofi et al., 2010).

Alternativamente, a indústria farmacêutica vem desenvolvendo preparações comerciais de ácido linoleico conjugado a partir do ácido linoleico proveniente de óleo de açafrão ou de girassol em condição alcalina (Kennedy et al., 2010), sendo constituídas principalmente pelos isômeros *cis-9, trans-11* e *trans-10, cis-12*, na razão de 50:50 (Halade et al., 2010). A utilização de isômeros sintéticos permitiu a avaliação de efeitos específicos (Halade et al., 2010), uma vez que estudos indicam que vários desses efeitos são devido à ação isolada, enquanto outros podem ser induzidos e/ou potencializados pela ação sinérgica de diversos isômeros (Pariza et al., 2001). Entretanto, a segurança da utilização de misturas de isômeros sintéticos de CLA para auxiliar na perda de peso não é unanimidade na comunidade científica e seu uso não é autorizado em alguns países, como, por exemplo, Brasil e Austrália (Anvisa, 2007; FsanZ, 2008). Dessa

forma, elevar a concentração desses compostos em alimentos de origem animal, principalmente oriundos de animais ruminantes (bovinos, ovinos e caprinos), tem sido o objetivo de diversos estudos.

### 3. Fatores antiobesidade

A obesidade se constitui no principal fator relacionado com a incidência de doenças cardiovasculares, acometendo cerca de 107,7 milhões de crianças e 603,7 milhões de adultos. Sua ocorrência pode estar associada a fatores genéticos, familiares e culturais, além de ser influenciada pelo sedentarismo, distúrbios psicológicos, hábitos alimentares, dentre outros (IHME, 2017).

A utilização de alimentos funcionais, que apresentem propriedades antiobesidade, tem se tornado prioridade na sociedade contemporânea. Recentemente, a descoberta das propriedades benéficas do ácido linoleico conjugado, em especial do isômero *trans-10, cis-12* no combate à obesidade, tem despertado interesse dos pesquisadores. Sua ação resulta de interações múltiplas com inúmeras vias metabólicas de sinalização, levando ao aumento do gasto energético, inibição da adipogênese e lipogênese, e modulação de adipocinas e citocinas (Park e Pariza, 2007). Ao contrário da restrição calórica, as intervenções com o *trans-10, cis-12* CLA proporcionam perdas de peso sem perda de massa magra, reduzindo todos os depósitos de gordura corporal (visceral, inguinal e marrom interescapular) (Yeganeh et al., 2017). Seus efeitos antiobesidade estão associados à inibição da diferenciação de adipócitos 3T3-L1 (adipócitos maduros) e pré-adipócitos primários em humanos, redução dos níveis de RNAm de receptores ativados por proliferador de peroxissoma (PPAR $\gamma$ ), que atuam na expressão gênica, sendo essencial na regulação da diferenciação celular, desenvolvimento e metabolismo de organismos superiores, atuando principalmente no tecido adiposo, além da influência na via

de sinalização intracelular Wnt em adipócitos 3T3-L1, estabilizando a  $\beta$ -catenina (Kang et al., 2003; Kennedy et al., 2008; Yeganeh et al., 2016).

Estudos sobre a eficiência do CLA no combate à obesidade muitas vezes se restringem a alimentos com a presença destes isômeros inseridos de forma artificial, ao contrário de analisar os efeitos metabólicos do consumo de alimentos enriquecidos naturalmente (Park et al., 1997; Tsuboyama-Kasaoka et al., 2000; Tsuboyama-Kasaoka et al., 2003). Alguns desses estudos, apesar de resultar em perdas maciças de gordura corporal, que levaria a uma condição lipoatrófica, podem levar a resultados inesperados, como o aumento da resistência à insulina em ratos e humanos com sobrepeso (Riserus et al., 2001; Roche et al., 2002). De forma análoga, a utilização de manteiga enriquecida naturalmente com o isômero *trans-10, cis-12* na alimentação de ratas magras saudáveis, resultou em pequenos aumentos, porém significativos, nas concentrações de glicose e insulina em jejum, como também na redução da tolerância à insulina, porém não houve influência na tolerância e absorção de glicose pelo músculo por estímulo da insulina (Stefanson et al., 2014). Estudos demonstram também que o consumo de alimentos naturalmente enriquecidos com a associação dos isômeros *trans-10, cis-12* e *cis-9, trans-11* impedem a hiperinsulinemia sem alterar a tolerância à glicose em ratos magros (de Almeida et al., 2015).

Apesar das grandes potencialidades do CLA como fator antiobesidade, os estudos de sua ação em humanos ainda são incipientes, com efeitos de perda de peso ainda muito modestos, necessitando de mais pesquisas.

## LITERATURAS CITADAS

- ABUGHAZALEH, A. A.; SCHINGOETHE, D. J.; HIPPEN, A. R. Conjugated linoleic acid and other beneficial fatty acids in milk from cows fed soybean meal, fish meal, or both. **Journal of Dairy Science**, v.84, p.1845-1850, 2001.
- ALMEIDA, O. C.; FERRAZ JUNIOR, M. V. C.; SUSIN, I.; GENTIL, R. S.; POLIZEL, D. M.; FERREIRA, E. M.; BARROSO, J. P. R.; PIRES, A. V. Plasma and milk fatty acid profiles in goats fed diets supplemented with oils from soybean, linseed or fish. **Small Rumin. Res.** 2019.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Gerência Geral de Alimentos. Gerência de Produtos Especiais. Informe Técnico n.23, de 17 de abril de 2007. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/388729/Informe+T%C3%A9cnico+n%C2%BA+23%2C+de+17+de+abril+de+2007/8f8acebd-5d30-40c5-8000-1c8740d13fc1> . Acessado em: 15/10/2017.
- ALBERT, C.M; HENNEKEN, C.H; O'DONNELL, C.J.; AJAIN, U.A.; CAREY, V.J.; WILLETT, W.C. et al. Fish consumption and risk of sudden cardiac death. **J. Am. Med. Assoc.**, v.279, p.23-28, 1998.
- BAUMAN, D. E.; HARVATINE, K. J.; LOCK, L. Nutrigenomics, Rumen-Derived Bioactive Fatty Acids, and the Regulation of Milk Fat Synthesis. **Annual Review of Nutrition**. v.31, p.299–319, 2011.
- BAUMGARD, L. H.; CORL, B. A; DWYER, D. A; SÆBØ, A.; BAUMAN, D. E. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. **American Journal of Physiology. Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**. v.278, p.179–185, 2000.
- BENCHAAR, C.; CHOUARD, P. Y. Short communication: Assessment of the potential of cinnamaldehyde, condensed tannins, and saponins to modify milk fatty acid composition of dairy cows. **Journal Dairy Science**, v.92, p.3392-3396, 2009.
- BERNARD, L.; SHINGFIELD, K. J.; ROUEL, J.; FERLAY, A.; CHILLIARD, Y. Effect of plant oils in the diet on performance and milk fatty acid composition in goats fed diets based on grass hay or maize silage. **British Journal of Nutrition**, v.101, p.213-224, 2009.

- BHATTACHARYA, A.; BANU, J.; RAHMAN, M.; CAUSEY, J.; FERNANDES, G. Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.17, p.789-810, 2006.
- BRUEN, R.; FITZSIMONS, S.; BELTON, O. Atheroprotective effects of conjugated linoleic acid. **British Journal of Clinical Pharmacology**, v.83, p.46-53, 2016.
- BUCCIONI, A.; DECANDIA, M.; MINIERI, S.; MOLLE, G.; CABIDDU, A. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. **Animal Feed Science and Technology**, v.174, n.2, p.1-25, 2012.
- CABIDDU, A.; MOLLE, G.; DECANDIA, M.; SPADA, S.; FIORI, M.; PIREDDA, G.; ADDIS, M. Responses to condensed tannins of flowering sulla (*Hedysarum coronarium* L.) grazed by dairy sheep Part 2: Effects on milk fatty acid profile. **Livest. Sci.**, v.123, p.230-240, 2009.
- CENKVÀRI, É.; FEKETE, S.; FÉBEL, H.; VERESEGYHÁZI, T., ANDRÁSOF SZKY E. Investigation on the effects of Ca-soaps of oil linseed on rumen fermentation in sheep on milk composition of goats. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.89, p.172-178, 2005.
- CHILLIARD, Y.; GLASSER, F.; FERLAY, A.; BERNARD, L.; ROUEL, J.; DOREAU, M. Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.109, n.8, p.828-855, 2007.
- CHILLIARD, Y.; TORAL, P. G.; SHINGFIELD, K. J.; ROUEL, J.; LEROUX, C.; BERNARD, L. Effects of diet and physiological factors on milk fat synthesis, milk fat composition and lipolysis in the goat: A short review. **Small Rumin. Res.**, v.122, p.31-37, 2014.
- CHOUINARD, P. Y.; CORNEAU, L.; BUTLER, W. R.; CHILLIARD, Y.; DRACKLEY, J. K.; BAUMAN, D. E. Effects of dietary lipid source on conjugated linoleic acid concentrations in milk fat. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.84, n.3, p.680-690. 2001.
- CORL, B. A.; BAUMGARD, L. H.; DWYER, D. A.; GRIINARI, J. M.; PHILLIPS, B. S.; BAUMAN, D. E. The role of  $\Delta 9$ -desaturase in the production of cis-9, trans-11 CLA. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.12, p.622-630, 2001.

- COSTA, R. G.; QUEIROGA, R. C. R. E.; PEREIRA, R. A. G. Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.307-321, 2009.
- DAVIGLUS, M.L.; STANLER, J.; ORENCIA, A.J.; DYER, A.R.; LIU, K.; GREENLAND, P. et al. Fish consumption and the 30-year risk of fatal myocardial infarction. **New Engl. J. Med.**, v.336, p.1046-1053, 1997.
- DE ALMEIDA, M. M.; LUQUETTI, S. C. P. D.; SABARENSE, C. M.; CORREA, J. O. A.; REIS, L. G.; DA CONCEICAO, E. P. S.; LISBOA, P. C.; MOURA, E. G.; GAMEIRO, J.; GAMA, M. A. S.; LOPES, F. C. F.; GARCIA, R. M. G. Butter naturally enriched in cis-9, trans-11 CLA prevents hyperinsulinemia and increases both serum HDL cholesterol and triacylglycerol levels in rats. **Lipids Health and Disease**, v.13, p.1-12, 2015.
- DHIMAN, T. R.; NAM, S. H.; URE, A. L. Factors affecting conjugated linoleic acid content in milk and meat. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.45, n.6, p.463-482, 2005.
- EKNAES, M.; CHILLIARD, Y.; HOVE, K.; INGLINGSTAD, R. A.; BERNARD, L.; VOLDEN, H. Feeding of palm oil fatty acids or rapessed oil throughout lactation: Effects on energy status, body composition, and milk production in Norwegian dairy goats. **J. Dairy Sci.**, v.100, p.7588-7601, 2017.
- FERNANDES, M. F.; QUEIROGA, R. C. R. E.; MEDEIROS, A. N.; COSTA, R. G.; BOMFIM, M. A. D.; BRAGA, A. A. Physico-chemical characteristics and fatty acid profile of milk of crossbred Moxotó goats supplemented with cottonseed or sunflower oil. **Brazilian Journal of Animal Science**, v.37, n.4, p.703-710, 2008.
- FSANZ. Food Standard Australia New Zealand. Application A1005. Exclusive use of Tonalin® CLA as a novel food assessment report. 2008. Disponível em: <http://www.foodstandards.gov.au/code/applications/documents/A1005%20Tonalin%20CLA%20AR%20FINAL.pdf>. Acessado em: 15/10/2017.
- GARCÍA-BARROS, M.; COANT, N.; TRUMAN, J.-P.; SNIDER, A. J.; HANNUN, Y. A. Sphingolipids in colon cancer. **Biochim. Biophys. Acta**, v.1841, p.773-782, 2014.



- HALADE, G. V.; RAHMAN, M. M.; FERNANDES, G. Differential effects of conjugated linoleic acid isomers in insulin-resistant female. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.21, n.4, p.332-337, 2010.
- HARVATINE, K. J.; BOISCLAIR, Y. R.; BAUMAN, D. E. Liver x receptors stimulate lipogenesis in bovine mammary epithelial cell culture but do not appear to be involved in diet-induced milk fat depression in cows. **Physiological Reports**, v.2, n.3, 2014.
- HOBSON, P. N.; MANN, S. O. The Isolation of Glycerol-Fermenting and Lipolytic Bacteria from the Rumen of the Sheep. **Journal of General Microbiology**, v.25, p.227-240, 1961.
- HU, S. J.; PARK, G. B.; JOO, S. T. Biological activities of conjugated linoleic acid (CLA) and effects of CLA on animal products. **Livestock Science**, v.110, p.221-229, 2007.
- IHME. Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. **New England Journal of Medicine**, v. 377, n. 1, p. 13–27, 2017. Disponível em: <<http://www.nejm.org/doi/10.1056/NEJMoa1614362>>.
- IP, C.; CHIN, S. F.; SCIMECA, J. A.; PARIZA, M. W. Mammary Cancer Prevention by Conjugated Dienoic Derivative of Linoleic Acid. **Cancer Research**, v.51, n.22, p.6118-6124, 1991.
- JENKINS, T. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.3851-3863, 1993.
- JIANG, Z. Y.; ZHONG, W. J.; ZHENG, C. T. Conjugated linoleic acid differentially regulates fat deposition in backfat and longissimus muscle of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.88, p.1694- 1705, 2010.
- KANG, K.; LIU, W.; ALBRIGHT, K. J.; PARK, Y.; PARIZA, M. W. trans-10, cis-12 CLA inhibits differentiation of 3T3-L1 adipocytes and decreases PPAR gamma expression. **Biochemical and biophysical research communications**, v.303, p.795-799, 2003).
- KAY, J. K.; MACKLE, T. R.; AULDIST, M. J.; THOMSON, N. A.; BAUMAN, D. E. Endogenous Synthesis of cis-9 trans-11 Conjugated Linoleic Acid in dairy cows fed fresh pasture. **Journal of Dairy Science**, v.87, n.2, p.369-378, 2004.
- KENNEDY, A.; CHUNG, S.; LAPOINT, K.; FABIYI, O.; MCINTOSH, M. K. Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid antagonizes ligand-dependent PPARgama activity in primary cultures of human adipocytes. **The journal of nutrition**, v.138, p.455-461, 2008.

- KENNEDY, A.; MARTINEZ, K.; SCHMIDT, S.; MANDRUP, S.; LAPOINT, K.; MCINTOSH, M. Antiobesity Mechanisms of Action of Conjugated Linoleic Acid. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.21, n.3, p.171-179, 2010.
- KLIEM, K. E.; SHINGFIELD, K. J. Manipulation of milk fatty acid composition in lactating cows: Opportunities and challenges. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v.118, n.11, p.1661-1683, 2016.
- JORDAN, E.; LOVETT, D. K.; HAWKINS, M.; CALLAN, J. J.; O'MARA, F. P. The effects of varying levels of coconut oil on intake, digestibility and methane output from continental cross beef heifers. **Animal Science**, v.82, p.859-865, 2006.
- LUCATTO, J. N.; MENDONÇA, S. N. T. G.; DRUNKLER, D. A. Ácido linoleico conjugado: estrutura química, efeitos sobre a saúde humana e análise em lacteos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.69, n.3, p.199-211, 2014.
- MAIA, M. R., CHAUDHARY, L. C., BESTWICK, C. S., RICHARDSON, A. J., MCKAIN, N., LARSON, T. R., GRAHAM, I. A.; WALLACE, R. J. Toxicity of unsaturated fatty acids to the biohydrogenating ruminal bacterium, *Butyrivibrio fibrisolvens*. **BioMed Central Microbiology**, v.10, p.2-10, 2010.
- MACHMULLER A.; KREUZER, M. Methane suppression by coconut oil and associated effects on nutrient and energy balance in sheep. **Canadian Journal Animal Science**, v.79, p.65-72, 1999.
- MANSO, T.; BODAS, R.; CASTRO, T.; JIMENO, V.; MANTECON, A. R. Animal performance and fatty acid composition of lambs fed with different vegetable oils. **Meat Science**, v.83, p.511-516, 2009.
- MELE, M. C.; CANNELLI, G.; CARTA, G.; CORDEDDU, L.; MELIS, M. P.; MURRU, E.; STANTON, C.; BANNI, S. Metabolism of c9,t11-conjugated linoleic acid (CLA) in humans. **Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids**, v.89, p.115-119, 2013.
- MOSLEY, E. E.; POWELL, G. L.; RILEY, M. B.; JENKINS, T. C. Microbial biohydrogenation of oleic acid to trans isomers in vitro. **Journal of Lipid Research**, New York, v.43, p.290-296, 2002.
- MUSHTAQ, S.; HEATHER MANGIAPANE, E.; HUNTER, K. A. Estimation of cis-9, trans-11 conjugated linoleic acid content in UK foods and assessment of dietary intake in a cohort of healthy adults. **British Journal of Nutrition**, v. 103, n.9, p.1366-1374, 2010.

- NOCITI, R. P.; SALCEDO, Y. T. G.; FELICIANO, M. A. R.; VICENTE, W. R. R.; DE LIMA, V. F. M. H.; OLIVEIRA, M. E. F. Efeito da ingestão de lipídeos sobre a reprodução de pequenos ruminantes: revisão de literatura. **Investigação**, v.15, p.42-46, 2016.
- NUNES, J. C.; TORRES, A. G. Fatty acid and CLA composition of Brazilian dairy products, and contribution to daily intake of CLA. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.23, n.8, p.782-789, 2010.
- OBSER, T.; FAERGEMAN, N. J.; CHUNQ, S.; MARTINEZ, K.; GOBERN, S.; LOREAU, O.; WABITSCH, M.; MANDRUP, S.; MCINTOSH, M.; Trans-10, cis-12, conjugated linoleic acid decreases de novo lipid synthesis in human adipocytes. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v.23, n.6, p.580-590, 2011.
- OFFER, N. W.; SPEAKE, B. K.; DIXON, J.; MARSDEN. Effect of fish-oil supplementation on levels of (n-3) poly-unsaturated acids in the lipoprotein fractions of bovine plasma. **Journal of Animal Science**, v73, n.3, p.523-531, 2001.
- PARIZA, M. W.; PARK, Y.; COOK, M. E. The biologically-active isomers of conjugated linoleic acid. **Progress in Lipid Research**, v.40, n.4, p.283-298, 2001.
- PARK, Y.; ALBRIGHT K. J.; LIU, W.; STORKSON, J. M.; COOK, M. E.; PARIZA, M. W. Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *Lipids*, v.32, n.8, p.853-858, 1997.
- PARK, Y.; PARIZA, M. W. Mechanisms of body fat modulation by conjugated linoleic acid (CLA). **Food Res Int**, v.40, p.311-323, 2007.
- PALMQUIST, D. L.; LOCK, A. L.; SHINGFIELD, K. J.; BAUMAN, D. E. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants and humans. **Advances in Food and Nutrition Research**, v.50, p.179-217, 2005.
- PIERRE, A. S.; MINVILLE-WALZ, M.; FÈVRE, C.; HICHAMI, A.; GRETI, J.; PICHON, L.; BELLENGER, S.; BELLENGER, J.; GHIRINGHELLI, F.; NARCE, M.; RIALLAND, M. Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid induced cell death in human colon cancer cells through reactive oxygen species-mediated ER stress. **Biochimica et Biophysica Acta**, v.183, n.4, p.759-768, 2013.
- PIPEROVA, L. S.; TETER, B. B.; BRUCKENTAL, I.; SAMPUGNA, J.; MILLS, S. T.; YARAWECZ, M. P.; FRITSCH, J.; KU, K.; ERDMAN, R. A. Mammary lipogenic enzyme activity, trans fatty acids and conjugated linoleic acids are altered in lactating

dairy cows fed a milk fat – depressing diet. **Journal of Nutrition**, v.130, n.10, p.2568-2574, 2000.

REYNOLDS, C. M.; ROCHE, H. M. Conjugated linoleic acid and inflammatory cell signalling, **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids**, v.82, p.199-204, 2010.

RISERUS, U.; BERGLUND, L.; VESSBY, B. Conjugated linoleic acid (CLA) reduced abdominal adipose tissue in obese middle-aged men with signs of the metabolic syndrome: a randomised controlled trial. **International Journal of Obesity**, v.25, p.1129–35, 2001.

ROCHE, H. M.; NOONE, E.; SEWTER, C.; MC BENNETT, S.; SAVAGE, D.; GIBNEY, M. J.; O’RAHILLY, S.; VIDAL-PUIG, A. Isomer-dependent metabolic effects of conjugated linoleic acid: insights from molecular markers sterol regulatory element-binding protein-1c and LXRalpha. **Diabetes**, v.51, n.7, p.2037–2044, 2002.

RODRÍGUEZ-ALCALÁ, L. M.; VILLAR-TAJADURA, A.; JUAREZ, M.; J. FONTECHA, J. Commercial conjugated linoleic acid (CLA) fortified dairy products. **Handbook of Food Fortification and Health**, v.1, p.173-184, 2013.

SALGADO, J.M.; FERREIRA, T.R.B.; DONADO-PESTANA, C.M. et al. Conjugated linoleic acid combined with physical activity reduces body fat accumulation but does not modify lean body mass in male and female Wistar rats. **Journal of Medicinal Food**, v.4, p.406-412, 2012.

SEHAT, N.; KRAMER, J. K.; MOSSOBA, M. M.; YURAWECZ, M. P.; ROACH, J. A.; EULITZ, K.; MOREHOUSE, K. M.; KU, Y. Identification of conjugated linoleic acid isomers in cheese by gas chromatography, silver ion high performance liquid chromatography and mass spectral reconstructed ion profiles. Comparison of chromatographic elution sequences. **Lipids**, v.33, p.963-971, 1998.

SANZ SAMPELAYO, M.R.S.; PÉREZ, L.; ALONSO, M.J.J. et al. Effects of concentrates with different contents of protected fat rich PUFAs on the performance lactating Granadina goats. Part II. Milk production and composition. **Small Ruminant Research**, v.43, p.141-148, 2002.

- SAVOINI, G.; AGAZZI, A.; INVERNIZZI, G.; CATTANEO, D.; PINOTTI, L.; BALDI, A. Polyunsaturated fatty acids and choline in dairy goats nutrition: Production and health benefits. **Small Rumin. Res.**, v.88, p.135–144, 2010.
- SHINGFIELD, K. J.; BERNARD, L.; LEROUX, C.; CHILLIARD, Y. Role of trans fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. **Animal**, v.4, p.1140-1166, 2010.
- SHINGFIELD, K. J.; ROUEL, J.; CHILLIARD, Y. Effect of calcium salts of a mixture of conjugated linoleic acids containing trans-10, cis-12 in the diet on milk fat synthesis in goats. **The British Journal of Nutrition**, v.101, p.1006–1019, 2009.
- SIURANA, A.; CALSAMIGLIA, S. A metaanalysis of feeding strategies to increase the content of conjugated linoleic acid (CLA) in dairy cattle milk and the impact on daily human consumption. **Animal Feed Science and Technology**, v.217, p.13-26, 2016.
- SOFI, F.; ABBATE, R.; GENSINI, G. F.; CASINI, A. Accruing evidence on benefits os adherence to the Mediterranean diet on health: an updated systematic review and meta-analysis. **Am. J. Clin. Nutr.**, v.92, p.1189-1196, 2010.
- STANTON, C.; MURPHY, J.; MCGRATH, E.; DEVERY, R. Animal Feeding Strategies for Conjugated Linoleic Acid Enrichment of Milk. IN: SEBÉDIO, J. L. et al. **Advances in Conjugated Linoleic Acid Research**. Champaign: AOCS Press, 2003. V.2, 123-145p.
- STEFANSON, A.; HOPKINS, L. E.; ALZAHAL, O.; RITCHIE, I. R.; MACDONALD, T.; WRIGHT, D. C.; MCBRIDE, B. W.; DYCK, D. J. Feeding butter with elevated content of trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid to lean rats does not impair glucose tolerance or muscle insulin response. **Lipids Health and Disease**, 13:101, 2014.
- SUKSOMBAT, W.; CHULLANANDANA, K. Effects of Soybean Oil or Whole Cotton Seed Addition on Accumulation of Conjugated Linoleic Acid in Beef of Fattening Brahman x Thai-Native Cattle. **Asian-Australas Journal Animal Science**, v.21, p.1458-1465, 2008.
- TANAKA, K. Occurrence of conjugated linoleic acid in ruminant products and its physiological functions. **Animal Science Journal**, v.76, p.291-303, 2005.
- TSUBOYAMA-KASAOKA, N.; MIYAZAKI, H.; KASAOKA, S.; EZAKI, O. Increasing the amount of fat in a conjugated linoleic acid-supplemented diet reduces lipodystrophy in mice. **The Journal of Nutrition**, v.133, n.6 p.1793-1799, 2003.

TSUBOYAMA-KASAOKA, N.; TAKAHASHI, M.; TANEMURA, K.; KIM, H. J.; TANGE, T.; OKUYAMA, H. Conjugated linoleic acid supplementation reduces adipose tissue by apoptosis and develops lipodystrophy in mice. **Diabetes**, v.49, n.9, p.1534-1542, 2000.

YEGANEH, A.; TAYLOR, C. G.; POOLE, J.; TWOREK, L.; ZAHRADKA, P. Trans10, cis12 conjugated linoleic acid inhibits 3T3-L1 adipocyte adipogenesis by elevating beta-catenin levels. **Biochimica et biophysica acta**, v.1861, n.4, p.363-370, 2016.

YEGANEH, A.; ZAHRADKA, P.; TAYLOR, C. G. Trans-10, cis-12 conjugated linoleic acid (t10-c12 CLA) treatment and caloric restriction differentially affect adipocyte cell turnover in obese and lean mice. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v.49, p.123-132, 2017.

**III - CAPITULO I****ÓLEO DE SOJA COMO MODULADOR DA SÍNTESE DE ÁCIDOS GRAXOS DO  
LEITE DE CABRAS**

*(Normas da Revista Small Ruminants Research)*

## RESUMO

### Óleo de soja como modulador da síntese de ácidos graxos do leite de cabras

A utilização de óleo de soja na alimentação de caprinos leiteiros favorece o aumento de fatores benéficos à saúde humana, propiciando um leite mais saudável. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho produtivo e perfil de ácidos graxos do leite de cabras recebendo dietas suplementadas com níveis de óleo de soja. Foram utilizadas 8 cabras Saanen com peso médio de 39 kg, primíparas, com aproximadamente 35 dias de lactação e produção média diária de 1,8 kg, distribuídas em duplo quadrado latino 4 x 4, alocadas em bacias individuais submetidas aos seguintes tratamentos: 0 = 40% de silagem de milho + 60% concentrado sem adição de óleo; 1,5 = 40% de silagem de milho + concentrado com adição de 1,5% de óleo de soja; 3,0 = 40% de silagem de milho + concentrado com adição de 3,0% de óleo de soja; 4,5 = 40% de silagem de milho + concentrado com adição de 4,5% de óleo de soja. Os resultados permitem verificar que a ingestão de óleo de soja promoveu redução na produção de leite ( $P < 0,05$ ), porém, quando corrigida para 3,5% de gordura, não houve influência significativa. A concentração de gordura no leite aumentou linearmente ( $P < 0,01$ ) com os tratamentos (3,23, 3,54, 3,97 e 4,17%, respectivamente). Houve aumento também das concentrações de lactose ( $P < 0,01$ ), sólidos totais ( $P < 0,01$ ) e sólidos não gordurosos ( $P < 0,01$ ). Os tratamentos com óleo de soja favoreceram a redução das concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (C8:0 e C10:0), que atribuem ao leite, sabor e odor característicos, como também reduziu as concentrações de ácidos graxos saturados totais e aterogênicos (C12:0, C14:0 e C16:0). As concentrações de MUFA e PUFA responderam positivamente aos tratamentos, em especial, o isômero C18:2 *trans-10, cis-12* CLA, que apresenta características antiobesidade, proporcionando um leite mais saudável. A utilização de óleo de soja na alimentação de caprinos leiteiros possibilitou alterações desejáveis na composição do leite, atendendo às demandas do mercado consumidor por produtos que promovam a saúde e bem-estar.

**Palavras – chaves:** antiaterogênicos, antiobesidade, caprinos, lipídios, pequenos ruminantes, suplementação



## ABSTRACT

### Soybean oil as a modulator of the fatty acid synthesis of goat milk

The use of soybean oil in the feeding of dairy goats favors the increase of factors beneficial to human health, providing a healthier milk. The objective of this work was to evaluate the productive performance and fatty acid profile of milk from goats receiving diets supplemented with soybean oil levels. We used 8 Saanen goats with average weight of 39 kg, primiparous, with approximately 35 days of lactation and average daily production of 1.8 kg, distributed in a double Latin square 4 x 4, allocated in individual bays submitted to the following treatments: 0 = 40% corn silage + 60% concentrated without addition of oil; 1.5 = 40% corn silage + concentrate with addition of 1.5% soybean oil; 3.0 = 40% corn silage + concentrate with addition of 3.0% soybean oil; 4.5 = 40% corn silage + concentrate with addition of 4.5% soybean oil. The results showed that soybean oil intake reduced milk yield ( $P < 0.05$ ), but when corrected to 3.5% fat, there was no significant influence. The fat concentration in the milk increased linearly ( $P < 0.01$ ) with the treatments (3.23, 3.54, 3.97 and 4.17%, respectively). Lactose concentrations ( $P < 0.01$ ), total solids ( $P < 0.01$ ) and non-greasy solids ( $P < 0.01$ ) also increased. Soybean oil treatments favored lower concentrations of short chain fatty acids (C8: 0 and C10: 0), which attributed to milk, characteristic taste and odor, but also reduced total and atherogenic saturated fatty acid concentrations (C12: 0, C14: 0 and C16: 0). The concentrations of MUFA and PUFA responded positively to the treatments, especially the C18: 2 isomer *trans-10, cis-12* CLA, which shows antiobesity characteristics, providing a healthier milk. The use of soybean oil in the feeding of dairy goats allowed for desirable changes in milk composition, taking into account the demands of the consumer market for products that promote health and well-being.

**Keywords:** antiatherogenic, antiobesity, goats, lipids, small ruminants, supplementation

## 1 - Introdução

Apesar da limitação no uso de lipídios na dieta de ruminantes (de cerca de 5%) (Cenkvarì et al., 2005), devido à interferência nos padrões de fermentação ruminal e de digestão da fibra (Manso et al., 2009), a utilização de fontes lipídicas, em especial, aquelas ricas em ácidos graxos poliinsaturados, tem sido objetivo de várias pesquisas, devido aos efeitos promissores quanto à redução da concentração de ácidos graxos prejudiciais ao consumidor (Fernandes et al., 2008), elevação da concentração de compostos bioativos de interesse, como isômeros do ácido linoleico conjugado (CLA) (Abughazaleh et al., 2001; Chouinard et al., 2001, Bernard, et al., 2009), redução na emissão de gases de efeito estufa, como o metano e óxido nitroso (Machmuller e Kreuzer 1999; Jordan et al., 2006), dentre outras.

Para animais em lactação, a utilização de fontes lipídicas ricas em ácidos graxos insaturados, principalmente óleos vegetais, minimiza o déficit energético no início da lactação, devido à maior densidade energética e, como consequência, a maior produção de leite, além de proporcionar mudanças no perfil de ácidos graxos, favorecendo a síntese de ácido linoleico conjugado (CLA), que desempenha benefícios à saúde humana como: ação anticarcinogênica (Bhattacharya et al., 2006), modulador do sistema imune (Hu et al., 2007) e antilipogênica (Jiang et al., 2010).

Dentre os vários benefícios atribuídos ao CLA, o fator antiobesidade tem despertado o interesse, já que a obesidade é um mal que acomete cerca de 2,2 bilhões de pessoas em todo o mundo (IHME, 2017). Essa é uma característica do isômero *trans-10, cis-12* CLA (Obsen et al., 2012), um dos 27 isômeros já identificados do ácido linoleico conjugado (Sehat et al., 1998; Nunes e Torres, 2010), que é naturalmente encontrado em produtos oriundos de ruminantes.

Em contrapartida, a utilização de fontes lipídicas ricas em ácidos graxos insaturados, na alimentação de ruminantes em lactação pode reduzir drasticamente a gordura do leite, o que não seria de interesse, uma vez que esse constituinte é fator importante para remuneração e para

o rendimento da cadeia produtiva de lácteos. Tal situação é conhecida como síndrome da depressão da gordura do leite (DGL), que é decorrente do fornecimento de dietas altamente fermentáveis e, em especial, aliadas à inclusão de óleos vegetais ou de peixe. (Bauman et al., 2011; Harvatine et al., 2014). Dentre os ruminantes, os caprinos têm se mostrado menos sensíveis à síndrome, em relação aos bovinos, por apresentarem resposta específica aos lipídios no metabolismo ruminal e resistência aos efeitos inibitórios da lipogênese mamária (Shingfield et al., 2009; Chilliard et al., 2014).

Com a crescente exigência mercadológica por produtos naturais que proporcionem melhorias na qualidade de vida, o CLA tem se mostrado com potencial para atender essa demanda, portanto, a elevação destes isômeros em itens da dieta normal da população torna-se interessante, sem a necessidade de custos adicionais com aquisição de suplementos ou alteração dos hábitos alimentares. Desta forma, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o desempenho produtivo e perfil de ácidos graxos do leite de cabras recebendo dietas suplementadas com níveis de óleo de soja.

## 2 - Material e Métodos

### 2.1 Declaração de ética

Todos os protocolos utilizados no presente estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Brasil, conforme permissão nº 078/2017 para uso de animais em experimentação, de acordo com as diretrizes estabelecidas pelo Guide for the Care and Use of Agricultural Research and Teaching (FASS, 1998).

### 2.2 Local do experimento, animais e alimentação

O experimento foi realizado entre os meses de janeiro e abril de 2018, nas dependências da Fazenda Experimental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, situada no município de Garanhuns (coordenadas: 08° 58' 32"S e 36° 27' 15"W), Estado de Pernambuco.

Foram utilizadas 8 cabras Saanen, com peso médio de 39 kg, primíparas, com aproximadamente 35 dias de lactação e produção média diária de 1,8 kg. As cabras foram arranjadas em delineamento duplo quadrado latino de 4 x 4, em aprisco de piso suspenso, com baias individuais de 1,0 x 1,5m providas de comedouro e livre acesso à água. Antes do início do experimento, foi realizado o controle de ecto e endoparasitos. O período experimental foi de 112 dias, dividido em subperíodos de 28 dias, sendo 23 dias para adaptação aos tratamentos experimentais e 5 dias de coletas de dados e amostras.

As rações experimentais foram compostas por 40% de volumoso e 60% de concentrado (com base na MS) e foram elaboradas conforme exigências preconizadas pelo NRC (2007) para cabras em lactação, a fim de atender às exigências de produção dos animais, conforme Tabela 1. O perfil de ácidos graxos dos principais ingredientes da dieta estão expostos na Tabela 2.

Os animais foram ordenhados duas vezes ao dia, às 7h:30min e 16:00h, quando receberam as duas porções diárias da ração total, permitindo sobras entre 10 e 20%. O óleo de soja foi adicionado ao concentrado imediatamente antes do fornecimento. Os tratamentos experimentais consistiram em: 0 = 40% de silagem de milho + 60% concentrado sem adição de óleo; 1,5 = 40% de silagem de milho + concentrado com adição de 1,5% de óleo de soja; 3,0 = 40% de silagem de milho + concentrado com adição de 3,0% de óleo de soja; 4,5 = 40% de silagem de milho + concentrado com adição de 4,5% de óleo de soja.

**Tabela 1.** Ingredientes e composição química das rações experimentais

Itens	Tratamentos			
	0	1,5	3,0	4,5
<b>Ingredientes</b>				
Silagem de milho, %	40,0	40,0	40,0	40,0
Milho moído, %	52,2	50,3	48,5	46,7
Farelo de soja, %	4,3	4,7	5,0	5,3
Ureia, %	1,0	1,0	1,0	1,0
Mistura mineral <sup>1</sup> , %	1,0	1,0	1,0	1,0
Calcário calcítico %	1,0	1,0	1,0	1,0
Fosfato bicalcico %	0,5	0,5	0,5	0,5
Óleo de soja, %	0	1,5	3,0	4,5
<b>Composição química</b>				
Matéria seca (g/kg de MN)	659,7	661,0	662,4	663,8
Matéria mineral (g/kg de MS)	43,6	43,6	43,6	43,6
Proteína bruta (g/kg de MS)	125,4	125,4	125,4	125,4
Extrato Etéreo (g/kg de MS)	37,3	51,1	65,0	79,0
FDN <sup>2</sup> (g/kg de MS)	298,8	297,2	295,3	293,6

<sup>1</sup>Composição da mistura mineral (nutriente/kg de produto): Ca=190 g/kg; P=70 g/kg; Mg=8.000 mg/kg; S=18 g/kg; Na=100 g/kg; Fe=1.200 mg/kg; F=680 mg/kg; Mn=1.600 mg/kg; Zn=7.200 mg/kg; Cu=128 mg/kg; Co=208 mg/kg; I=208 mg/kg; Se=32 mg/kg.

<sup>2</sup>Fibra em detergente neutro.

**Tabela 2.** Perfil de ácidos graxos (g/100g de MS) dos principais ingredientes da dieta

Ácido graxo	Ingredientes		
	Silagem de milho	Farelo de milho	Óleo de soja
C14:0 (mirístico)	0,15	0,19	0,216
C16:0 (palmítico)	4,23	0,90	21,48
C18:0 (estearico)	0,76	1,79	1,06
C18:1 (oleico)	2,95	11,34	24,44
C18:2 (linoleico)	7,81	13,11	42,45
C18:3 (linolênico)	0,07	0,68	9,19
Outros	1,13	0,90	11,60

### 2.3 Amostragens

O consumo foi determinado pela diferença entre a alimentação fornecida e as sobras. A produção de matéria seca fecal foi quantificada por meio de coleta spot de fezes, sendo coletadas diretamente da ampola retal, em intervalos de 26 horas, durante os últimos cinco dias de cada período experimental. As amostras da alimentação fornecida, sobras e fezes foram acondicionadas em sacos plásticos previamente identificados e armazenados a -20 °C. A produção de matéria seca fecal foi determinada a partir da secagem das amostras em estufa de circulação forçada a 55 °C por 72 horas e moídas em moinho tipo Willey, munido de peneiras com crivo de 2 mm e 1 mm, para posterior determinação da digestibilidade *in situ* e composição bromatológica, respectivamente.

Durante os dois últimos dias de cada período experimental, foram colhidas amostras de leite, em ambas as ordenhas, sendo uma imediatamente congelada, para determinação do perfil de ácidos graxos, e outra acondicionada em recipiente contendo o conservante 2-bromo-2-

nitropropano-1-3-diol, para determinação da composição (proteína total, gordura, lactose, sólidos totais e extrato seco desengordurado).

#### *2.4 Determinação da digestibilidade dos nutrientes*

As amostras foram encaminhadas ao laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco/ Unidade Acadêmica de Garanhuns, para determinação dos teores de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta e extrato etéreo, conforme metodologias descritas na AOAC (1990), e a determinação de fibra em detergente neutro (FDN), segundo a metodologia descrita por Van Soest et al., (1991).

Para determinação da digestibilidade dos nutrientes, foi utilizado o indicador interno, a FDN indigestível, obtida a partir da incubação *in situ* das amostras em sacos de TNT (Tecido-Não-Tecido) de 5x5 cm, previamente enxaguados com acetona, durante 5 minutos para retirada de surfactantes e secos em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C por 24 horas, posteriormente, secos a 105 °C por 2 horas. Foram acondicionadas nos sacos, em duplicata, cerca de 0,5 g de amostra do volumoso, das fezes e das sobras, e 1,0 g de amostra do concentrado, respeitando a proporção de 20 mg/cm<sup>2</sup> e 40 mg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. As amostras foram incubadas em 3 caprinos canulados no rúmen, durante o período de 144 horas (6 dias). Os animais foram adaptados às dietas experimentais. Após esse período, os sacos foram retirados, lavados em água corrente até seu total clareamento, foram secos e submetidos ao protocolo de determinação da fibra em detergente neutro (Van Soest & Robertson, 1985). Após esse período, foram lavados com água quente e acetona, secos e pesados, e seu resíduo considerado FDNi.



### *2.5 Determinação da produção e composição do leite*

A determinação da produção diária dos animais foi obtida através da soma das pesagens do leite de ambas as ordenhas, durante os últimos 5 dias de cada período experimental.

Para o cálculo da produção de leite corrigida para 3,5% de gordura (LCG) foi utilizada a equação proposta por Sklan et al. (1992), a seguir:

$$\text{LCG (kg)} = (0,432 + 0,1625 \times (\% \text{ de gordura do leite})) \times \text{kg do leite produzido.}$$

Para determinação da composição do leite foi utilizada a técnica de espectroscopia de infravermelho médio, no laboratório PROGENE, vinculado ao departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), na cidade de Recife.

### *2.6 Determinação do perfil de ácidos graxos*

O perfil de ácidos graxos das dietas foi obtido segundo protocolo de Folch et al. (1957), com alterações sugeridas por Almeida et al. (2013), que foram: homogeneização de 2 g de amostra em 20 mL de clorofórmio-metanol (2:1, v/v) e, posteriormente, transmetilado em duas etapas, como segue: inicialmente utilizou-se 5 mL de HCl metanoico a 10% (durante 2h em banho-maria a 90 °C), seguindo-se a adição de 1 mL de hexano e 10 mL de K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> a 6%, e centrifugação por 5 min a 500 x g para separar as camadas lipo e hidrofóbicas (Kramer et al., 1997). Os ácidos graxos do leite foram extraídos por centrifugação de 20 mL a 17.000 x g por 30 min a 8 °C, em seguida, 300 a 350 mg de manteiga foram esterificadas pelo método alcalino, fazendo-se o uso de metóxido de sódio e HCl metanoico (Kramer et al., 1997); utilizou-se o ácido esteárico (C18:0) como padrão externo e o ácido nonadecanóico (C19:0) como padrão interno. Os procedimentos citados foram realizados no laboratório de nutrição animal (LANA),

da Central de Laboratórios de Garanhuns (CENLAG), vinculado à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Garanhuns. Para separar os ésteres metílicos dos ácidos graxos, utilizou-se um cromatógrafo a gás (Ciola Gregory, modelo CG-Master), equipado com uma coluna capilar de sílica fundida (J&W DB-WAX 125-7012; 60 m de comprimento, 0,53 mm id e espessura de filme de 1µm), em que o hélio foi utilizado como gás de arraste. A temperaturas do injetor e do detector foram de 223 e 260 °C, respectivamente, e a razão de separação foi fixada em 80:1. A temperatura do forno foi de 180 °C por 21 min e, em seguida, elevou-se 15 °C/min até 210 °C, onde permaneceu por 7 min. O procedimento de separação dos Ácidos graxos foi realizado nas dependências do laboratório de Cromatografia, do departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco, na cidade de Recife.

## 2.7 Análise estatística

O modelo utilizado para análise de variância dos dados, foi:

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + C_j + P_k + e_{ijk}$$

Onde:

$Y_{ijk}$  = variável dependente;  $\mu$  = média das observações;  $D_i$  = efeito dos níveis;  $C_j$  = efeito da cabra;  $P_k$  = efeito de período;  $e_{ijk}$  = erro experimental associado a cada observação.

Os dados foram analisados pelo procedimento GLM do pacote estatístico SAS (2003) e as médias das tabelas foram obtidas pelo comando LSMEANS, quando os valores foram procedentes de medidas repetidas no tempo, utilizou-se o procedimento MIXED. As comparações entre os níveis de óleo de soja foram conduzidas por decomposição da soma de quadrados de tratamentos em contrastes relativos aos efeitos linear, quadrático e cubico. A análise de contrastes foi realizada com a utilização do pacote estatístico SAS, utilizando-se o

procedimento CONTRAST. As diferenças entre os tratamentos foram consideradas significativas quando  $P < 0,05$ .

### 3 - Resultados

#### 3.1 Ingestão

Conforme observado na Tabela 3, os tratamentos não influenciaram ( $P > 0,05$ ) o consumo diário de matéria seca (CMS), de matéria orgânica (CMO), de fibra em detergente neutro (CFDN) e de proteína bruta (CPB), embora tenha elevado o consumo de extrato etéreo (CEE) de forma linear com elevação do nível de óleo de soja ( $P < 0,01$ ).

**Tabela 3.** Consumo de matéria seca (CMS), matéria orgânica (CMO), extrato etéreo (CEE), fibra em detergente neutro (CFDN) e proteína bruta (CPB) pelas cabras em lactação alimentadas com dietas contendo óleo de soja

Itens	Tratamentos				EPM	P-value
	0	1,5	3,0	4,5		
CMS, g/dia	2092,1	2087,5	2045,6	2047,4	70,80	ns
CMS, % PC	5,503	5,396	5,178	5,337	0,2330	ns
CMS, g/kg de PC <sup>0,75</sup>	136,56	134,47	129,75	132,62	5,3989	ns
CMO, g/dia	1980,4	1974,1	1936,6	1938,4	67,00	ns
CEE, g/dia	92,43 <sup>c</sup>	113,52 <sup>b</sup>	121,97 <sup>b</sup>	141,12 <sup>a</sup>	3,6125	**
CFDN, g/dia	608,26	593,01	504,13	443,00	29,30	ns
CPB, g/dia	389,50	381,58	363,57	351,50	12,91	ns

Médias na mesma linha com diferentes sobrescritos, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ); EPM = Erro padrão da média; ns = Não significativo ( $P > 0,05$ ); \*\* =  $P < 0,01$ .

### 3.2 Digestibilidade dos nutrientes

De acordo com o exposto na Tabela 4, apenas a dieta contendo 4,5% de óleo de soja influenciou ( $P<0,05$ ) negativamente a digestibilidade da matéria seca (DMS). A digestibilidade da matéria orgânica (DMO), da fibra em detergente neutro (DFDN) e da proteína bruta (DPB) não foi influenciada pela inclusão do óleo de soja ( $P>0,05$ ), embora, a do extrato etéreo (DEE) tenha apresentado a tendência ( $0,05<P<0,1$ ) de elevação.

**Tabela 4.** Digestibilidade aparente da matéria seca (DMS), da matéria orgânica (DMO), da fibra em detergente neutro (DFDN), da proteína bruta (DPB) e do extrato etéreo (DEE) das rações experimentais

Digestibilidade (%)	Tratamentos				EPM	P-value
	0	1,5	3,0	4,5		
MS	69,74 <sup>ab</sup>	71,27 <sup>a</sup>	68,78 <sup>ab</sup>	67,39 <sup>b</sup>	0,5010	*
MO	80,21	81,34	78,06	77,93	0,9943	ns
FDN	35,56	30,30	31,67	32,64	1,6675	ns
PB	70,55	66,73	67,82	61,62	3,3100	ns
EE	87,68	89,59	92,32	91,96	0,8702	T

Médias na mesma linha com diferentes sobrescritos, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P<0,05$ ); EPM = Erro padrão da média; ns = Não significativo ( $P>0,05$ ); \* =  $P<0,05$ ; T = tendência ( $0,05<P<0,1$ ).

### 3.3 Produção e composição do leite

Os níveis de óleo influenciaram a produção de leite ( $P<0,05$ ), onde os animais que receberam dietas contendo 4,5% (da MS) de óleo de soja, apresentaram a menor produção (Tabela 5). As concentrações de gordura no leite e de sólidos totais foram influenciadas

positivamente pela introdução do óleo de soja, apresentando comportamento linear crescente ( $P < 0,01$ ). As concentrações de lactose e sólidos não gordurosos (SNG) também foram influenciadas pela introdução do óleo de soja às dietas, onde os animais que receberam 4,5% de óleo de soja apresentaram as maiores médias. Os demais parâmetros de composição (Leite corrigido para 3,5% de gordura; gordura, g/d; proteína, %; sólidos totais, g/d), não foram alterados ( $P > 0,05$ ) pelos tratamentos experimentais.

**Tabela 5.** Desempenho e composição do leite de cabras alimentadas com dietas contendo óleo de soja

Variável	Tratamentos				EPM	<i>P-value</i>		
	0	1,5	3,0	4,5		Linear	Quadrática	
Leite, kg/d	1,77 <sup>a</sup>	1,43 <sup>b</sup>	1,51 <sup>ab</sup>	1,35 <sup>b</sup>	0,0548	*	-	-
3,5 LCG <sup>1</sup> , kg/d	1,71	1,46	1,62	1,50	0,0551	ns	ns	ns
LCG/CMS	0,89	0,76	0,83	0,83	0,036	ns	ns	ns
Gordura, %	3,23	3,54	3,97	4,17	0,1560	**	**	ns
Gordura, g/d	55,28	50,48	59,87	56,21	2,2285	ns	ns	ns
Proteína, %	2,83	2,94	3,03	2,93	0,0461	ns	ns	ns
Proteína, g/d	46,46	40,19	45,70	39,83	1,5868	ns	ns	ns
Lactose, %	4,68	4,73	4,80	4,91	0,0372	**	**	-
Lactose, g/d	77,59	64,75	72,25	66,25	2,4683	T	-	-
Sól. totais, %	11,67	12,16	12,78	12,88	0,1423	**	**	ns
Sól. totais, g/d	194,16	166,56	192,40	173,66	6,4701	ns	ns	ns
SNG <sup>2</sup> , %	8,44	8,62	8,80	8,92	0,0691	**	**	-
SNG, g/d	139,64	117,81	132,53	120,18	4,3520	T	ns	ns

Médias na mesma linha com diferentes sobrescritos, diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ); <sup>1</sup>leite corrigido para 3,5% de gordura; <sup>2</sup>sólidos não gordurosos; EPM = Erro padrão da média; ns = Não significativo ( $P > 0,05$ ); T = tendência ( $0,05 < P < 0,1$ ); \* =  $P < 0,05$ ; \*\* =  $P < 0,01$ .

### 3.4 Perfil de ácidos graxos do leite

O fornecimento de óleo de soja resultou em alterações significativas no perfil de ácidos graxos do leite (Tabela 6). Observou-se redução linear nos ácidos graxos de cadeia curta (C8:0 a C10:0;  $P < 0,01$ ), média (C12:0 a C16:0;  $P < 0,01$ ), do isômero C18:2 *cis-9, trans-11* (ácido

rumênico;  $P < 0,01$ ), pertencente ao grupo dos CLAs, e ácidos graxos saturados totais ( $P < 0,01$ ). As concentrações de ácidos graxos de cadeia longa ( $\geq C18:0$ ), em especial, o C18:1 *trans-11* (ácido transvacênico), o C18:2 e o C18:2 *trans-10, cis-12*, responderam positivamente ( $P < 0,01$ ,  $P < 0,05$  e  $P < 0,01$ , respectivamente) aos teores de óleo da dieta, assim como, monoinsaturados ( $P < 0,01$ ), insaturados totais ( $P < 0,01$ ), poliinsaturados ( $P < 0,01$ ), *cis-9* totais ( $P < 0,01$ ), *trans* totais ( $P < 0,01$ ) e a relação entre insaturados e saturados ( $P < 0,01$ ) no leite.

**Tabela 6.** Perfil de ácidos graxos do leite de cabras alimentadas com dietas contendo óleo de soja

Item	Tratamentos				EPM	<i>P-value</i>	
	0	1,5	3,0	4,5		Linear	Quadrática
Ácidos graxos (g/100g de ácidos graxos)							
C8:0 (caprílico)	2,91	2,62	2,30	2,11	0,093	**	ns
C10:0 (cáprico)	11,15	9,16	7,51	6,35	0,396	**	ns
C12:0 (láurico)	5,24	3,97	3,17	2,66	0,212	**	ns
C14:0 (mirístico)	11,29	9,30	7,25	6,68	0,360	**	ns
C14:1 (miristoléico)	0,14	0,12	0,11	0,11	0,005	ns	ns
C15:0 (pentadecanóico)	0,85	0,63	0,51	0,48	0,037	**	ns
C16:0 (palmítico)	24,67	22,37	18,67	18,58	0,580	**	ns
C16:1 (palmitoleico)	0,24	0,43	0,66	0,81	0,061	**	ns
C18:0 (esteárico)	8,52	11,47	14,13	14,40	0,506	**	ns
C18:1 (oleico)	18,14	21,20	25,75	28,15	0,868	**	ns
C18:1 <i>trans-11</i> (transvacênico)	0,32	1,14	3,60	4,88	0,350	**	ns
C18:2 <i>cis-9, trans 11</i> (rumênico)	0,79	0,68	0,48	0,02	0,073	**	ns
C18:2 (linoleico)	12,17	13,80	14,07	14,96	0,441	*	ns
C18:2 <i>trans-10, cis-12</i>	nd	nd	0,13	0,17	0,016	**	ns

C18:3 (linolênico)	nd	0,03	0,75	1,22	0,143	**	ns
Outros	2,33	2,09	1,97	1,70	0,134	ns	ns
Cadeia curta (C8 - C10)	14,06	11,78	9,81	8,47	0,480	**	ns
Cadeia média (C12 - C16)	42,42	36,83	30,38	29,32	1,064	**	ns
Cadeia longa ( $\geq$ C18)	39,99	48,34	58,17	63,81	1,789	**	ns
Total saturados	64,63	59,53	53,55	51,26	1,139	**	ns
Total insaturados	31,84	37,41	44,80	50,34	1,438	**	ns
MUFA <sup>1</sup>	18,83	22,89	30,12	33,96	1,202	**	ns
PUFA <sup>2</sup>	13,00	14,52	14,69	16,38	0,448	**	ns
$\sum$ <i>cis</i> -9 <sup>3</sup>	31,48	36,26	41,07	45,28	1,139	**	ns
<i>Trans</i> total <sup>4</sup>	1,15	1,86	4,96	6,30	0,418	**	ns
Insaturado:saturado	0,49	0,63	0,85	0,99	0,041	**	ns
Índice de aterogenicidade <sup>5</sup>	2,31	1,72	1,19	1,04	0,104	**	ns

nd: não detectado; ns: não significativo ( $P > 0,05$ ); <sup>1</sup>Ácidos graxos monoinsaturados; <sup>2</sup>Ácidos graxos poliinsaturados;

<sup>3</sup>Somatório de C14:1, C16:2, C18:1 *cis*-9, C18:2 *cis*-9, *trans*-11, C18:2 e C18:3; <sup>4</sup>somatório de C18:1 *trans*-11, C18:2

*cis*-9, *trans*-11, C18:2 *trans*-10, *cis*-12 e C18:3; <sup>5</sup>IE = (C12:0 + (4 x C14:0) + C16:0) / soma dos AG insaturados; \*

$P < 0,05$ ; \*\*  $P < 0,01$ .

## 4 - Discussão

### 4.1 Ingestão

Os níveis de óleo de soja não influenciaram o consumo de matéria seca (CMS) e matéria orgânica (CMO). Como o CMS é influenciado por fatores como palatabilidade, digestão da fibra, taxa de passagem, fermentação ruminal, liberação de hormônios gastrointestinais e outros fatores inerentes à dieta, incluindo o comprimento e a forma dos ácidos graxos ingeridos (Allen,



2000), deduz-se que os níveis de óleo utilizados não promoveram alterações significativas que resultassem em mudanças em tais padrões, portanto, não promoveram alterações no CMS e CMO. O que é coerente com os resultados observados por Kholif et al. (2016) quando suplementaram cabras Anglo-Nubianas com 2 a 2,5% de óleos de soja e linhaça, não identificaram diferença para CMS. O presente trabalho utilizou níveis de inclusão entre 1,5 a 4,5%, na matéria seca. Em contrapartida, Almeida et al. (2013) trabalhando com níveis de óleo de soja (1 a 4%) na alimentação de cabras Saanem em lactação, observaram efeito linear decrescente no CMS, podendo esse resultado ter sido influenciado pela forma de fornecimento do óleo, uma vez que estes o forneceram isoladamente, imediatamente antes do fornecimento das porções da dieta.

Outro trabalho com resultados divergentes ao presente, foi realizado por de Araújo et al. (2018), que verificaram que a inclusão de 3% de óleo de soja na alimentação de vacas em lactação reduz o CMS. Apesar de indícios negativos no CMS em ruminantes quando suplementados com fontes de ácidos graxos insaturados, ainda não é claro o mecanismo exato envolvido na regulação do consumo. A elevação do CEE de forma linear foi decorrente as dietas possuírem níveis crescentes de óleo de soja.

Os consumos de fibra em detergente neutro (CFDN) e proteína bruta (CPB) não foram influenciados ( $P > 0,05$ ) pela inclusão do óleo de soja, como resultado da similaridade destas frações na dieta.

#### *4.2 Digestibilidade aparente dos nutrientes*

As dietas experimentais promoveram alterações na digestibilidade da matéria seca (DMS), onde a ração contendo 4,5% de óleo de soja apresentou a menor digestibilidade, enquanto que a ração com 1,5% de óleo proporcionou a maior digestibilidade desta fração. O tratamento com inclusão de 1,5% de óleo provavelmente propiciou melhor ambiente ruminal,

como observado por Mao et al. (2010), que verificaram melhoras nas condições ruminais com adição de até 3% de óleo de soja na alimentação de cordeiros, resultando no aumento da concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e eficiência da digestão ruminal dos nutrientes, o que pode ter acontecido no presente trabalho, especialmente por a dieta ter sido composta por 60% de concentrado. Algumas literaturas que avaliaram fontes lipídicas na alimentação de ruminantes, são conflitantes quanto à digestibilidade dos nutrientes da ração. Da mesma forma, Kholif et al. (2016) observaram redução na DMS ao suplementarem cabras lactantes Anglo-Nubianas com óleos de soja, linhaça e a associação entre eles (níveis de 2 a 2,5% da MS), sendo esta redução mais evidente no tratamento com óleo de soja, embora não tenham observado efeito ( $P > 0,05$ ) na DMO. Em experimento avaliando a suplementação de ovinos e caprinos com até 4% de óleo de linhaça, Candyrine et al. (2018) verificaram elevação na digestibilidade dos nutrientes, inclusive da MS. Apesar das concentrações dos óleos utilizados nos trabalhos citados serem semelhantes, a diferença no perfil de ácidos graxos das fontes pode ser um fator que influencie a digestibilidade da MS, já que, quanto maior a insaturação das fontes de ácidos graxos, maior a toxicidade para os microrganismos ruminais (Zhang et al., 2008).

Referendando o efeito da dieta sobre a DMS, verifica-se (Tabela 6) que o ácido graxo C15:0 no leite, oriundo da síntese microbiana (Vlaeminck et al., 2006), foi reduzido progressivamente pela inclusão do óleo. Portanto, as alterações nos padrões de fermentação ruminal, podem ter resultado nas diferenças da DMS.

Os tratamentos experimentais não influenciaram a digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) e da proteína bruta (DPB). A presença de alta concentração de FDN digestível na dieta, como no presente experimento, pode promover o rápido crescimento de bactérias celulolíticas (Bateman e Jenkins, 1998), sendo as características da fibra da dieta um fator determinante do impacto da suplementação lipídica sobre sua digestão (Rodrigues et al., 2017).

A associação entre silagem de milho e concentrado na relação 40:60, provavelmente não promoveu alterações no ambiente ruminal que infligisse alguma alteração nos padrões de digestibilidade destas frações.

#### *4.3 Produção e composição do leite*

Alguns atores (Brown-Crowder et al., 2001; Chilliard et al., 2003) observaram que a utilização de fontes lipídicas, como o óleo de soja, na alimentação de cabras leiteiras no início da lactação, proporciona ganhos produtivos. No entanto, no presente trabalho, a produção de leite foi reduzida progressivamente com o aumento de inclusão do óleo, embora não tenha apresentado alteração quando corrigida para 3,5% de gordura. Esse comportamento não comprometeu a eficiência produtiva (LCG/CMS), estando de acordo com os resultados obtidos por Eknaes et al. (2017), quando avaliaram o efeito do óleo de colza na alimentação de cabras em lactação e observaram redução na produção.

Dos componentes do leite, o mais afetado pela adição do óleo de soja foi a porcentagem de gordura, que apresentou comportamento linear crescente ( $P < 0,01$ ). Apesar desse aumento, a produção diária (g/dia), não apresentou diferença ( $P > 0,05$ ), por conta da compensação do volume de leite produzido. De acordo com Sanz Sampelayo et al. (2007), o aumento no teor de gordura do leite tem relação direta com o nível de sua inclusão na dieta, com a capacidade produtiva do animal e com o estágio de lactação em que se encontra. Estudos mostram que em vacas, a suplementação lipídica resulta em decréscimo no teor e produção da gordura do leite (Shroeder et al., 2004; Antonacci et al., 2017), o que não foi observado no presente trabalho. A utilização de óleos vegetais ou de peixe na alimentação de ruminantes está relacionado com uma situação nutricional que desencadeia a depressão da gordura no leite (DGL), como resultado da formação de ácidos graxos bioativos específicos no rúmen que são absorvidos e inibem a síntese intramamária de gordura (Bauman et al., 2011; Harvatine et al., 2014). No

entanto, Chilliard et al. (2014), salientam que caprinos são menos passíveis a tal situação. Os autores relatam ainda que a diferença da resposta entre as espécies de ruminantes à suplementação lipídica é devido ao menor deslocamento ruminal da via *trans-11* para *trans-10* em caprinos, combinado com a menor sensibilidade da lipogênese mamária ao efeito inibidor de isômeros de ácidos graxos com configuração *trans-10*. Os presentes resultados reforçam a menor susceptibilidade desses animais a dietas promotoras da síndrome de DGL, o que ratificam os resultados observados por Eknaes et al. (2017) quando suplementaram cabras em lactação com 8% de óleo de colza, e Almeida et al. (2019) que ao incluírem diferentes fontes de ácidos graxos insaturados nas dietas (2% de óleo de soja, linhaça ou de peixe), não verificaram redução nos teores de gordura do leite. Porém, trabalhando com suplementação lipídica entre 1 a 4% (da MS) de inclusão de óleo de soja para cabras em lactação, Almeida et al. (2013) observaram o quadro de DGL. Segundo os autores, tal êxito pode ter ocorrido pelo fato de o óleo ter sido fornecido em doses orais imediatamente antes do fornecimento da ração, facilitando a atividade da microbiota ruminal sobre os ácidos graxos do óleo.

A suplementação de óleo de soja promoveu alteração na concentração de lactose no leite, resultando em elevação no teor diário. No entanto, a produção diária de lactose apresentou tendência a reduzir pela adição de óleo às dietas ( $P < 0,1$ ). Alguns autores (Queiroga et al., 2007; Bernard et al., 2009; Eknaes et al., 2017) sugerem que a lactose é o componente químico do leite mais estável, porém variações em sua concentração são decorrentes do nível de ingestão de concentrado, onde maiores ingestões promovem aumento na concentração, além da utilização de óleos vegetais, que resulta na elevação da proporção molar de propionato e, conseqüentemente, de glicose (Kholif et al., 2016), precursor da lactose, similar aos resultados obtidos no presente trabalho.

A concentração de sólidos totais foi concomitantemente elevada pela inclusão do óleo às dietas, como consequência do aumento numérico nos teores de gordura e lactose. Similarmente,

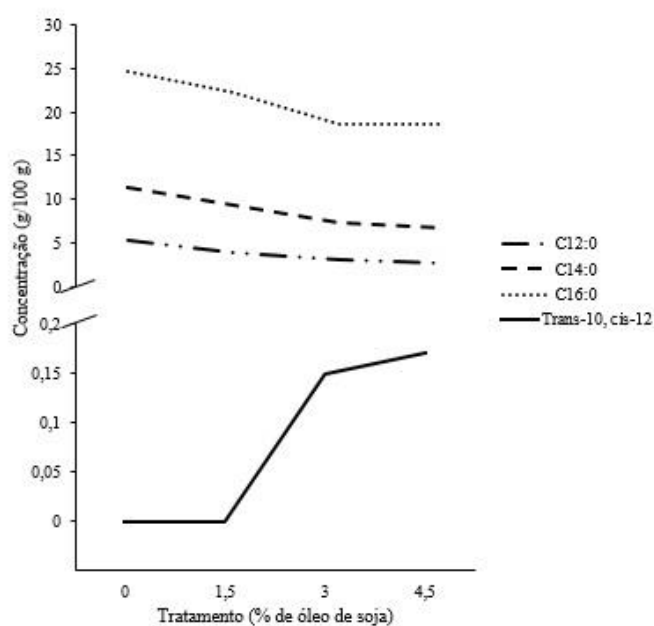
os teores de sólidos não gordurosos (SNG) foram elevados pela ingestão do óleo, como consequência do aumento nos teores de lactose (Tabela 5). Similarmente, Kholif et al. (2016), quando suplementaram cabras Anglo-nubianas com óleos de soja e linhaça, verificaram elevação dos teores de sólidos totais em consequência do aumento nos teores de gordura e lactose. No presente trabalho, a inclusão do óleo de soja à dieta foi favorável à elevação dos principais constituintes do leite (gordura, lactose, sólidos totais e sólidos não gordurosos).

#### *4.4 Perfil de ácidos graxos do leite*

A inclusão de óleo favoreceu a redução de ácidos graxos de cadeia curta (C8:0 a C10:0) no leite, resultado da inibição da síntese mamária, considerando que todos os ácidos graxos de cadeia curta presentes no leite são oriundos da síntese no tecido mamário (Annison, 1983). A considerável redução na concentração desses ácidos graxos (superior a 66%), principalmente o C8:0 (ácido caprílico) e o C10:0 (ácido cáprico) é de interesse, tendo em conta o odor e sabor que os mesmos, quando na forma livre, conferem ao leite, sendo um fator parcialmente responsável pela comercialização dos manufaturados (Buseti, 2006). Tal inibição decorre principalmente da introdução de óleos vegetais e de peixes às dietas dos animais (Bernard et al., 2016; Antonacci et al., 2018).

A introdução do óleo também propiciou a redução de cerca de 32,5% na concentração dos ácidos graxos aterogênicos totais (C12:0, C14:0 e C16:0), conforme pode ser visto na Figura 1, promovendo um leite mais saudável, onde a concentração do C14:0 (mirístico), ácido graxo que apresenta maior aterogenicidade (Ulbricht e Southgate, 1991), foi reduzida em mais de 40%. O consumo em excesso de C12:0, C14:0 e C16:0 resulta em aumento da concentração de colesterol plasmático e colesterol associado a lipoproteínas de baixa densidade (LDL), cujas concentrações elevadas estão associadas à maior predisposição a doenças cardiovasculares. (Chardigny et al., 2008; Wales et al., 2009). A redução desses ácidos graxos, após a ingestão

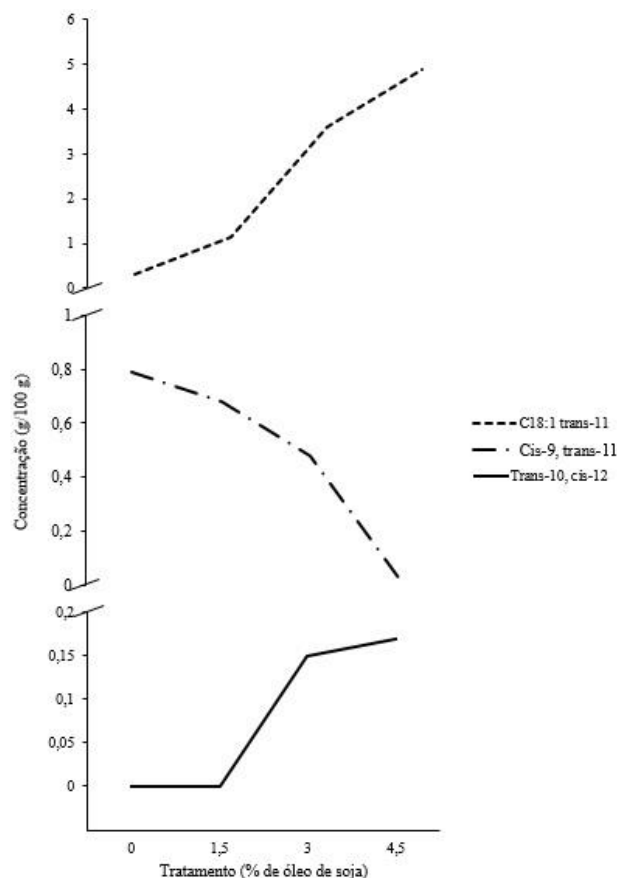
de óleo pelos ruminantes, está relacionada com o aumento de isômeros *trans-10* resultantes da biohidrogenação ruminal, que inibem enzimas que atuam na lipogênese mamária, como a Acetil-CoA carboxilase (Gagliostro et al., 2018), além do maior influxo de ácidos graxos insaturados de cadeia longa para a glândula mamária (Lake et al., 2007). Os efeitos positivos da suplementação lipídica sobre a redução de ácidos graxos aterogênicos do leite já são conhecidos pela literatura, como foi relatado por Kholif et al. (2018), quando suplementaram cabras em lactação com óleo de linhaça e verificaram redução considerável na concentração de C12:0, C14:0 e C16:0, reforçando as consequências negativas desses ácidos e o potencial dos óleos vegetais em alterar suas concentrações no leite.



**Figura 1.** Relação entre C18:2 *trans-10, cis-12* e a concentração de ácidos graxos de cadeia média no leite de cabras suplementadas com níveis de óleo de soja.

A concentração de ácidos graxos de cadeia longa ( $\geq$ C18) aumentou no leite com a inclusão de óleo de soja na dieta, devido ao maior suprimento para a glândula mamária de ácidos graxos C18 (C18:1, C18:2 e C18:3), e de seus isômeros oriundos da atividade microbiana (C18:0, C18:1 *trans-11*, C18:2 *cis-9, trans-11* e C18:2 *trans-10, cis-12*).

A concentração de C18:1 *trans-11* (ácido vacênico) foi elevada progressivamente pela inclusão do óleo. Esse comportamento foi resultante, possivelmente, da biohidrogenação incompleta dos ácidos graxos propiciados pelo óleo de soja, linoleico e linolênico, e da inibição da sua conversão no tecido mamário a C18:2 *cis-9, trans-11* pela  $\Delta 9$  desaturase, uma vez que está é inibida pelo C18:2 *trans-10, cis-12*, o que é referendado pela redução na concentração do C18:2 *cis-9, trans-11* presente no leite, conforme pode ser visto na Figura 2. A elevação de C18:1 *trans-11* no leite é de interesse, pois, a partir dele, o organismo humano pode sintetizar o C18:2 *cis-9, trans-11*, isômero do CLA que apresenta atividade anticarcinogênica (Bhattacharya et al., 2006; Bruen et al., 2016).



**Figura 2.** Relação entre C18:2 *trans-10, cis-12* e a concentração de C18:1, *trans-11* e C18:2 *cis-9, trans-11* no leite de cabras suplementadas com níveis de óleo de soja.

A concentração do isômero C18:2 *cis-9, trans-11* foi reduzida progressivamente pela elevação das doses de óleo de soja como resultado da inibição da enzima  $\Delta 9$  desaturase por ácidos graxos com configuração *trans-10* (Luna et al., 2008; Bernard et al., 2011), o que é ratificado no presente trabalho pela elevação da concentração do C18:2 *trans-10, cis-12*. De forma inversa, o isômero C18:2 *trans-10, cis-12*, respondeu positivamente aos tratamentos com 3 e 4,5% de óleo. Esse aumento é resultado da isomerização, e também, da biohidrogenação ruminal incompleta de parte do ácido linoleico e linolênico presentes no óleo de soja (Harfoot e Hazlewood, 1997; Corl et al., 2001), considerando que este isômero é sintetizado exclusivamente no rúmen, não sendo sintetizado no organismo do animal. O aumento desse isômero no leite é de interesse, considerando seus benefícios à saúde humana, especialmente por sua atividade antilipogênica (Reynolds e Roche, 2010), atribuindo ao leite características nutracêuticas. Apesar do isômero C18:2 *trans-10, cis-12* ser um inibidor da enzima  $\Delta 9$  desaturase, no presente trabalho, esse efeito foi observado apenas no isômero C18:2 *cis-9, trans-11*, tendo em conta que houve elevação concomitante entre o total de ácidos graxos *cis-9* e a elevação dos níveis de inclusão do óleo, sendo consequência, possivelmente, do maior aporte de ácidos graxos *cis-9* prontos à glândula mamária, propiciado pelas doses de óleo, o que tenha compensado a redução da síntese intramamária, via  $\Delta 9$  desaturase.

A concentração total de ácidos graxos saturados no leite também foi reduzida progressivamente ( $P < 0,01$ ) pela inclusão do óleo de soja. A utilização de óleos rico em PUFA na alimentação de ruminantes inibe a síntese *de novo* de ácidos graxos do leite e compete pela esterificação desses ácidos graxos, reduzindo o teor total de ácidos graxos saturados (Kholif et al., 2018).

O total de ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) no leite aumentou concomitantemente ( $P < 0,01$ ) com a inclusão do óleo de soja, em decorrência da elevação na concentração de C16:1 e C18:1, assim como, da concentração de poliinsaturados (PUFA), por elevação da



concentração do C18:2, C18:2 *trans-10*, *cis-12* e do C18:3. A elevação na concentração de C16:1 e C18:1 é resultado da maior disponibilização desses ácidos graxos ao tecido mamário pelos tratamentos, uma vez que o óleo de soja apresenta consideráveis concentrações dos mesmos.

Houve elevação progressiva ( $P < 0,01$ ) na concentração de *trans* totais pela elevação da ingestão de óleo, devido à maior quantidade de ácidos graxos passíveis de isomerização a nível de rúmen, e como consequência, elevação na concentração de C18:1 *trans-11* e C18:2 *trans-10*, *cis-12* no leite, originados no processo.

A relação insaturado: saturado elevou-se linearmente pela inclusão das doses de óleo de soja ( $P < 0,01$ ), devido à redução na concentração de C8:0, C10:0, C12:0, C14:0, C15:0 e C16:0, e, em adição, aumento de C16:1, C18:1, C18:2 e seus isômeros.

De maneira geral, os níveis de óleo de soja resultaram em alterações desejáveis no perfil de ácidos graxos do leite, favorecendo a redução de ácidos graxos indesejáveis, como o láurico (C12:0), mirístico (C14:0) e o palmítico (C16:0), que estão relacionados com a maior propensão a doenças cardiovasculares.

Promoveu também o aumento de ácidos graxos de interesse, como o C18:1 *cis-9*, que proporciona a redução do nível de lipoproteína de baixa densidade (LDL), enquanto aumenta os níveis de lipoproteína de alta densidade (HDL), além de combater o câncer de mama e aliviar sintomas de asma (Peri, 2014), o C18:2 *trans-10*, *cis-12*, que apresenta características antiobesidade e C18:1 *trans-11*, precursor do C18:2 *cis-9*, *trans-11*, anticarcinogênico.

## 5 – Conclusão

A suplementação com óleo de soja em até 4,5% da MS da alimentação de cabras em lactação, reduz a concentração de ácidos graxos responsáveis pelo gosto e odor característicos

do leite (C8:0 e C10:0), sendo fator determinante para a comercialização dos derivados. Reduz a concentração de ácidos graxos saturados e que apresentam propriedades aterogênicas (C12:0, C14:0 e C16:0), como também, eleva a concentração do fator antiobesidade (C18:2 *trans*-10, *cis*-12) e do ácido vacênico (C18:1 *trans*-11), precursor do ácido rumênico (C18:2 *cis*-9, *trans*-11), que apresenta propriedades anticancerígenas, sem alterar o teor de gordura, reforçando a resistência de caprinos à síndrome de baixa gordura do leite, quando suplementados com óleo de soja, e promovendo um leite com melhor qualidade nutricional.

## 6 - Referências

- Allen, M.S., 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 83, 1598–1624.
- Almeida, O.C., Ferraz Junior, M.V.C., Susin, I., Gentil, R.S., Polizel, D.M., Ferreira, E.M., Barroso, J.P.R., Pires, A.V., 2019. Plasma and milk fatty acid profiles in goats fed diets supplemented with oils from soybean, linseed or fish. *Small Rumin. Res.* 170, 125-130.
- Almeida, O.C., Pires, A.V., Susin, I., Gentil, R.S., Mendes, C.Q., Queiroz, M.A.A., Queiroz, E.M., Ferreira, E.M., Eastridge, M.L., 2013. Milk fatty acids profile and arterial blood milk fat precursors concentration of dairy goats fed increasing doses of soybean oil. *Small Rumin. Res.* 114, 152-160.
- Annison, E.F., 1983. Metabolite utilization by the ruminant mammary gland. In: Mephan, T.B. *Biochemistry of lactation.* 13, 399-436.
- Antonacci, L.E., Bussetti, M., Rodriguez, M.A., Cano, A.V., Gagliostro, G.A., 2018. Effect of Diet Supplementation with Combinations of Soybean and Linseed Oils on Milk Production and Fatty Acid Profile in Lactating Dairy Ewes. *Agricultural Sciences.* 9, 200-220.
- Antonacci, L.E., Gagliostro, G.A., Cano, A.V., Bernal, C.A., 2017. Effects os Feeding Combinations of Soybean and Linseed Oils on Productive Performance and Milk Fatty Acid Profile in Grazing Dairy Cows. *Agricultural Sciences.* 8, 984-1002.
- AOAC, 1990. *Official Methods of Analysis*, vol. I., 14 th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Bateman, H.G., Jenkins, T.C., 1998. Influence of soybean oil in high fiber diets fed to nonlactating cows on ruminal unsaturated fatty acids and nutriente digestibility. *J. Dairy Sci.* 81, 2451-2458.

- Bauman, D.E., Harvatine, K.J., Lock, L., 2011. Nutrigenomics, Rumen-Derived Bioactive Fatty Acids, and the Regulation of Milk Fat Synthesis. *An. Rev. Nutr.* 31, 299–319.
- Bernard, L., Leroux, C., Rouel, J., Bonnet, M., Chilliard, Y., 2011. Effect of the level and type of starchy concentrate on tissue lipid metabolism, gene expression, and milk fatty acid secretion in Alpine goats receiving a diet rich in sunflower-seed oil. *British Journal of Nutrition.* 107, 1147-1159.
- Bernard, L., Rouel, J., Leroux, C., Ferlay, A., Faulconnier, Y., Legrand, P., Chilliard, Y., 2005. Mammary lipids metabolism and milk fatty acid secretion in alpine goats fed vegetable lipids. *J. Dairy Sci.* 88, 1478-1489.
- Bernard, L., Shingfield, K.J., Rouel, J., Ferlay, A., Chilliard, Y., 2009. Effect of plant oils in the diet on performance and milk fatty acid composition in goats fed diets based on grass hay or maize silage. *Br. J. Nutr.* 101, 213–224.
- Bhattacharya, A., Banu, J., Rahman, M., Causey, J., Fernandes, G., 2006. Biological effects of conjugated linoleic acids in health and disease. *J. Nutri. Biochem.* 17, 789-810.
- Brown-Crowder, I.E., Hart, S.P., Cameron, M., Sahlu, T., Goetsch, A.L., 2001. Effects of dietary tallow level on performance of Alpine does in early lactation. *Small Rumin. Res.* 39, 233–241.
- Bruen, R., Fitzsimons, S., Belton, O., 2016. Atheroprotective effects of conjugated linoleic acid. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 83, 46-53.
- Buseti, M., 2006. The Quality of Sheep's Milk. *Boletín de Divulgación Técnica.* 90, 206-214.

- Candyrine, S.C.L., Jahromi, M.F., Ebrahimi, M., Chen, W.L., Rezaei, S., Goh, Y.M., Abdullah, N., Liang, J.B., 2018. Oil supplementation improved growth and diet digestibility in goat and sheep fed fattening diet. *Asian-Australas J. Anim. Sci.* 1-8.
- Chardigny, J., Destailats, F., Malpuech-brugère, C., Moulin J., Bauman, D.E., Lock, A.L., Barbano, D.M., Mensink, R.P., Bezelgues, J., Chaumont, P., Combe, N., Cristiani, I., 2008. Do trans fatty acids from industrially proced sources and from natural sources have the same effect on cardiovascular disease risk factors in healthy subjects? Results of the trans Fatty Acid Collaboration (TRANSFACT) study 1 – 4 558-566.
- Chilliard, Y., Ferlay, A., Rouel, J., Lamberet, G., 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. *J. Dairy Sci.* 86, 1751–1770.
- Chilliard, Y., Toral, P.G., Shingfield, K.J., Rouel, J., Leroux, C., Bernard, L., 2014. Effects of diet and physiological factors on milk fat synthesis, milk fat composition and lipolysis in the goat: A short review. *Small Rumin. Res.* 122, 31–37.
- Corl, B.A.B.A., Baumgard, L.H.L.H., Dwyer, D.A.D.A., Griinari, J.M., Phillips, B.S.B.S.B.S., Bauman, D.E.D.E., 2001. The role of  $\Delta 9$ -desaturase in the production of cis-9, trans-11 CLA. *J. Nutr. Biochem.* 12, 622-630.
- De Araújo, C.E., Gandra, J.R., Barletta, R.V., Mingoti, R.D., Bettero, R.V., De Jesus, E.F., Del Valle, T.A., Ghizzi, L.G., Silva, J.R., Rennó, F.P., 2018. Dietary calcium salts of fatty acids and soybean oil effects on mid-lactation dairy cows performance. *Arch. Zootec.* 67, 119-125.
- Eknaes, M., Chilliard, Y., Hove, K., Inglingstad, R.A., Bernard, L., Volden, H., 2017. Feeding of palm oil fatty acids or rapessed oil throughout lactation: Effects on energy status, body composition, and milk production in Norwegian dairy goats. *J. Dairy Sci.* 100, 7588-7601.

- FASS,1998. Guide for the care and use of agricultural animals in agricultural research and teaching. In: Consortium for Developing a Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Agricultural Research and Teaching. Fed. Anim. Sci. Soc., Savoy, IL.
- Folch, J., Lees, M., Stanley, G.H.S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226,497–509.
- Gagliostro, G.A., Antonacci, L.E., Pérez, C.D., Rossetti, L., Carabajal, A., 2018. Improving the Quality of Milk Fatty Acid in Dairy Cows Supplemented with Soybean Oil and DHA-Micro Algae in a Confined Production System. *Agricultural Sciences.* 9, 1115-1130.
- Harfoot, C.G., Hazlewood, G.P., 1997. Lipid metabolism in the rumen, in: P.N, H., Stewart, C.S. (Eds.), *The Rumen Microbial Ecosystem.* Springer Netherlands, Netherlands, pp. 382–426.
- Harvatine, K.J., Boisclair, Y.R., Bauman, D.E., 2014. Liver x receptors stimulate lipogenesis in bovine mammary epithelial cell culture but do not appear to be involved in diet-induced milk fat depression in cows. *Physiol. Rep.* 2, e00266.
- Hu, S.J., Park, G.B., Joo, S.T., 2007. Biological activities of conjugated linoleic acid (CLA) and effects of CLA on animal products. *Livestock Science.* 110, 221-229.
- Kholif, A.E., Morsy, T.A., Abdo, M.M., 2018. Crushed flaxseed versus flaxseed oil in the diets of Nubian goats: Effect on feed intake, digestion, ruminal fermentation, blood chemistry, milk production, milk composition and milk fatty acid profile. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 244, 66-75.
- Kholif, A.E., Morsy, T.A., Abd El Tawab, A.M., Anele, U.Y., Galyean, M.L., 2016. Effect of Supplementing Diets of Lactating Anglo-Nubian Goats with Soybean and Flaxseed Oils on Lactational Performance. *J. Agric. Food Chem.* 31, 6163-6170.

- Kramer, J.K.G., Fellner, V., Dugan, M.E.R., Sauer, F.D., Mossoba, M.M., Yurawecz, M.P., 1997. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. *Lipids*. 32,1219–1228.
- Lake, S.L., Weston, T.R., Scholljegerdes, E.J., Murrieta, C.M., Alexander, B.M., Rule, D.C., Moss, G.E., Hess, B.W., 2007. Effects of postpartum dietary fat on body condition score at parturition on plasma, adipose tissue, and milk fatty acid composition of lactating beef cows. *J. anim. Sci.* 2007, 717-730.
- Luna, P., Bach, A., Juarez, M., De La Fuente, M.A., 2008. Effect of a diet enriched in whole linseed and sunflower oil on goat milk fatty acid composition and conjugated linoleic acid isomer profile. *J. Dairy Sci.* 91, 20–28
- Mao, H.L., Wang, J.K., Zhou, Y.Y., Liu, J.X., 2010. Effects of addition of tea saponins and soybean oil on methane production, fermentation and microbial population in the rumen of growing lambs. *Livestock Sci.* 129, 56-62.
- Peri, C. (Ed.). 2014. *The extra-virgin olive oil handbook*. John Wiley & Sons.
- Queiroga, R.C.R.E., Costa, R.G., Biscontini, T.M.B., Medeiros, A.N., Madruga, M.S., Schuler, A.R.P., 2007. Influência do manejo do rebanho, das condições higiênicas da ordenha e da fase da lactação na composição química do leite de cabras Saanen. *R. Bras. Zootec*, 36, 430-437.
- Reynolds, C.M., Roche, H.M., 2010. Conjugated linoleic acid and inflammatory cell signalling, Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids. 82, 199-204.
- Rodrigues, J.P.P., De Paula, R.M., Rennó, L.N., Fontes, M.M.S., Machado, A.F., Valadares Filho, S.C., Huhtanen, P., Marcondes, M.I., 2017. Short-term effects of soybean oil

supplementation on performance, digestion, and metabolim in dairy cows fed sugarcane-based diets. *J. Dairy Sci.* 100, 4435-4447.

Sanz Sampelayo, M.R., Chilliard, Y., Schmidely, P., Boza, J., 2007. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk. *Small Rumin. Res.* 68, 42–63.

SAS Institute, 2003. SAS®User's Guide: Statistics. Version 9.1. SAS Inst.Inc., Cary, NC.

Schoroeder, G.F., Gagliostro, G.A., Bargo, F., Delahoy, J.E., Muller, L.D., 2004. Effects of Fat Supplementation on Milk Production and Composition by Dairy Cows on Pasture: A Review. *Liv. Prod. Sci.* 86, 1-18.

Sklan, D., Ashkenazi, R., Braun, A., Devorin, A., Tabor, K., 1992. Fatty acids,calcium soap fatty acids, and cottonseed fed to high yielding cows. *J. Dairy Sci.* 75, 2463–2472.

Ulbritch, T.L., Southgate, D.A.T., 1991. Coronary Heart Disease: Seven Dietary Factors. *Lancet.* 338, 985-992.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., 1985. Analysis of forages and fibrous foods. Ithaca, New York.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber,neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation toanimal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583–3597.

Vlaeminck, B., Fievez, V., Cabrita, A.R.J., Fonseca, A.J.M., Dewhurst, R.J., 2006. Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: A review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131, 389-417.

Wales, W.J., Kolver, E.S., Egan, A.R., Roche, R., 2009. Effects of strain of Holstein-Friesian and concentrate supplementation on the fatty acid composition of milk fato f dairy cows grazing pasture in early lactation. *J. Dairy Sci.* 92, 247-255.



Zhang, C.M., Guo, Y.Q., Yuan, Z.P., Wu, Y.M., Wang, J.K., Liu, J.X., Zhu, W.Y., 2008. Effect of octadeca carbon fatty acids on microbial fermentation, methanogenesis and microbial flora in vitro. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 146, 259-69.