

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PALMA FORRAGEIRA E GÉRMEN INTEGRAL EXTRAGORDO DE  
MILHO EM DIETAS PARA CABRAS EM LACTAÇÃO: PERFIL DE  
ÁCIDOS GRAXOS.**

AGNI MARTINS NUNES CORRÊA

**RECIFE- PE**

**2022**

AGNI MARTINS NUNES CORRÊA

**PALMA FORRAGEIRA E GÉRMEN INTEGRAL EXTRAGORDO DE  
MILHO EM DIETAS PARA CABRAS EM LACTAÇÃO: PERFIL DE  
ÁCIDOS GRAXOS.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira

Coorientadores: Dr. Marco Antônio Sundfeld da Gama

Profa. Dr. Andreia Fernandes de Souza

Profa. Dr. Luciana Felizardo Pereira Soares

**RECIFE- PE**

**2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- C824p      Corrêa, Agni Martins Nunes  
                Palma forrageira e gérmen integral extragordo de milho em dietas para cabras em lactação: perfil de ácidos graxos. /Agni Martins Nunes Corrêa. - 2022.  
                37 f.
- Orientador: Marcelo de Andrade .  
                Coorientador: Marco Antonio  
                Sundfeld da Gama.Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,Recife, 2022.
1. Anticarcinogênico. 2. Biohidrogenação. 3. Caprinocultura. 4. Lipídeos. 5. Semiárido. I. , Marcelo de Andrade,orient. II. Gama, Marco Antonio Sundfeld da, coorient. III. Título



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**PALMA FORRAGEIRA E GÉRMEN INTEGRAL EXTRAGORDO DE  
MILHO EM DIETAS PARA CABRAS EM LACTAÇÃO: PERFIL DE  
ÁCIDOS GRAXOS.**

Dissertação elaborada por  
AGNI MARTINS NUNES CORRÊA

Aprovado em 25/02/2022

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

---

Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

---

Profa. Dra. Carolina Corrêa de Figueiredo Monteiro  
Universidade Estadual de Alagoas- UEAL

**RECIFE-PE**  
**2022**

*Dedico este trabalho a minha avó, aos meus pais, a minha namorada, aos meus doces amigos e a todos os sertanejos nordestinos, que ensinam a ter esperança e fé, aguardando o nascer das flores do mandacaru.*

## Agradecimentos

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada. À minha avó, minha mãe, meu pai, meu tio e minha namorada que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida.

Ao meu orientador, Professor Dr. Marcelo de Andrade Ferreira pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão desta dissertação, sempre humano e que me ensinou a sempre trabalhar com empenho e honestidade para construção de um mundo melhor. Eu posso dizer que a minha formação, inclusive pessoal, não teria sido a mesma sem a sua pessoa, muito obrigado por tudo, por tudo que o senhor fez por mim e por ter escolhido essa profissão. Tenha a certeza que o senhor mudou minha vida em vários âmbitos. Quando eu crescer quero ser igual ao senhor.

As minhas mães científicas, Professora Dra. Luciana Felizardo que sempre me apoiou e forneceu o alicerce necessário para tudo o qual eu precisei, sendo minha primeira inspiração para seguir carreira acadêmica, como disse anteriormente a senhora, o nome é seu mas eu sou o verdadeiro Felizardo em poder tê-la como orientadora, minha doce primeira orientadora, e a Professora Dra. Andreia por todo empenho e profissionalismo a sempre nos ajudar quando precisamos, mesmo em momentos turvos de pandemia sempre veio nos salvar, no dia, na noite, no sol e na chuva. Sempre serei eternamente grato as senhoras professoras!!

Ao Professor Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho, que me deu a grande oportunidade de entrar no mundo da pesquisa científica e por sempre ter me acompanhado e fornecido tanta ajuda nessa jornada. Sempre presente, desempenhando sua profissão com tamanha maestria e alegria, se não fosse o senhor, indubitavelmente eu não estaria onde estou hoje.

Ao Professor dr. Marco Gama, por ter acreditado nas propostas do nosso grupo de pesquisa e ter nos dado todo suporte necessário para a realização desta nossa pesquisa e de tantas outras do nosso grupo. Agradeço por nos ter apresentado esse fascinante mundo dos ácidos graxos, no qual o senhor fala sempre com tanta paixão e devoção.

A todos os professores do curso e que passaram pela minha vida, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e no desenvolvimento desta dissertação. Foram eles que

me deram recursos e ferramentas para evoluir um pouco mais todos os dias, há um pedaço de cada um dentre as palavras deste trabalho.

Aos meus amigos Elizabeth e Victor que dividiram tantos momentos de alegria e sofrimento durante o experimento. O que sobressaem nas lembranças são as nossas várias risadas e momentos de mutualismo onde um sempre deu alicerce aos outros. Agradeço também por Victor ter nos ensinado um pouco, muito pouco, de sua belíssima língua nativa. Obrigado amigos.

Ao pessoal da Firma por toda ajuda durante o nosso experimento e pela eterna disponibilidade em ajudar os outros. Além disso, pelos momentos de trabalho que dividimos sempre com companheirismo, bem como as comemorações sempre divertidas e emocionantes.

A Joelson por todo o suporte que me deu para realização do experimento e desta dissertação, compartilhando sua experiência e aprendizado de uma forma essencialmente altruísta.

A senhor Pedro, senhor Edson, senhora Sirlene, Rafaela, Senhor Cícero, Esteliano, Dona Cristina, e aos demais trabalhadores da UFRPE, pela sua imensurável ajuda. Graças a vocês é possível a realização de todos os nossos trabalhos.

Aos meus nobres amigos, Rodrigo, Gabriela, Ana Gabriela, Thaís, Marina, Fabio da barca, Caio, Salmo, Luiz, Camila e Eric que sempre compartilharam a dualidade de momentos eufóricos e angustiantes comigo. Minha mãe sempre disse que ninguém tem amigos durante a vida, apenas colegas, ledo engano, pois vocês são inclusive mais que amigos, já nos tornamos irmãos. Amo vocês.

A todos os outros amigos que fiz graças a esta profissão e que tanto me ajudaram e que me deram forças para continuar seguindo.

A Universidade, quero deixar uma palavra de gratidão por ter me recebido de braços abertos e com todas as condições que me proporcionaram dias de aprendizagem muito ricos.

Saibam que uma página é muito pouco para expressar a minha gratidão que tenho por vocês.

*A vida é como um lápis que certamente se  
esgotará, mas deixará a bela escrita da vida.*

*Eiichiro Oda*

## **PALMA FORRAGEIRA E GÉRMEN INTEGRAL EXTRAGORDO DE MILHO EM DIETAS PARA CABRAS EM LACTAÇÃO: PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS.**

Uma pesquisa recente constatou que a palma forrageira (*Opuntia stricta* [Haw], Haw) possui uma característica única de reduzir os teores de C18:0 do leite de vacas alimentadas com palma forrageira associada à óleo vegetal. Objetivou-se no presente estudo avaliar os efeitos da substituição parcial do capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) pela palma forrageira e total do milho moído pelo germen integral extragordo de milho (GINEX) no perfil de ácidos graxos da gordura do leite de cabras. O experimento foi realizado no setor de Caprinovinocultura do Departamento de Zootecnia (DZ), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), na cidade de Recife. Foram utilizadas 12 cabras da raça Saanen em lactação, múltíparas, com peso corporal médio de  $54 \pm 5,0$  kg, produção inicial de 2,1 kg de leite/dia e período de lactação médio de  $45 \pm 7$  dias. Os animais foram distribuídos em três quadrados latinos 4 x 4 simultâneos de acordo com a produção de leite e atribuídos a quatro tratamentos em arranjo fatorial 2 x 2, correspondente à duas fontes de energia (milho ou GINEX) e a presença ou não de palma forrageira orelha de elefante mexicana (POEM). Os dados foram analisados utilizando o procedimento PROC MIXED do SAS. Houve aumento ( $P = 0,03$ ) nos teores de gordura do leite com a utilização do GINEX como fonte de energia. A associação de palma e GINEX proporcionou expressivo aumento ( $P < 0,001$ ) na concentração CLA *cis*-9, *trans*-11 (1,96 g/100 g) e C18:1 *trans*-11 (1,96 g/100 g) na gordura do leite de cabras. Paralelamente, a utilização de palma diminuiu os teores de C18:0. Quando a palma foi associada ao GINEX, houve redução do C16:0 (20,37 g/100 g). Recomenda-se a utilização de dietas contendo palma forrageira GINEX por aumentar as propriedades nutracêuticas do leite de cabras.

**Palavras-chave:** anticarcinogênico, biohidrogenação, caprinocultura, lipídeos, semiárido.

## **PALM AND WHOLE GERM EXTRA-FAT CORN IN DIETS FOR LACTATING GOATS: FATTY ACIDS PROFILE.**

Recent research has found that forage cactus (*Opuntia stricta* [Haw], Haw) has a unique characteristic of reducing the C18:0 levels of milk from cows fed cactus associated with vegetable oil. The objective of the present study was to evaluate the effects of partial replacement of elephant grass (*Pennisetum purpureum*, Schum) by forage cactus and total corn ground with extra-fat whole corn germ (GINEX) on the fatty acid profile of goat milk fat. The experiment was carried out in the goat farming sector of the Animal Science Department (DZ), at the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE), in the city of Recife. Twelve lactating Saanen goats, multiparous, with average body weight of  $54 \pm 5.0$  kg, initial production of 2.1 kg of milk/day and average lactation period of  $45 \pm 7$  days were used. The animals were distributed in three simultaneous 4 x 4 Latin squares according to milk production and assigned to four treatments in a 2 x 2 factorial arrangement, corresponding to two energy sources (corn or GINEX) and the presence or not of forage cactus Mexican Elephant Ear (FCMEE). Data were analyzed using the SAS PROC MIXED procedure. There was an increase ( $P = 0.03$ ) in milk fat contents with the use of GINEX as an energy source. The association of palm and GINEX provided a significant increase ( $P < 0.001$ ) in the CLA concentration *cis*-9, *trans*-11 (1.96 g/100 g) and C18:1 *trans*-11 (1.96 g/100 g) in the goat milk fat. In parallel, the use of cactus reduced the levels of C18:0. When palm was associated with GINEX, there was a reduction in C16:0 (20.37 g/100 g). The use of diets containing GINEX forage cactus is recommended as it increases the nutraceutical properties of goat milk.

**Keywords:** anticarcinogenic, biohydrogenation, goat farming, lipids, semiarid.

## Lista de tabelas

<b>Tabela 1.</b> Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais com base na matéria seca.....	<b>22</b>
<b>Tabela 2.</b> Composição de nutrientes (g/kg MS) dos ingredientes fornecidos para cabras em lactação durante o período experimental .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>Tabela 3.</b> Composição de ácidos graxos do leite (g/100 g de AG total) de Cabras alimentadas com as dietas experimentais .....	<b>27</b>
<b>Tabela 4.</b> Ácidos graxos C18 (g/100 g de AG total) de cabras alimentadas com as dietas experimentais .....	<b>28</b>
<b>Tabela 5.</b> Proporções (g/100g de AG total) dos grupos de ácidos graxos principais (AG), razões entre AGs e índices de estearoil-CoA dessaturase-1 (SCD1) na gordura do leite de cabras alimentadas com as dietas experimentais .....	<b>29</b>

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. REVISÃO DE LIERATURA.....	15
2.1 Caprinocultura leiteira .....	15
2.2 Palma Forrageira .....	16
2.3 Perfil de ácidos graxos do leite.....	18
2.4 Gérmen Integral extragordo de milho.....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1 Local do experimento. ....	20
3.2 Animais, desenho experimental e tratamentos.....	21
3.3 Consumo de nutrientes. ....	23
3.4 Colheita de amostras e análises do leite.....	24
3.5 Análise estatística .....	25
4. RESULTADOS E DISCUSÃO.....	26
5. CONCLUSÃO .....	34
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos 20 anos, os produtos oriundos de ruminantes sofreram várias mudanças, que foram relacionadas a saúde pública dos consumidores. Por este motivo, foram inseridas novas demandas pelo mercado moderno, que busca cada vez mais, produtos saudáveis (ALMEIDA et al., 2019; TORAL et al., 2018). Isso indica que, a produção de ruminantes deve atender a essa nova demanda, pois seus produtos possuem altos teores de ácidos graxos saturados (AGS), aproximadamente 70% dos ácidos totais, nos quais, alguns destes, estão associados a um risco aumentado de doença cardíaca coronária humana (PARODI, 2016).

Uma alternativa para melhorar a aceitabilidade dos produtos dos ruminantes é a introdução de fontes de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) nas dietas dos animais, que podem reduzir os AGS e aumentar a quantidade de compostos desejáveis no leite (ASTRUP et al., 2016; GUO et al., 2017; BERNARD et al., 2018).

A gordura do leite é uma fonte natural de alguns ácidos graxos (AGs) bioativos que possuem benefícios potenciais à saúde humana. Sendo assim, alguns desses AGs não estão presentes na dieta humanas em quantidades significativas e o consumo de produtos lácteos com baixo teor de gordura, ou sem gordura, limitaria sua ingestão. A gordura láctea é a principal fonte de ácido butírico (C4:0), ácido linoléico conjugado (CLA), e também AG de cadeia ramificada na dieta humana. Embora esses AGs constituam apenas uma pequena porcentagem na gordura láctea, pequenas quantidades ainda podem ser biologicamente relevantes, isoladamente ou no contexto da matriz láctea (KRATZ et al., 2013).

O leite de origem caprina é considerado um alimento funcional, contendo propriedades nutracêuticas, porém, a gordura láctea não representa uma boa fonte de AGPI (3% dos AG totais) como por exemplo AGs do grupo ômega-3, ômega-6 e CLA, principalmente o C18:1 *trans*-9 *cis*-11. Neste contexto, o perfil de AGs pode ser alterado por modificações na dieta dos animais, com o uso de fontes lipídicas de origem vegetal, o que pode constituir uma alternativa

26 para modificar a composição do leite de cabra, pelo aumento da concentração de AGs  
27 essenciais, tais como, o CLA, ômega-3 e ômega-6 (BERNARD et al., 2018; LIMA et al., 2016)  
28 e a utilização de forragens frescas, sendo a principal fonte de CLA natural em dietas de  
29 ruminantes (JIANG et al., 1996). Estas duas estratégias supracitadas podem diminuir as  
30 proporções de AGS na gordura do leite e, também, podem aumentar as proporções de AGPI  
31 benéficos à saúde, especialmente o CLA *cis*-9, *trans*-11 (GAMA et al., 2020).

32 Em contrapartida, a suplementação de ruminantes com óleos vegetais também pode causar  
33 depressão da gordura do leite (BERNARD et al., 2017; BAUMAN; GRIINARI, 2001; ROY et  
34 al., 2006). Essa condição é vista de forma negativa, uma vez que, dependendo do regime de  
35 pagamento local, podem existir vantagens econômicas para a produção de leite com um teor  
36 específico de gordura, ao passo que em vários países são impostos limites legais à quantidade  
37 mínima de gordura no leite (TORAL et al., 2015).

38 Buscando-se aumentos em relação ao desempenho produtivo de caprinos leiteiros, estão  
39 sendo selecionados animais que apresentem maior potencial genético para produção de leite.  
40 Sendo assim, estes animais possuem maiores exigências nutricionais, necessitando de uma  
41 maior disponibilidade de nutrientes na dieta o que pode gerar, em certos casos, a inviabilização  
42 econômica da produção leiteira (SANTOS et al., 2019). Neste cenário, surge a necessidade da  
43 utilização de alimentos alternativos provenientes da atividade da agrindústria que atendam às  
44 exigências dos animais para produção, como, por exemplo, o gérmen integral extragordo de  
45 milho (GINEX).

46 Na região semiárida do Nordeste, durante os períodos de estiagem, com diminuição da  
47 disponibilidade de forragem, é comum o aumento da utilização de ingredientes concentrados  
48 na dieta de animais leiteiros, porém esta prática aumenta os custos de produção. Desta forma,  
49 surge a necessidade da utilização de plantas forrageiras que sejam adaptadas as condições  
50 edafoclimáticas do semiárido nordestino, para assim, promover uma diminuição dos riscos ao

51 sistema produtivo devido a irregularidades climáticas (MONTEIRO et al., 2018). Nesta  
52 conjuntura, a palma forrageira tem se apresentado de forma essencial para a manutenção da  
53 atividade pecuária da região, pois possui características adaptativas que possibilitam seu  
54 desenvolvimento, desde que cultivada racionalmente (LIMA et al., 2016).

55 Em um estudo recente Gama et al. (2020) sugeriram que a palma forrageira associada à um  
56 óleo vegetal pode ser um valioso ingrediente na dieta para vacas visando melhorar o valor  
57 nutracêutico da gordura do leite por meio de um aumento da biohidrogenação ruminal (BH)  
58 incompleta dos AGPI gerando uma diminuição das concentrações de C18:0 e aumento de CLA  
59 *cis-9*, *trans-11* e C18:1 *trans-11*. Isso é possível porque nos ruminantes, normalmente, a BH  
60 dos AGs dietéticos incompleta permite que vários metabólitos intermediários benéficos a saúde  
61 humana alcance o duodeno e, após a absorção, fiquem disponíveis para incorporação na gordura  
62 do leite (SHINGFIELD et al., 2010).

63 Hipotetizou-se que a associação da palma forrageira com uma fonte de AGPI melhora o  
64 perfil dos AG do leite de cabras, com um possível aumento na concentração de CLA.

65 Objetivou-se avaliar o efeito da substituição total do milho moído pelo GINEX e parcial do  
66 capim elefante cv. Gramafante pela palma orelha de elefante mexicana (POEM) sobre o perfil  
67 de ácidos graxos do leite de cabras da raça Saanen.

## 68 **2. REVISÃO DE LIERATURA**

### 69 **2.1 Caprinocultura leiteira**

70

71 A espécie caprina foi domesticada pelo homem há cerca de dez mil anos e esse animal  
72 provavelmente foi conduzido aos sertões baianos por expedições responsáveis pela expansão  
73 da pecuária bovina nos séculos XVI e XVII. Os caprinos, dentre os ruminantes, apresentam  
74 maior adaptabilidade as regiões do semiárido nordestino, graças a sua maior resistência a

75 escassez de água e ao seu hábito alimentar, que os permite selecionar alimentos em condições  
76 desfavoráveis ao pastejo (SILVA et al., 2010).

77 Atualmente, a caprinocultura leiteira tem crescido em relação a sua colaboração no  
78 agronegócio brasileiro, enfrentando o desafio constante da conquista e da manutenção de  
79 mercados para o leite e dos seus produtos derivados. Neste ponto de vista, a caprinocultura  
80 leiteira está se consolidando como uma atividade economicamente viável, mostrando-se  
81 favorável à geração de emprego e renda, principalmente na zona rural do Brasil, que possui o  
82 título do país que mais produz leite caprino do continente Americano, com 26 milhões de litros  
83 produzidos por ano (FAOSTAT, 2021; RAMOS, 2017).

84 Neste cenário, a região Nordeste destaca-se por possuir aproximadamente 93% de todo  
85 rebanho caprino nacional, responsável por 70% da produção de leite de origem caprina (IBGE,  
86 2019). A pecuária leiteira nordestina caracteriza-se por envolver grande número de pequenos e  
87 médios produtores. (RAMOS, 2017).

88 As regiões semiáridas do Nordeste brasileiro, são caracterizadas por possuírem uma má  
89 distribuição de chuvas e altas temperaturas, o que afeta diretamente a disponibilidade de  
90 alimentos para a produção animal em determinados períodos do ano.

91 O cultivo de espécies forrageiras que melhor adaptam-se a estas condições é essencial para  
92 evitar perdas produtivas e financeiras em sistemas de produção de ruminantes e neste sentido,  
93 a palma aparece como uma importante opção como fonte de alimentos, principalmente durante  
94 o período de seca (MARQUES et al., 2017).

## 95 **2.2 Palma Forrageira**

96

97 No século XIX a palma forrageira, natural do México, foi introduzida na região do semiárido  
98 nordestino, que apresenta condições climáticas que podem ser favoráveis ao cultivo dessa  
99 cactácea. Inicialmente, a sua implantação foi voltada para a produção de corante carmim. Após  
100 a seca de 1932, a palma começou a ser produzida como um alimento alternativo para os animais

101 por causa da sua resistência e adaptabilidade as condições desfavoráveis para o plantio de outras  
102 forrageiras (LIRA et al., 2017).

103 A palma forrageira é bem adaptada ao clima semiárido, pelo fato de possuir metabolismo  
104 CAM, o que permite a abertura dos seus estômatos durante a noite e o fechamento durante o  
105 dia, diminuindo desta forma a perda de água por evapotranspiração, tornando-se uma fonte  
106 estratégica de água e energia para animais ruminantes (PINHO et al., 2018).

107 Essa forrageira possui baixos níveis de matéria seca (MS) (102,0 g / kg) sendo uma alternativa  
108 nutricional para suprir a carência hídrica dos animais no período de seca, assim como a ausência  
109 de forragem (FERREIRA et al., 2012). A palma possui em média teores de proteína bruta (PB)  
110 (33,8 g / kgMS), fibra detergente neutro (FDN) (267,0 g /kgMS), e uma alta proporção de  
111 carboidratos não fibrosos (CNF), 567,0 g / kgMS (CARDOSO et al., 2019).

112 Contudo, há a necessidade da utilização de cultivares de palma forrageira resistentes a  
113 cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*), pois esse inseto enfesta palmais, trazendo  
114 prejuízos aos produtores que utilizam essa cactácea como base na alimentação de ruminantes  
115 nos períodos de estiagem. Os genótipos Orelha de Elefante Mexicana, foram identificados como  
116 resistentes à cochonilha do carmim, com relação ao desempenho produtivo e zootécnico (LIRA  
117 et al., 2017).

118 O perfil de AG da gordura do leite de vacas alimentadas com dietas à base de palma forrageira  
119 não é o mais adequado para o consumo humano, principalmente pelo baixo teor de extrato  
120 etéreo desta forrageira o que faz com que a glândula mamária lance mão da “síntese de novo”  
121 produzindo leite com gordura rica em ácidos graxos de cadeia média (AGCM), em que alguns  
122 deles estão diretamente associados à ocorrência de doenças cardiovasculares além de induzir  
123 aumentos nos teores de colesterol no sangue (MONTEIRO, 2017). Moraes (2019) observou que  
124 a substituição da silagem de milho pela palma orelha de elefante mexicana na dieta de vacas

125 em lactação aumentou de forma expressiva o C16:0 (ácido palmítico) um dos AGs que mais  
126 causam malefícios a saúde humana.

127 Por outro lado, segundo um estudo mais recente realizado por Gama et al. (2020), a  
128 substituição parcial da silagem de sorgo por palma, em dietas suplementadas com pequenas  
129 quantidades de óleo de soja (2,7% MS), resultou em aumento do teor de ácido rumênico na  
130 gordura do leite de vacas leiteiras. Este aumento foi associado a uma redução concomitante do  
131 teor de C18:0 na gordura do leite, indicando que a palma reduziu a extensão da BH ruminal do  
132 C18:2 n-6 presente no óleo de soja, com conseqüente aumento do aporte de ácido vacênico para  
133 a síntese mamária de ácido rumênico. Sendo assim, a associação de cladódios da palma  
134 forrageira com óleos vegetais representa uma estratégia promissora para aumentar o valor  
135 nutracêutico da gordura do leite.

136 Isso é possível porque nos ruminantes, normalmente, a BH do AG dietético é incompleta, e  
137 permite que vários metabólitos intermediários benéficos a saúde humana alcance o duodeno e,  
138 após a absorção, fiquem disponíveis para incorporação na gordura do leite (SHINGFIELD et  
139 al., 2010).

### 140 **2.3 Perfil de ácidos graxos do leite.**

141 Foi descoberto que AG biologicamente ativos, encontrados na gordura do leite integral e nos  
142 seus derivados, trazem benefícios à saúde humana. Esse fato alavancou pesquisas no Brasil e  
143 no mundo com objetivo de aumentar naturalmente esses compostos presentes no leite de  
144 ruminantes. (DUQUE et al., 2020).

145 As modificações do perfil lipídico da gordura do leite são realizadas através da dieta visando  
146 aumentar o equilíbrio entre os teores entre AGS e AGPI, com intuito de aumentar os benefícios  
147 a saúde humana (MELO et al., 2018).

148 Neste contexto, a utilização do capim *in natura*, sendo associado a uma fonte de AG  
149 poliinsaturados provenientes de óleos vegetais, pode ser uma estratégia para modificação do

150 perfil de AG do leite, pois o capim é a maior fonte de CLA natural disponível (GAMA et al.,  
151 2020).

152 No entanto, a suplementação de ruminantes com óleos vegetais também pode causar  
153 depressão da gordura do leite (BAUMAN; GRIINARI, 2001). Os animais mais suscetíveis à  
154 depressão da gordura do leite (DGL) são aqueles alimentados com dietas altamente  
155 fermentáveis contendo alguma fonte insaturada de AG (BAUMAN et al., 2011; HARVATINE  
156 et al., 2014). Tal condição nutricional estimula a síntese ruminal de isômeros do ácido linoléico  
157 de configuração *trans*-10, particularmente CLA *trans*-10, *cis*-12, associado à inibição da síntese  
158 de gordura na glândula mamária (NUNES; TORRES, 2010; SEHAT et al., 1998). De qualquer  
159 modo, as cabras demonstraram ser menos suscetíveis à DGL devido às particularidades  
160 relacionadas à atividade lipídica sobre o metabolismo ruminal, bem como à resistência da  
161 lipogênese mamária aos efeitos inibitórios da configuração *trans*-10 de AG (TORAL, 2015,  
162 2020).

163 O ácido rumênico (CLA *cis*-9 *trans*-11), isômero de CLA e o ácido vacênico (C18:1 *trans*-  
164 11) são os dois principais AGs com comprovada importância benéfica para saúde humana. O  
165 ácido rumênico, em nossa dieta, está presente quase que exclusivamente no leite de ruminantes.

166 O ácido rumênico apresenta algumas propriedades anticarcinogênicas, antidiabetogênicas,  
167 antiaterogênicas e imunomodulatórias. Já o ácido vacênico é caracterizado por ser o principal  
168 precursor (64 a 97%) do ácido rumênico presente no leite (SHINGFIELD et al., 2010).

169 Outros AG que também são importantes para saúde humana são o ácido oleico (C18:1 *cis*-  
170 9) e o  $\alpha$ -linolênico (C18:3 *cis*-9 *cis*-12 *cis*-15), sendo desta forma desejáveis por serem  
171 alimentos funcionais, e suas maiores concentrações presentes no leite agregam valor a este  
172 produto (MONTEIRO, 2017; YANG et al., 2015; SHINGFIELD et al., 2010).

#### 173 **2.4 Gérmen integral extragordo de milho.**

174 O gérmen integral de milho é um coproduto obtido das indústrias que beneficiam o milho  
175 para o uso do amido, por meio da de-germinação do grão de milho por via úmida ou seca. O  
176 gérmen pode ser utilizado na formulação de rações, sendo indicado para animais com aptidão  
177 de leite por causa dos seus teores de energia, proteína e fibras em comparação ao milho grão  
178 (MACHADO et al., 2019).

179 Do ponto de vista bromatológico, o gérmen obtido através do processamento com moagem  
180 úmida contém aproximadamente 40% a 50% de gordura e é denominado de gérmen integral  
181 extra gordo de milho (GINEX), enquanto o gérmen extraído pela moagem seca contém teor de  
182 gordura entre 20 e 25% (MOREAU et al., 2005). O extrato etéreo presente no GINEX é  
183 basicamente constituído principalmente de ácido linoleico e  $\alpha$ -linolênico. Esses AGPI são  
184 transformados em CLA na gordura do leite (BALDIN et al., 2013).

185 Estudos realizados comprovaram que a substituição do grão de milho pelo GINEX (47% de  
186 EE) não promoveu efeito negativo sobre a produção de leite de vacas em lactação, e também  
187 foi comprovado que o GINEX melhorou a composição da gordura do leite, aumentando em  
188 35% o teor de CLA (ALMEIDA et al., 2018; MILLER et al., 2009).

189 A principal vantagem da utilização do GINEX é a maximização da ingestão calórica,  
190 essencial para manutenção da produção e da condição corporal dos animais. Desta forma, o  
191 GINEX surge como um potencial substituto nas dietas de cabras leiteiras visando a produção e  
192 a qualidade da gordura do leite.

### 193 **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### 194 **3.1 Local do experimento.**

195 O experimento foi realizado no setor de Caprinovinocultura do Departamento de Zootecnia  
196 (DZ), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizada entre as coordenadas  
197 08°01'15,1"S e 34°56'3,2"W, na cidade de Recife, apresentando clima (tipo As' e Ams'  
198 classificação climática de Koppen) quente e úmido, com precipitação acima de 1000 mm e

199 temperatura média do ar sempre superior a 18° C e umidade relativa do ar alta, com variação  
200 de 79,2 a 90,7% nos meses com maior ocorrência de chuvas (abril a julho), podendo chegar até  
201 100%.

### 202 **3.2 Animais, desenho experimental e tratamentos.**

203 O manejo e o tratamento dos animais foram licenciados de acordo com a Comissão de Ética  
204 no Uso de Animais (CEUA) sob o protocolo n° 9253140220, da Universidade Federal de  
205 Pernambuco (UFRPE), no período de janeiro a abril de 2021.

206 Foram utilizados para esta dissertação amostras coletadas no experimento realizado por  
207 Galeano et al. (2022). Dados referentes a consumo, digestibilidade, composição e produção de  
208 leite foram descritos pelos referidos autores. Neste presente estudo, foram utilizados dados  
209 referentes ao perfil de ácidos graxos do leite.

210 Foram utilizadas 12 cabras da raça Saanen, multíparas, em lactação, com peso corporal  
211 médio de  $54 \pm 5,0$  kg, produção inicial de 2,1 kg de leite/dia e período de lactação médio de 45  
212  $\pm 7$  dias. Os animais foram identificados, pesados, tratados contra ecto e endoparasitos Ivomec  
213 (Ivermectina 1%, Boehringer Ingelheim, Paulínia – São Paulo, Brasil) e receberam complexo  
214 vitamínico (Vit ADE, Calbos Saúde Animal, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil) e alojados  
215 em baias individuais de madeira, suspensas a 0,68 m do solo, com piso ripado, medindo 1,12 x  
216 1,22 m, providas de comedouro e bebedouro.

217 Os animais foram distribuídos em três Quadrados Latinos simultâneos (4 x 4), de acordo  
218 com a produção de leite em Arranjo Fatorial 2 x 2 (com palma, sem palma; e duas fontes de  
219 energia, milho moído ou GINEX), formados por quatro tratamentos (1- Capim+ Milho moído=  
220 CM; 2- Capim+ Palma+ Milho moído= CPM; 3- Capim+ GINEX= CG; 4- Capim+ Palma+  
221 GINEX = CPG) e quatro períodos experimentais. Cada período experimental teve duração de  
222 21 dias, dos quais 14 dias foram determinados para adaptação dos animais às dietas e 7 dias  
223 para coleta de dados e amostras, totalizando 84 dias de experimentação. O peso corporal e

224 escore de condição corporal individual das cabras foram verificados no início e no final de cada  
225 período experimental, após a ordenha matinal.

226 Os ingredientes utilizados nas dietas e a composição das dietas experimentais estão  
227 apresentados nas tabelas 1 e 2, respectivamente. As dietas foram formuladas de acordo com as  
228 recomendações do NRC (2007) para atender as exigências de proteína para cabras em lactação,  
229 com produção de leite de 2 kg/dia com 3,5% de gordura e de acordo com o peso corporal e  
230 período de lactação.

231 As dietas foram fornecidas *ad libitum* na forma de ração completa, duas vezes ao dia (8h00  
232 e 16h00), sendo permitidas sobras em torno de 5 a 10% do fornecido. As sobras de alimentos  
233 foram pesadas diariamente antes da alimentação matinal para a estimativa do consumo de  
234 alimentos do dia anterior e ajustes no fornecimento.

235 **Tabela 1.** Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais com  
236 base na matéria seca.

Ingrediente (g/kg MS)	CM	CPM	CG	CPG
Capim elefante	620,0	310,0	620,0	310,0
Palma orelha de elefante mexicana	0,00	310,0	0,00	310,0
Milho moído	95,0	95,0	0,00	0,00
GINEX	0,00	0,00	95,0	95,0
Refinazil	135,0	132,0	135,0	132,0
Farelo de soja	130,0	130,0	130,0	130,0
Ureia	0,00	3,00	0,00	3,00
Sal comun	5,00	5,00	5,00	5,00
Sal mineral <sup>a</sup>	15,0	15,0	15,0	15,0
<b>Composição química (g/kg MS)</b>				
Matéria seca (g/kg MN)	268,7	196,2	269,1	196,4
Matéria orgânica	901,6	889,4	902,2	890,0
Proteína bruta	152,7	151,5	155,3	154,0
Extrato etéreo	21,8	20,0	62,3	60,5
Fibra em detergente neutro	517,6	396,2	527,4	406,0
Fibra em detergente neutro indigestível	221,2	158,9	221,8	111,9
Fibra em detergente ácido	322,7	243,3	325,9	246,5
Carboidratos não fibrosos	209,0	327,2	157,1	274,9

237 <sup>a</sup> Suplemento comercial contendo os seguintes minerais e vitaminas (por kg): 205 g Ca, 60 g P, 15 mg  
238 Co, 700 mg Cu, 10 mg Cr, 700 mg Fe, 40 mg I, 1.600 mg Mn, 19 mg Se, 2.500 mg Zn, 600 mg F,  
239 400.000 UI de vitamina A, 2.400 UI de vitamina E e 1.000 mg de monensina.  
240 Fonte: Galeano et al. (2022)

241 **Tabela 2.** Composição de nutrientes (g/kg MS) dos ingredientes fornecidos para cabras em  
 242 lactação durante o período experimental.

Item	Capim elefante	Palma forrageira	Milho moído	GINEX	Refinazil	Farelo de soja
Matéria seca (g/kg MN) <sup>a</sup>	189,0	102,7	857,9	897,4	844,9	873,1
Proteína bruta	73,8	44,9	95,0	122,5	238,4	506,1
Matéria orgânica	907,6	867,7	983,9	990,1	926,6	925,5
Matéria mineral	92,4	132,4	16,1	9,90	73,4	87,3
Extrato etéreo	1,76	11,9	52,7	479,1	233,0	21,2
Fibra em detergente neutro	702,0	314,0	136,6	240,0	379,0	140,0
Fibra em detergente ácido	472,9	217,8	37,2	71,0	112,0	82,9
FDNi <sup>b</sup>	342,6	141,0	16,3	21,8	37,1	114,0
Carboidratos não fibrosos	114,2	496,9	699,6	148,5	285,9	258,2

243 <sup>a</sup> Matéria seca (g/kg da matéria natural).

244 <sup>b</sup> Fibra em detergente neutro indigestível.

245 Fonte: Galeano et al. (2022)

246

### 247 3.3 Consumo de nutrientes.

248 O consumo voluntário dos nutrientes foi calculado através da diferença entre a quantidade  
 249 de alimento fornecido no dia anterior e a quantidade de sobras, que foram avaliados durante  
 250 todo o período de coleta.

251 Do 15° ao 21° dia de cada período experimental foram amostrados o capim e a palma  
 252 forrageira e, individualmente, as sobras da ração oferecida aos animais. Os alimentos que  
 253 fizeram parte do concentrado foram amostrados a cada confecção de ração para posterior  
 254 análise. Das amostras de palma, capim e sobras foram feitas amostras compostas ao final de  
 255 cada período experimental, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e  
 256 armazenadas em freezer a -20°C para análises bromatológicas.

257 Ao final do experimento, as amostras de alimentos e sobras foram descongeladas, pré-secas  
 258 (55°C por 72h) em estufa de ventilação forçada e, posteriormente, processadas em moinho de  
 259 facas (Modelo Thomas Wiley Co., Swedesboro, NJ) com peneiras de porosidade de 1 mm para  
 260 análises químicas e 2 mm para incubação no rúmen, para estimativa da produção da matéria  
 261 seca fecal.

262 As amostras de alimentos e sobras foram submetidas a análise de matéria seca (método  
263 934.01), matéria orgânica (MO, método 930,05), cinzas (método 942,05), proteína bruta (PB,  
264 método 968.06) e extrato etéreo (EE, método 920.39), de acordo com AOAC (2005). A fibra  
265 em detergente neutro (FDN) foi determinada de acordo com Mertens (2002) usando alfa-  
266 amilase sem sulfito de sódio e corrigida para cinzas residuais. Os valores de FDN também foram  
267 corrigidos para nitrogênio não proteico como descrito por Licitra et al. (1996). Os carboidratos  
268 não fibrosos (CNF) foram calculados segundo Hall (2000), e os nutrientes digestíveis totais  
269 (NDT) foram determinados de acordo com Weiss (1999).

#### 270 **3.4 Colheita de amostras e análises do leite**

271 As cabras foram ordenhadas manualmente, sempre pelo mesmo ordenhador, após  
272 higienização e desinfecção dos tetos com água corrente e sabão neutro. Após a ordenha, o leite  
273 foi pesado, computando-se as produções individuais duas vezes ao dia (7h00 e 15h00), foi  
274 realizado o registro da produção de leite durante os 7 dias de cada período de coleta, sendo  
275 registrada individualmente por cada animal. A produção de leite foi corrigida (PLCG) para  
276 3,5% de gordura foi estimada através da equação sugerida por Sklan et al. (1992).

277 Foram coletadas amostras individuais de leite proporcionais à produção de cada ordenha  
278 (5% do total), nos dois turnos, no 20° e 21° dia de cada período experimental. Ao final de cada  
279 período de coleta, uma alíquota (5 mL), sem adição de conservantes, foi coletada e armazenada  
280 em freezer (-20 C) para determinação do perfil de AGs do leite. Posteriormente essas amostras  
281 foram descongeladas à temperatura ambiente para análise de composição de AGs, e um volume  
282 de 1 mL foi usado para extração de lipídios usando hidróxido de amônio, etanol, éter dietílico  
283 e hexano, de acordo com AOAC Official Method 989.05 (2012).

284 A fase superior contendo a gordura do leite foi evaporada até a secura a 40 ° C sob  
285 nitrogênio livre de oxigênio. Os lipídios do leite extraídos foram dissolvidos em hexano e  
286 acetato de metila e transesterificados para FAME usando metóxido de sódio metanólico recém-

287 preparado, conforme descrito em (BALDIN et al., 2013). A mistura foi neutralizada com ácido  
288 oxálico (1 g de ácido oxálico em 30 mL de éter dietílico) e foi adicionado cloreto de cálcio para  
289 remover os resíduos de metanol. O FAME em um 1,0 µL amostra em uma proporção de divisão  
290 de 1:50 foram separados e quantificados usando um cromatógrafo de gás (modelo 7820A,  
291 Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EUA) equipado com um detector de ionização de chama  
292 e equipado com uma coluna capilar de sílica fundida CP-Sil 88 (100 m × 0,25 mm × 0,2 µm  
293 espessura do filme; Varian, Mississauga, ON, Canadá). As condições de operação foram as  
294 mesmas descritas por Cruz-Hernandez et al. (2007). Os FAME foram identificados por  
295 comparação dos tempos de retenção com padrões de referência FAME (Sigma-Aldrich®, St.  
296 Louis, MO, EUA; Larodan AB, Estocolmo, Suécia; Luta-CLA® 60, BASF); *trans* menor /  
297 isômeros *cis*-C18: 1 e *trans*-9, *cis*-11 CLA foram identificados de acordo com sua ordem de  
298 eluição relatada nas mesmas condições analíticas (CRUZ-HERNANDEZ et al., 2007). A  
299 composição de FA do leite foi expressa como uma porcentagem em peso do AG total usando  
300 fatores de resposta teóricos (WOLFF et al., 1995). Índices de esteroil-CoA dessaturase-1  
301 (SCD1) foram calculados para quatro pares de AG (*cis*-9 C14: 1/C14: 0, *cis*-9 C16: 1/C16: 0,  
302 *cis*-9 C18: 1/C18: 0 e *cis*-9, *trans*-11 CLA / *trans*-11 C18: 1) expressando cada produto como  
303 uma proporção de precursor mais produto (KELSEY et al., 2003). O outro conjunto de amostras  
304 de leite foi analisado quanto às concentrações de gordura, proteína, lactose e ureia-N por  
305 espectrometria de infravermelho médio (Bentley Instruments, Bentley FTS, Chaska, MN,  
306 EUA) de acordo aos protocolos da International Dairy Federation para amostras de leite integral  
307 (ISO, 2013).

### 308 **3.5 Análise estatística**

309

310 Os dados foram analisados utilizando o procedimento PROC MIXED do SAS (2014) do  
311 pacote estatístico (Statistical Analysis System, versão 9.4) de acordo com o desenho do  
312 quadrado latino 4 × 4 com um arranjo fatorial 2 × 2 (2 fontes de energia e presença ou não de

313 POEM). Foi aplicado, adotando-se nível de significância de 5% para erro tipo I, o seguinte  
314 modelo:

$$315 \hat{Y}_{ijkl} = \mu + S_i + C_{j(i)} + P_k + TSL_l + GS_m + (TSL*GS)_{lm} + E_{ijklm}. \text{Onde } \hat{Y}_{ijkl}$$

316 Onde, observação;  $\mu$  = média geral; S = efeito devido aos quadrados;  $i = 1, 3$ ; C = efeito  
317 devido às cabras dentro dos quadrados  $j = 1, 4$ ; P = efeito devido aos períodos  
318 experimentais;  $k = 1$  a 4; TSL = efeito fixo da fonte de energia  $l = 1, 2$ ; GS = efeito fixo do  
319 fator palma;  $m = 1$ ; TSL \* GS = efeito devido à interação entre TSL e GS; e E = termo de erro  
320 residual.

#### 321 4. RESULTADOS E DISCUSÃO

322 O perfil de ácidos graxos da gordura do leite está apresentado na tabela 3. Não houve efeito  
323 significativo P x E para os principais Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC): C4:0 (P = 0,40),  
324 C5:0 (P = 0,33), C6:0 (P = 0,25), C7:0 (P = 0,33), C8:0 (P = 0,75), C9:0 (P = 0,43), C10:0 (P =  
325 0,35). Este mesmo comportamento foi observado para alguns Ácidos graxos de cadeia média  
326 (AGCM): C11:0 (P = 0,09), C12:0 (P = 0,10) e C14:0 (P = 0,97). Por outro lado, houve efeito  
327 significativo P x E para C16:0 (P = 0,01); C16:1 *trans*-9 (P = 0,01). A dieta CPM apresentou  
328 os maiores valores para C16:0 (24,29g/ 100 g).

329 Conforme observado na tabela 3, houve efeito (P <0,001) da palma e da energia nos AGs  
330 C6:0, C8:0, C10:0, C10:1, C11:0, C12:0, C12:1, C14:1 e C14:0, onde a dieta CPM apresentou  
331 as maiores concentrações (2,46; 2,85; 9,53; 0,09; 4,33 e 10,85 g/100 g de AG total  
332 respectivamente). Os teores de ácidos graxos de cadeia ímpar (AGCI) C15:0 e C17:0 e dos  
333 ácidos graxos saturados de cadeia ramifica (AGSCR), *iso* e *anteiso*, foram afetados pela energia  
334 (P <0,001).

335

336 **Tabela 3.** Composição de ácidos graxos do leite (g/100 g de AG total) de Cabras alimentadas  
 337 com as dietas experimentais.

Item	Dietas experimentais				EPM <sup>a</sup>	P – Valor		
	CM	CG	CPM	CPG		Palma	Energia	PxE <sup>b</sup>
Ácidos graxos								
C4:0	2,54	2,73	2,45	2,73	0,07	0,48	0,01	0,40
C5:0	0,023	0,021	0,023	0,242	0,07	0,33	0,33	0,33
C6:0	2,10	1,69	2,46	2,21	0,08	<0,001	<0,001	0,25
C7:0	0,018	0,016	0,024	0,024	0,08	0,31	0,34	0,33
C8:0	2,14	1,40	2,85	2,18	0,11	<0,001	<0,001	0,75
C9:0	0,027	0,020	0,048	0,036	0,01	<0,001	0,01	0,43
C10:0	6,32	3,46	9,53	5,93	0,42	<0,001	<0,001	0,35
C10:1 <i>cis</i> -9	0,18	0,09	0,23	0,13	0,01	0,001	<0,001	0,67
C11:0	0,051	0,030	0,092	0,050	0,01	<0,001	<0,001	0,09
C12:0	2,83	1,50	4,33	2,43	0,19	<0,001	<0,001	0,10
C12:1 <i>cis</i> -9	0,046	0,019	0,080	0,030	0,01	0,01	<0,001	0,10
C13:0	0,079	0,047	0,110	0,137	0,02	0,08	0,95	0,37
<i>iso</i> -14:0	0,13	0,08	0,12	0,09	0,01	0,86	<0,001	0,15
C14:0	8,34	4,67	10,85	7,14	0,44	<0,001	<0,001	0,97
C14:1 <i>cis</i> -9	0,13	0,06	0,16	0,08	0,01	0,01	<0,001	0,59
<i>iso</i> -C15:0	0,29	0,19	0,31	0,24	0,01	0,002	<0,001	0,34
<i>anteiso</i> -C15:0	0,47	0,27	0,52	0,37	0,03	0,01	<0,001	0,28
C15:0	0,97	0,67	1,01	0,77	0,04	0,12	<0,001	0,55
C16:0 <i>iso</i>	0,23	0,15	0,22	0,16	0,02	0,70	<0,001	0,54
C16:0	21,92	20,54	24,29	20,37	0,37	0,01	<0,001	0,01
C16:1 <i>trans</i> -9	0,15	0,17	0,14	0,33	0,02	0,01	<0,001	0,01
C16:1 <i>trans</i> -12	0,47	0,46	0,45	0,42	0,02	0,07	0,10	0,43
C16:1 <i>cis</i> -9	0,75	0,62	0,68	0,49	0,05	0,02	0,01	0,02
<i>iso</i> -C17:0	0,56	0,47	0,58	0,49	0,02	0,22	<0,001	0,97
<i>anteiso</i> -17:0	0,58	0,42	0,57	0,42	0,02	0,75	<0,001	0,84
C17:0	0,80	0,61	0,76	0,56	0,03	0,16	<0,001	0,80
C17:1 <i>cis</i> -9	0,45	0,35	0,40	0,29	0,03	0,18	0,02	0,94
<i>iso</i> -C18:0	0,096	0,067	0,083	0,059	0,01	0,19	0,01	0,76
C20:0	0,201	0,275	0,168	0,262	0,01	0,01	<0,001	0,20
C20:1 <i>cis</i> -11	0,036	0,030	0,034	0,031	0,01	0,74	0,01	0,17
C20:2 n-6	0,016	0,013	0,016	0,016	0,01	0,03	0,08	0,10
C20:3 n-6	0,060	0,063	0,053	0,061	0,01	0,34	0,27	0,67
C20:4 n-6	0,180	0,132	0,190	0,153	0,01	0,06	<0,001	0,53
C20:5 n-3	0,021	0,018	0,018	0,017	0,01	0,29	0,19	0,76
C21:0	0,041	0,030	0,041	0,031	0,01	0,91	0,01	0,89
C22:0	0,020	0,015	0,021	0,023	0,01	0,01	0,17	0,01
C22:5 n-3	0,058	0,041	0,057	0,041	0,01	0,78	<0,001	0,91
C23:0	0,029	0,024	0,022	0,023	0,01	0,25	0,48	0,36
C24:0	0,024	0,016	0,027	0,022	0,01	0,04	0,01	0,45

338 <sup>a</sup> Erro padrão da média.

339 <sup>b</sup> Interação entre palma e fonte de energia.

340

341 Não houve efeito (P= 0,01) da interação P x E sobre os ácidos graxos de cadeia longa  
 342 (AGCL) C20:0 (P = 0,20), C20:1 *cis*-11 (P = 0,17), C20:2 n-6 (P = 0,10), C20:3 n-6 (P = 0,67),  
 343 C20:4 n-6 (P = 0,53), C20:5 n-3 (P = 0,76), C21:0 (P = 0,89), C22:5 n-3 (P = 0,91), C23:0 (P =  
 344 0,36) e C24:0 (P = 0,45), mas houve interação P x E (P= 0,01) para o AG C22:0 que apresentou  
 345 o menor teor (0,015g/100 g) no tratamento CG.

346 Segundo os dados apresentados na tabela 4, houve efeito da palma (P<0,001) e da energia  
 347 (P<0,001) sobre os teores de C18:0, onde o tratamento CPM apresentou o menor valor  
 348 (6,37g/100 g). Houve efeito significativo P x E (P = 0,01) para as concentrações na gordura do  
 349 leite de C18:1 *trans*-4; C18:1 *trans*-5; C18:1 *trans*-6/*trans*-8; C18:1 *trans*-9; C18:1 *trans*-10;  
 350 C18:1 *cis*-13; C18:2 *cis*-9/*trans*12 e C18:2 n-6. Também foi observado P x E (P <0,001) para  
 351 os teores de C18:1 *trans*-11; C18:1 *trans*-12; C18:1 *cis*-12, CLA *cis*-9, *trans*-11 e CLA *trans*-  
 352 9, *cis*-11. Os maiores valores de teores na gordura do leite de C18:1 *trans*-10 (0,53g/100g),  
 353 C18:1 *trans*-11 (3,23g/100g) e CLA *cis*-9, *trans*-11(1,96g/100g) foram referentes a dieta CPG.

354 **Tabela 4.** Ácidos graxos C18 (g/100 g de AG total) de cabras alimentadas com as dietas  
 355 experimentais.

Item	Dietas experimentais				EPM <sup>a</sup>	P – Valor		
	CM	CG	CPM	CPG		Palma	Energia	PxE <sup>b</sup>
Ácidos Graxos								
C18:0	8,94	15,38	6,37	11,82	0,57	<0,001	<0,001	0,30
C18:1 <i>trans</i> -4	0,022	0,035	0,016	0,046	0,01	0,35	<0,001	0,01
C18:1 <i>trans</i> -5	0,018	0,026	0,015	0,036	0,01	0,06	<0,001	0,01
C18:1 <i>trans</i> -6/ <i>trans</i> -8	0,15	0,23	0,12	0,37	0,02	0,01	<0,001	0,01
C18:1 <i>trans</i> -9	0,23	0,31	0,19	0,41	0,02	0,02	<0,001	0,01
C18:1 <i>trans</i> -10	0,26	0,31	0,24	0,53	0,03	0,01	<0,001	0,01
C18:1 <i>trans</i> -11	1,37	1,36	1,29	3,23	0,21	0,01	0,01	<0,001
C18:1 <i>trans</i> -12	0,17	0,26	0,14	0,46	0,02	0,01	<0,001	<0,001
C18:1 <i>trans</i> -13/ <i>trans</i> -14	0,29	0,37	0,23	0,40	0,05	0,73	0,05	0,52
C18:1 <i>cis</i> -9	28,07	33,64	20,45	25,46	1,42	<0,001	0,01	0,78
C18:1 <i>cis</i> -11	0,84	0,80	0,72	0,66	0,05	0,01	0,22	0,85
C18:1 <i>cis</i> -12	0,18	0,19	0,16	0,26	0,01	0,06	<0,001	<0,001
C18:1 <i>cis</i> -13	0,065	0,069	0,053	0,076	0,01	0,37	<0,001	0,01
C18:1 <i>trans</i> -16	0,12	0,24	0,09	0,26	0,01	0,92	<0,001	0,03
C19:0/C18:1 <i>cis</i> -15	0,041	0,052	0,040	0,063	0,01	0,25	0,01	0,20
C18:2 <i>trans</i> -9/ <i>trans</i> -12	0,030	0,020	0,021	0,026	0,01	0,73	0,63	0,18
C18:2 <i>cis</i> -9/ <i>trans</i> 12	0,043	0,052	0,037	0,065	0,01	0,29	<0,001	0,01
C18:2 <i>trans</i> -9/ <i>cis</i> 12	0,026	0,020	0,026	0,030	0,01	0,05	0,68	0,04

C18:2 n-6	1,90	1,82	1,99	2,29	0,07	<0,001	0,08	0,01
C18:3 n-6	0,029	0,032	0,028	0,031	0,01	0,59	0,13	0,86
C18:3 n-3	0,17	0,10	0,17	0,13	0,01	0,08	<0,001	0,08
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	1,00	0,92	0,98	1,96	0,08	<0,001	0,01	<0,001
CLA <i>trans</i> -9, <i>cis</i> -11	0,031	0,029	0,031	0,048	0,01	<0,001	0,01	<0,001
CLA <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12	0,022	0,015	0,021	0,023	0,01	0,08	0,25	0,06

356 <sup>a</sup> Erro padrão da média.

357 <sup>b</sup> Interação entre palma e fonte de energia.

358

359 Não houve, todavia, efeito da interação P x E para o C18:1 *trans*-13/*trans*-14 (P = 0,52);  
 360 C18:1 *cis*-9 (P = 0,78); C18:1 *cis*-11 (P = 0,85), C19:0/C18:1 *cis*-15 (P = 0,20); C18:2 *trans*-  
 361 9/*trans*-12 (P = 0,18); 18:3 n-6 (P = 0,86); 18:3 n-3 (P = 0,08). Houve efeito da energia (P =  
 362 0,01) nas concentrações de C19:0/C18:1 *cis*-15 onde o tratamento CPG apresentou o maior valor  
 363 (0,06g/ 100 g). Também houve efeito da fonte energética (P <0,001) para C18:3 n-3 onde os  
 364 tratamentos contendo milho moído (CM e CPM) apresentaram os maiores valores (0,17g/100  
 365 g). Houve efeito significativo P x E (P = 0,01) para o teor de C18:2 n-6 onde o CPG apresentou  
 366 o maior valor (2,29 g/100 g). Não houve efeito significativo na interação P x E (P = 0,05) na  
 367 concentração de CLA *trans*-10, *cis*-12, que não apresentou efeito de Palma (P = 0,08) e energia  
 368 (P = 0,25).

369 Os resultados referentes as Proporções dos AG, razões entre AG e índices de SCD1, estão  
 370 apresentados na tabela 5. Houve interação P x E (P = 0,01) para as concentrações de  $\Sigma$  n-6 AG,  
 371  $\Sigma$  *trans* C18:1,  $\Sigma$  *trans* C18:2, razão  $\Sigma$ C18:1 *trans*/C18:0 e C18:1 *trans*/C18:0, AGCM (P= 0,04)  
 372 e  $\Sigma$  AGPI (P< 0,001). Houve efeito da palma e energia (P< 0,001) para  $\Sigma$  AGS,  $\Sigma$  *trans* C18:1  
 373 rava,  $\Sigma$  AGCC,  $\Sigma$  AGCM e SCD16. Houve efeito significativo referente a energia (P< 0,001)  
 374 para  $\Sigma$  n-3 AG,  $\Sigma$  AGCIR, n-6:n-3, SCD18, SCD14 (P= 0,01) e SCD CLA (P= 0,01).

375

376 **Tabela 5.** Proporções (g/100g de AG total) dos grupos de ácidos graxos principais (AG), razões  
 377 entre AGs e índices de estearoil-CoA dessaturase-1 (SCD1) na gordura do leite de cabras  
 378 alimentadas com as dietas experimentais.

Item	Dietas experimentais				EPM <sup>a</sup>	P – Valor		
	CM	CG	CPM	CPG		Palma	Energia	PxE <sup>b</sup>

Ácidos Graxos								
Σ AGCC	13,09	9,28	17,29	13,06	0,61	<0,001	<0,001	0,65
Σ AGCM	33,10	26,71	39,48	29,94	0,83	<0,001	<0,001	0,04
Σ AGCL	0,32	0,35	0,29	0,60	0,04	0,01	<0,001	0,01
Σ AGCIR <sup>c</sup>	4,42	3,14	4,54	3,93	0,19	0,08	0,01	0,19
Σ AGCIL	2,04	1,48	2,13	2,09	0,26	0,13	0,19	0,26
Σ AGCR	2,37	1,66	2,40	1,83	0,09	0,14	<0,001	0,29
Σ AGS	59,81	54,82	67,90	59,07	1,46	<0,001	<0,001	0,06
Σ AGM	34,03	39,65	25,93	34,01	1,42	<0,001	<0,001	0,24
Σ AGPI	3,59	3,29	3,65	4,89	0,11	<0,001	0,01	<0,001
Σ n-3 AG <sup>d</sup>	0,25	0,16	0,24	0,19	0,01	0,31	<0,001	0,16
Σ n-6 AG <sup>e</sup>	2,18	2,06	2,28	2,55	0,05	0,01	0,30	0,01
Σ AG <i>trans</i> C18:1	2,63	3,16	2,35	5,75	0,30	0,01	<0,001	0,01
Σ AG <i>trans</i> C18:2	0,10	0,09	0,08	0,12	0,01	0,34	0,03	0,01
Σ <i>trans</i> 18:1	0,26	0,88	0,07	0,55	0,10	0,02	<0,001	0,51
Relações de AG								
C18:1 <i>trans</i> /C18:0	0,29	0,20	0,37	0,49	0,02	<0,001	0,49	0,01
C18:1 <i>trans</i> /C18:0	0,15	0,09	0,20	0,27	0,01	<0,001	0,77	0,01
n-6:n-3 AG	9,02	12,61	9,28	14,17	0,16	0,05	<0,001	0,16
SCD1 <sup>f</sup>								
SCD14	0,013	0,014	0,012	0,015	0,01	0,16	0,01	0,51
SCD16	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,98
SCD18	0,75	0,68	0,76	0,68	0,01	0,95	<0,001	0,63
SCD CLA	0,43	0,40	0,44	0,38	0,02	0,44	0,01	0,34

379 <sup>a</sup> Erro padrão da média.

380 <sup>b</sup> Interação entre palma e fonte de energia.

381 <sup>c</sup> Σ n-3 AG = *cis*-9,*cis*-12,*cis*-15 C18:3 + *cis*-6,*cis*-9,*cis*-12,*cis*-15 C18:4 + *cis*-11,*cis*-14,*cis*-17 C20:3 +  
 382 *cis*-8,*cis*-11,*cis*-14,*cis*-17 C20:4 + *cis*-5,*cis*8,*cis*-11,*cis*-14,*cis*-17 C20:5 + *cis*-7,*cis*-10,*cis*-13,*cis*-16,*cis*-  
 383 19 C22:5 + *cis*-4,*cis*-7,*cis*-10,*cis*-13,*cis*-16,*cis*-19 C22:6.

384 <sup>d</sup> Σ n-6 AG = *cis*-9, *cis*-12 C18:2 + *cis*-6,*cis*-9,*cis*-12 C18:3 + *cis*-11,*cis*-14 C20:2 + *cis*-8,*cis*-11,*cis*-14  
 385 C20:3 + *cis*-5,*cis*-8,*cis*-11,*cis*-14 C20:4 + *cis*-13,*cis*-16 C22:2 + *cis*-7,*cis*-10,*cis*-13,*cis*-16 C22:4 + *cis*-  
 386 4,*cis*-7,*cis*-10,*cis*-13,*cis*-16 C22:5.

387 <sup>e</sup> Soma de AG de cadeia ímpar e ramificada, exceto 13: 0, iso 17: 0 e anteiso 17: 0, pois eles co-eluíram  
 388 com *cis* - 9 12: 1, *trans* - 9 16: 1 e *cis* - 9 16: 1, respectivamente.

389 <sup>f</sup> Índices Estearoil-CoA dessaturase-1 (SCD1) calculados para *cis*-9 14: 1/14: 0 (SCD14), *cis*-9 16: 1/16:  
 390 0 (SCD16), *cis*-9 18: 1/18: 0 (SCD18), e *cis*-9, *trans*-11 CLA / *trans*-11 18: 1 (SCDRA) pares (KELSEY  
 391 et al., 2003).

392

393 Todos os AGCC, aproximadamente 95% do C14:0 e cerca de 50% do C16:0 são

394 sintetizados na glândula mamária (SHINGFIELD et al., 2010). Dessa forma, os aumentos nas

395 concentrações na maioria dos AGCC e AGCM apresentados quando a dieta continha palma

396 com a adição do milho possivelmente ocorreram devido a maior disponibilidade de carboidratos

397 presentes no milho que poderia estimular a síntese de novo, como sugerido por Martel et al.

398 (2011). As dietas contendo milho como fonte de energia apresentaram maiores valores de Σ

399 AGCM e  $\Sigma$  AGCC, o que também pode ser atribuído a presença do GINEX como observado  
400 por Nunes e Torres (2010), que fontes lipídicas podem inibir a *síntese de novo* por alterações  
401 no ambiente ruminal.

402 A inclusão de GINEX na dieta contendo palma diminuiu o teor de C16:0 na gordura do  
403 leite, melhorando o perfil de AG do leite de cabras, que é favorável considerando que o ácido  
404 palmítico (C16:0), supostamente, está associado a aumentos nos níveis de colesterol LDL e  
405 diminuição nas concentrações de colesterol HDL que podem levar a risco de doenças arteriais.

406 Levando em consideração que os AGs de cadeia ímpar (C15:0 e C17:0) e ramificada (*iso* e  
407 *anteiso*) se originam principalmente da síntese microbiana ruminal (REGO et al., 2009), as  
408 alterações desses AGs encontradas nesse estudo podem indicar que as dietas modificaram a  
409 microbiota ruminal. Dessa forma, possivelmente as dietas contendo milho favoreceram o  
410 crescimento e atividade dos microrganismos responsáveis pela formação de AGCI (C15:0 e  
411 C17:0) no ambiente ruminal. Por outro lado, a inclusão de GINEX, no nível utilizado neste  
412 estudo, possivelmente, interferiu de forma negativa a microbiota ruminal, pois é sabido que os  
413 AGPI são tóxicos as bactérias ruminais (MAIA et al., 2010). Resultados semelhantes foram  
414 encontrados por Neetika et al. (2019) que observaram redução nos AGs de cadeia ímpar e  
415 ramificada quando adicionaram óleos de chia e linhaça na dieta de cabras leiteiras em clima  
416 tropical.

417 Menores concentrações de C18:0 foram observadas no leite de cabras alimentadas com  
418 palma forrageira no presente estudo, resposta também observada por Gama et al. (2020) quando  
419 a silagem de sorgo foi parcialmente substituída por palma forrageira em dietas de vacas leiteiras  
420 suplementadas com 2,7% de óleo de soja em substituição ao milho moído. De acordo com esses  
421 autores, a palma forrageira é rica em compostos fenólicos que pode inibir a última etapa de  
422 biohidrogenação ruminal, que permite menor escoamento do C18:0 para glândula mamária.  
423 Além disso, a palma forrageira também possui quantidades consideráveis de mucilagem e este

424 polissacarídeo induz a um aumento na densidade de partículas que pode levar a o aumento da  
425 passagem da digesta ruminal. Nossos resultados também corroboram com Gama et al. (2020),  
426 ao relatarem que as concentrações C18:0 na gordura do leite foram linearmente reduzidos de  
427 em vacas alimentadas com palma. Tendo isto em vista, pode-se atribuir essa resposta como um  
428 efeito característico deste volumoso em relação a concentração de C18:0 na gordura do leite.

429 A característica de maior taxa de passagem da palma forrageira e a presença de compostos  
430 fenólicos também podem explicar o aumento de C18:2 n-6 na gordura do leite de cabras, pois  
431 através da biohidrogenação incompleta é possível também o maior escape de intermediários  
432 das primeiras etapas da biohidrogenação ruminal. Os resultados relatados em nosso estudo  
433 sugerem a necessidade do aumento do número de pesquisas relacionadas a investigação dos  
434 efeitos dos compostos fenólicos presentes na palma forrageira. Além disso, o GINEX é rico em  
435 C18:2 n-6 (MILLER et al., 2009), e isso possivelmente contribui para maior concentração desse  
436 AG no leite de cabras alimentadas com a dieta CPG.

437 Por outro lado, devido à baixa concentração do C18:3 n-3 no GINEX e alta taxa de  
438 biohidrogenação ruminal, houve redução nas concentrações de C18:3 n-3 no leite de cabras  
439 alimentadas com GINEX. Esses resultados refletiram em maior proporção na relação n-6:n-3.  
440 Geralmente, o aumento de C18:3 n-3 no leite é encontrado em cabras alimentadas com fontes  
441 de gorduras ricas em AGPI n-3 ou criadas a pasto (JIANG et al., 1996). Resultados semelhantes  
442 foram encontrados por Gama et al. (2020) utilizando palma forrageira associada a óleo vegetal  
443 em dietas para vacas leiteiras.

444 Muitos estudos comprovam que a composição da dieta basal interfere diretamente nas vias  
445 de biohidrogenação ruminal (KLIEM; SHINGFIELD, 2016). A utilização da suplementação  
446 energética com óleos vegetais ricos em AGPI em dietas compostas por altas proporções de  
447 grãos cereais geralmente podem promover uma mudança no C18:1 *trans*-11 para C18:1 *trans*-  
448 10, diminuindo a chegada de C18:1 *trans*-11 na glândula mamária, sendo este o principal

449 precursor para síntese endógena do CLA *cis*-9, *trans*-11 contribuindo assim para DGL  
450 (HARVATINE et al., 2019). Por outro lado, segundo Bauman et al. (2001) alguns fatores  
451 dietéticos podem aumentar a concentração de CLA *cis*-9, *trans*-11 na gordura de leite, como  
452 por exemplo, a adição de ácido linoléico na dieta, alteração volumoso: concentrado e a  
453 utilização de pastagem. No presente estudo, o aumento no teor do C18:1 *trans*-11 na gordura  
454 do leite de cabras com a inclusão de GINEX na dieta com palma é devido provavelmente ao  
455 maior teor de ácido linoléico presente no GINEX associado a supracitada biohidrogenação  
456 incompleta promovida pela palma forrageira. Este efeito influenciou diretamente a maior  
457 concentração de CLA *cis*-9, *trans*-11 na gordura do leite desta mesma dieta, pois o C18:1 *trans*-  
458 11 é o principal precursor deste CLA. Aumento semelhante do C18:1 *trans*-11 e CLA *cis*-9,  
459 *trans*-11 no perfil de AG da gordura do leite foi relatado por Santos-silva et al. (2016) ao  
460 avaliarem ovelhas recebendo dietas com suplementação lipídica, utilizando óleo vegetal.

461 O efeito provocado por compostos fenólicos presentes na palma forrageira pode ser  
462 responsável pelo aumento observado no presente trabalho no fluxo de passagem ruminal de  
463 AGPI, C18:1 *trans*-11, CLA *cis*-9, *trans*-11 e diminuição de C18:0 por meio da biohidrogenação  
464 incompleta, considerando, como observaram Izuegbuna et al. (2019), que estes compostos,  
465 presentes na palma, podem atuar na modulação da biohidrogenação ruminal, alterando a  
466 microbiota do rúmen. Associado a isto, o perfil de AG do leite pode ser o reflexo do  
467 comportamento da passagem de AGPI pelo ambiente ruminal e, conseqüentemente, pelas vias  
468 de biohidrogenação ruminal.

469 A inclusão de GINEX na dieta com palma aumentou a concentração de C18:1 *trans*-10 na  
470 gordura do leite de cabras, porém essa resposta não foi acompanhada por um aumento do teor  
471 de CLA *trans*-10, *cis*-12, o que é consistente com a ausência de DGL quando o GINEX foi  
472 associado a palma. Resultados semelhantes foram descritos por Toral et al. (2015) onde foram  
473 comparadas a produção de gordura no leite de cabras e vacas recebendo dietas para induzir a

474 DGL e, foi observado que as cabras possuem interferência menos pronunciada do CLA *trans*-  
475 10, *cis*-12 na síntese de gordura da glândula mamária. O aumento da concentração na gordura  
476 do leite do CLA *trans*-9, *cis*-11, outro componente antilipogênico, com a inclusão de GINEX  
477 na dieta com palma, também não foi suficiente para causar DGL (GALEANO et al, 2022),  
478 possivelmente pelo fato de que o CLA *trans*-9, *cis*-11 ser menos eficiente na indução a DGL  
479 quando comparado ao CLA *trans*-10, *cis*-12 (PERFIELD et al., 2007).

480 As dietas contendo milho afetaram as porções de ácidos graxos de cadeia ímpar e ramificada  
481 (AGCIR) na gordura do leite, que são conhecidos por refletir mudanças na população bacteriana  
482 do rúmen (FIEVEZ et al., 2012). Essas mudanças no rúmen ocorreram devido as diferenças na  
483 composição das dietas (FDN, CNF e fenólicos) e possivelmente, a mudanças ocorridas no  
484 ambiente ruminal.

## 485 5. CONCLUSÃO

486 A inclusão de GINEX em dieta contendo capim elefante e palma forrageira resultou em  
487 melhoria do perfil de ácidos graxos do leite de cabras por meio do maior aporte ruminal de  
488 C18:1 *trans*-11 resultando no aumento da síntese mamária de CLA *cis*-9 *trans*-11 e redução da  
489 concentração de C16:0.

## 490 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

491 ALMEIDA, E. M.; MACHADO, A. S.; FERREIRA RIOS, A. D. Suplementação de vacas  
492 lactantes com germen integral de milho em substituição ao milho grão. **Arquivos de Ciência**  
493 **Veterinária e Zoologia**. v. 21, p. 85-86. 2018.

494  
495 ALMEIDA, O. C. et al. Plasma and milk fatty acid profiles in goats fed diets supplemented  
496 with oils from soybean, linseed or fish. **Small Ruminant Research**. v.179, p.125-130, 2019.  
497 AOAC (2005). Official methods of analysis. 18th edn. AOAC International.

498  
499 AOAC, 2012. Official Method 989.05. Fat in milk. Modified Mojonnier ether extraction  
500 method. Official Methods of Analysis of AOAC International (19th edn). AOAC International.

501  
502 ASTRUP, A. et al. Regular-Fat Dairy and Human Health: A Synopsis of Symposia Presented  
503 in Europe and North America (2014-2015). **Nutrients**. v.8, p.2-19, 2016.

504

- 505 BALDIN, M.; GAMA, M. A. S.; DRESCH, R. E. A. A rumen unprotected conjugated linoleic  
506 acid supplement inhibits milk fat synthesis and improves energy balance in lactating goats.  
507 **Journal of Animal Science**. v.91, p.3305- 3314, 2013.  
508
- 509 BAUMAN, D. E.; GRIINARI, J. M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-  
510 fat milk syndrome. **Livestock Production Science**. v.70, p.15-29, 2001.  
511
- 512 BAUMAN, D. E.; HARVATINE, K. J.; LOCK, A. L. Nutrigenomics, Rumen-Derived  
513 Bioactive Fatty Acids, and the Regulation of Milk Fat Synthesis. **The Annual Review of**  
514 **Nutrition**. v.31, p.299-319, 2011.  
515
- 516 BERNARD, L. et al. Milk Fat Globule in Ruminant: Major and Minor Compounds, Nutritional  
517 Regulation and Differences Among Species. **European Journal of Lipid Science and**  
518 **Technology**. v.120, p.1-27, 2018.  
519
- 520 BERNARD, L.; TORAL, P. G.; CHILLIARD, Y. Comparison of mammary lipid metabolism  
521 in dairy cows and goats fed diets supplemented with starch, plant oil, or fish oil. **Journal of**  
522 **Dairy Science**. v.100, p.9339-9351, 2017.  
523
- 524 CRUZ-HERNANDEZ C. et al. Evaluating the conjugated linoleic acid and *trans* 18:1 isomers  
525 in milk fat of dairy cows fed increasing amounts of sunflower oil and a constant level of fish  
526 oil. **International Journal of Dairy Science**. v.90, p.3786-3801, 2007.  
527
- 528 DUQUE, A. C. A. et al. Perfil de ácidos graxos do leite de vacas Holandês x Gir alimentadas  
529 com silagem de milho e concentrado contendo ou não glicerina bruta. **Arquivo Brasileiro de**  
530 **Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.72, p.243-252, 2020.  
531
- 532 FAOSTAT- Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (2021).  
533 Production Livestock primary **Production: Livestock Primary**. Disponível em:  
534 [http://fenixservices.fao.org/faostat/static/bulkdownloads/Production\\_LivestockPrimary](http://fenixservices.fao.org/faostat/static/bulkdownloads/Production_LivestockPrimary_E_All_Data_(Normalized).zip)  
535 [\\_E\\_All\\_Data\\_\(Normalized\).zip](http://fenixservices.fao.org/faostat/static/bulkdownloads/Production_LivestockPrimary_E_All_Data_(Normalized).zip)>. Acesso em 10 setembro, 2021.  
536
- 537 FERREIRA, M. A. et al. The use of cactus as forage for dairy cows in semi-arid regions of  
538 Brazil. **Organic farming and food production**. v. p.169-189, 2012.  
539
- 540 FIEVEZ V. et al. Odd and branched chain fatty acids from milk as biomarkers of rumen  
541 function – An update. **Animal Feed Science and Technology**. v.172, p.51-65, 2012.  
542
- 543 GALEANO, V. J. L. et al. Productive responses of dairy goats fed on diets containing elephant  
544 grass (*Pennisetum purpureum*) associated or not with cactus (*Opuntia stricta*) cladodes, and  
545 extra-fat whole corn germ as a substitute for corn. **Small Ruminant Research**. v.207, p. 1-6,  
546 2022.  
547
- 548 GAMA, M. A. S. et al. Partially replacing sorghum silage with cactus (*Opuntia stricta*) cladodes  
549 in a soybean oil-supplemented diet markedly increases *trans*-11 18:1, *cis*-9, *trans*-11 CLA and  
550 18:2 n-6 contents in cow milk. **The Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**.  
551 v.105, p.232-246, 2020.  
552

- 553 GUO, J. et al. Milk and dairy consumption and risk of cardiovascular diseases and all-cause  
554 mortality: dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. **European Journal of**  
555 **Epidemiology**. v.32, p.269-287, 2017.
- 556  
557 HARVATINE, K. J.; BOISCLAIR, Y. R.; BAUMAN, D. E. Liver x receptors stimulate  
558 lipogenesis in bovine mammary epithelial cell culture but do not appear to be involved in diet-  
559 induced milk fat depression in cows. **Physiological Reports**. v.2, p.1-13, 2014.
- 560  
561 ISO 9622/IDF 141, 2013. Milk and liquid milk products - Guidelines for the application of mid-  
562 infrared spectrometry. ISO.
- 563  
564 IZUEGBUNA, O. et al. Chemical composition, antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic  
565 activities of *Opuntia stricta* cladodes. **Plos One**. v.14, p. 1-27, 2019.
- 566  
567 JIANG, J. et al. Occurrence of conjugated cis-9, trans-11 octadecenoic acid in bovine milk:  
568 effects of feed and dietary regimen. **Internation Journal Dairy Science**. v.79, p.438-445,  
569 1996.
- 570  
571 KELSEY J. A. et al. The effect of breed, parity, and stage of lactation on conjugated linoleic  
572 acid (CLA) in milk fat from dairy cows. **International Journal of Dairy Science**. v.86, p.2588-  
573 2597, 2003.
- 574  
575 KLIEM, K. E.; SHINGFIELD, K. J. Manipulation of milk fatty acid composition in lactating  
576 cows: opportunities and challenges. **European Journal of Lipid Science and Technology**.  
577 v.118, p.1661-1683, 2016.
- 578  
579 KRATZ, M.; BAARS, T.; GUYENET, S. The relationship between high-fat dairy consumption  
580 and obesity, cardiovascular, and metabolic disease. **European Journal of Nutrition**. v.52, p.1-  
581 24, 2013.
- 582  
583 LIMA, I. S. S. et al. Fat protected and profile of fatty acids goat milk: a review. **Brazilian**  
584 **Journal of Hygiene and Animal Sanity**. v.10, p.830-840, 2016.
- 585  
586 LIRA, M. de A. et al. Palma forrageira: cultivo e usos. **Cadernos do Semiárido: Riquezas e**  
587 **Oportunidades**. v.7, p.19-72, 2017.
- 588  
589 MACHADO, A. S. et al. Ingestive behavior of lactating dairy cows fed diets with different lipid  
590 contentes. **Medicina Veterinária (UFRPE)**. v.13, p.429-437, 2019.
- 591  
592 MAIA, M. R. G. et al. Toxicity of unsaturated fatty acids to the biohydrogenating ruminal  
593 bacterium, *Butyrivibrio fibrisolvens*. **Microbiology**. v.10, p-32, 2010.
- 594  
595 MARQUES, O. F. C. et al. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos.  
596 **Caderno de Ciências Agrárias**. v.9, p.75-93, 2017.
- 597  
598 MARTEL, C. A. et al. Dietary molasses increases ruminal pH and enhances ruminal  
599 biohydrogenation during milk fat depression. **Internation Journal Dairy Science**. v.94,  
600 p.3995-4004, 2011.

- 601 MELO, M. T. P. et al. Composição de ácidos graxos do queijo e leite de vacas alimentadas com  
602 casca de banana. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.70, p.965-974,  
603 2018.
- 604  
605 MILLER, W. F. et al. Comparison of full-fat corn germ, whole cottonseed, and tallow as fat  
606 sources for lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. v.92, p.3386-3391, 2009.
- 607  
608 MONTEIRO, C. C. F. et al. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with  
609 *Dactylopius opuntiae*. **Animal Production Science**. v.58, p.1, 2018.
- 610  
611 MONTEIRO, C. C. F. **Substituição de palma miúda por palma Orelha de Elefante**  
612 **mexicana para vacas em lactação**. 2017. Tese de Doutorado (Zootecnia) - Programa de Pós-  
613 Graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- 614  
615 MORAES G. S. O. M. et al. Cactus [*Opuntia stricta* (Haw.) Haw] cladodes and corn silage:  
616 How do we maximize the performance of lactating dairy cows reared in semiarid regions?  
617 **Livestock Science**. v.221, p. 133-138, 2019.
- 618  
619 MOREAU, R. A.; JOHNSTON, D. B.; HICKS, K. B. The Influence of Moisture Content and  
620 Cooking on the Screw Pressing and Prepressing of Corn Oil from Corn Germ. **Journal**  
621 **American Oil Chemists Society**. v.82, p.851-854, 2005.
- 622  
623 NEEKITA. et al. Potential of chia oil to enrich goats' milk with omega-3 fatty acids in  
624 comparison to linseed oil under tropical climate. **The Indian journal of animal sciences**. v.89,  
625 p. 269-275, 2019.
- 626  
627 NRC, 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New  
628 World Camelids, 1st ed. National Academy Press, Washington, DC.
- 629  
630 NUNES, J. C.; TORRES A. G. Fatty acid and CLA composition of Brazilian dairy products,  
631 and contribution to daily intake of CLA. **Journal of Food Composition and Analysis**. v.23,  
632 p.782-789, 2010.
- 633  
634 PARODI P. W. Dietary guidelines for saturated fatty acids are not supported by the evidence.  
635 **International Dairy Journal**. v.52, p.115-123, 2016.
- 636  
637 PERFIELD, J. W. et al. *Trans*-9, *cis*-11 conjugated linoleic acid reduces milk fat synthesis in  
638 lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.90, p.2211-2218, 2007.
- 639  
640 PINHO, C. de Sá.; SANTIAGO, A. C. C.; COSTA F. S. **Desempenho Econômico da**  
641 **Produção de Farinha de Mandioca em Cruzeiro do Sul, Acre, com Adoção de Boas**  
642 **Práticas Agrícolas**. Rio Branco, Documentos/Embrapa Acre, 2017.
- 643  
644 RAMOS, J. E. S. **Gestão dos custos de produção: avaliação da eficiência em propriedades**  
645 **leiteiras no agreste pernambucano**. 2017. Tese de mestrado (Programa de Pós-Graduação em  
646 Administração e Desenvolvimento Rural) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2017.
- 647  
648 REGO, O. A. et al. Rumen biohydrogenation-derived fatty acids in milk fat from grazing dairy  
649 cows supplemented with rapeseed, sunflower, or linseed oils. **International Journal Dairy**  
650 **Science**. v.92, p.4530-4540, 2009.

- 651 ROY, R. et al. Association of polymorphisms in the bovine FASN gene with milk-fat content.  
652 **Animal Genetics**. v.37, p.215-218, 2006.  
653
- 654 SANTOS, S. F. dos; BOMFIM, M. A. D.; CÂNDIDO, M. J. D. Produção e composição do leite  
655 de cabras alimentadas com dietas contendo farelo de mamona extrusado. **Agrarian Academic**  
656 **Journal**. v.2, p.69-80, 2019.  
657
- 658 SAS Institute Inc. **Statistical Analysis System user's guide**. Cary: SAS Institute USA, 2014.  
659 SEHAT, N. et al. Silver-Ion High-Performance Liquid Chromatographic Separation and  
660 Identification of Conjugated Linoleic Acid Isomers. **Lipids**. v.33, p.2017-2021, 1998.  
661
- 662 SHINGFIELD, K. J. et al. Role of trans fatty acids in the nutritional regulation of mamary  
663 lipogenesis in ruminants. **Animal**. v.4, p.1140-1166, 2010.  
664
- 665 SILVA, N. V.; COSTA, R. G.; FREITAS, C. R. G. Alimentação de ovinos em regiões  
666 semiáridas do Brasil. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.4, p.233-241, 2010.  
667
- 668 SKLAN D.; ASHKENAZI R.; BRAUN A.; DEVORIN A.; TABORI K. Fatty acids, calcium  
669 soaps of fatty acids and cottonseeds fed to high yielding cows. **International Journal of Dairy**  
670 **Science**. v.75, p.2463-2472, 1992.  
671
- 672 TORAL P. G. et al. Review: Modulating ruminal lipid metabolism to improve the fatty acid  
673 composition of meat and milk. **Challenges and opportunities**. v.12, p.272-281, 2018.  
674
- 675 TORAL, P. G. et al. Comparison of the nutritional regulation of milk fat secretion and  
676 composition in cows and goats. **Journal of Dairy Science**. v.98, p.7279-7297, 2015.  
677
- 678 TORAL, P. G. et al. Relationships between *trans*-10 shift indicators and milk fat traits in dairy  
679 ewes: Insights into milk fat depression. **Animal Feed Science and Technology**. v.261, p.1-14,  
680 2020.  
681
- 682 WOLFF R. L.; BAYARD C. C.; FABIEN, R. J. Evaluation of sequential methods for the  
683 determination of butterfat fatty acid composition with emphasis on trans-18:1acids. Application  
684 to the study of seasonal variations in French butters. **The Journal of the American Oil**  
685 **Chemists' Society international**. v.72, p.1471-1483, 1995.  
686
- 687 YANG, B. et al. Review of the roles of conjugated linoleic acid in health and disease. **Journal**  
688 **of Functional Foods**. v.15, p.314-325, 2015.