

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

ELIZABETH QUEIROZ LOPES DE VASCONCELOS

**CABRAS LEITEIRAS ALIMENTADAS COM DIFERENTES DIETAS BASAIS E
UMA FONTE LIPÍDICA: PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE**

**RECIFE
2023**

ELIZABETH QUEIROZ LOPES DE VASCONCELOS

**CABRAS LEITEIRAS ALIMENTADAS COM DIFERENTES DIETAS
BASAIS E UMA FONTE LIPÍDICA: PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO
LEITE**

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 e Dr. Fernando Torres Lucas Mesquita.

**RECIFE
2023**

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)

- V331c Vasconcelos, Elizabeth Queiroz Lopes de
Cabras leiteiras alimentadas com diferentes dietas basais e uma fonte lipídica: perfil de ácidos graxos do leite /
Elizabeth Queiroz Lopes de Vasconcelos. - 2023.
34 f.
- Orientador: Marcelo de Andrade Ferreira.
Coorientador: Marco Antonio Sundfeld da Gama.
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia,
Recife, 2023.
1. CLA. 2. Biohidrogenação. 3. Palma forrageira. 4. Polifenóis. 5. Volumoso. I. Ferreira, Marcelo de Andrade, orient.
II. Gama, Marco Antonio Sundfeld da, coorient. III. Título

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

**CABRAS LEITEIRAS ALIMENTADAS COM DIFERENTES DIETAS
BASAIS E UMA FONTE LIPÍDICA: PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO
LEITE**

Dissertação elaborada por

ELIZABETH QUEIROZ LOPES DE VASCONCELOS

Aprovado em/...../.....

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Orientador

Profª Drª Stela Antas Urbano
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Adriano Henrique do Nascimento Rangel
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

*“Escolha um trabalho que você ame e não
terá que trabalhar um único dia em sua vida.”*

(Confúcio)

*Aos meus pais, **Risalba Ferreira de Queiroz e Sebastião Lopes de Vasconcelos Filho**, por todo suporte na busca de meus objetivos.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado forças para concluir mais essa etapa.

Aos meus pais, por todo amor e apoio, sem isso eu não seria quem sou hoje e nem teria chegado aonde estou.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcelo Ferreira, pela paciência, conselhos, incentivo e ensinamentos desde a época da graduação. Agradeço aos anos de orientação.

Aos coorientadores, Dr. Lucas Mesquita e Dr. Marco Gama.

A Isis e Margot, esse trabalho é tão meu quanto de vocês, os meses em Sertânia e a continuação da luta em Recife tornou as coisas mais fáceis com vocês ao meu lado. Foram nos momentos mais difíceis que encontramos a força nos braços e palavras uma da outra.

A Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) de Sertânia, local de realização da pesquisa. Ao João Gomes, o melhor ordenhador de Sertânia, que nos auxiliou durante todo experimento. Aos demais trabalhadores do IPA que de alguma forma nos ajudaram.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, em especial, ao Departamento de Zootecnia, que por muitos anos foi minha segunda casa, local onde fiz diversos amigos e que aprendi muito do que sei sobre minha profissão.

Agradecimento especial a Robert Mora pela ajuda na estatística, a Marina Almeida pela ajuda nas análises do laboratório, e a Camila Sousa que não mediu esforços em me ajudar a compreender e discutir melhor o assunto deste trabalho.

As amigas Jady e Ana Flávia, que mesmo longe se fizeram presentes de muitas formas, sempre me apoiando em momentos difíceis. A Matheus e Katariny, amigos que trago desde a graduação. A vida pode nos distanciar, mas nos momentos que precisamos estamos unidos. Isso conta muito.

E por fim, mas não menos importante, a todos que foram até Sertânia ajudar na época de coleta ou que de alguma forma auxiliaram nas análises laboratoriais, em especial Agni, Darlan, Thayane, Emília, Silas, Erick, Milena, Caio, Salmo e João.

CABRAS LEITEIRAS ALIMENTADAS COM DIFERENTES DIETAS BASAIS E UMA FONTE LIPÍDICA: PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE

RESUMO

Objetivou-se avaliar o perfil de ácidos graxos do leite de cabras da Raça Saanen alimentadas com diferentes dietas basais e uma fonte lipídica. Doze cabras com peso médio inicial de $48,9 \pm 7,3$ kg, produção média de 2,8kg de leite/dia e período de lactação médio de 84 dias foram distribuídas de acordo com a produtividade em três quadrados latino 4x4. Cada período experimental teve duração de 21 dias, sendo 14 dias destinados à adaptação dos animais e os demais dias para coleta de dados e amostras. As dietas experimentais foram compostas por silagem de milho (SM), silagem de sorgo (SS), feno de capim-pangolão (FP) ou bagaço de cana-de-açúcar (BC) associado a palma forrageira e concentrando contendo gérmen de integral de milho extra gordo, como fonte lipídica. Foram avaliadas as proporções individuais e dos principais grupos de ácidos graxos (AG) secretados no leite de cabras. Os dados foram analisados utilizando-se pacote estatístico do SAS e as diferenças foram declaradas estatisticamente significativas quando $P < 0,05$. A proporção de AG de cadeia curta e média foram superiores no leite de cabras recebendo dieta basal contendo SM ou SS enquanto a proporção de AG de cadeia longa foi superior no leite de cabras que receberam FP ou BC. Já a concentração de AG saturados foi superior no leite de cabras recebendo silagem, e a proporção de AG poliinsaturados foi superior para no leite de cabras recebendo BC ou FP. Dietas basais contendo FP ou BC propiciam maior escape de intermediários da biohidrogenação (BH), principalmente C18:1 *trans*-11, o que tornou a proporção de CLA *cis*-9, *trans*-11 superior para estes tratamentos. O somatório de AG ômega-3 (n-3) no leite foi superior para dieta basal composta de palma forrageira e SS, e em função disto este tratamento apresentou menor relação n-6/n-3. Com base nos resultados encontrados, conclui-se que dietas basais contendo FP ou BC são mais indicadas para melhorar o perfil de AG do leite de cabras por reduzirem o teor de AG saturados e elevar concentração de AG poliinsaturados benéficos a saúde humana (C18:1 *trans*-11 e CLA *cis*-9, *trans*-11). Apesar disso, dieta basal contendo SS propiciou menor a relação n-6/n-3 no leite, tornando este de melhor qualidade do ponto de vista nutricional e saúde humana.

Palavras-chave: Palma forrageira, volumoso, biohidrogenação, polifenóis, CLA.

**DAIRY GOATS FED WITH DIFFERENT BASAL DIETS AND ONE LIPID
SOURCE: MILK FATTY ACIDS PROFILE**

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the fatty acids profile of milk of Saanen dairy goats fed with different basal diets and one lipid source. Twelve goats weighing 48.9 ± 7.3 kg, with a mean milk yield of 2.8 kg per day at 84 days on average, were distributed into three Latin square designs (4×4) according to their productivities. The experimental periods lasted 21 days each, and 14 days comprised the adaptation time, while the others were used to collect samples and data. The experimental diets were composed of maize silage (MS), sorghum silage (SS), pangola grass hay (PH), or sugarcane bagasse (SB) associated with forage cactus, plus a concentrate containing extra-fat whole corn germ added as a lipid source. Individual proportions and the primary fatty acid groups (FA) from dairy goats' milk were assessed. Data were analyzed with the statistical package from SAS[®], and the differences were stated as statistically significant when $P < 0.05$. The proportions of short and intermediate-chain FA were higher in the milk from goats fed with MS and SS, while the proportion of long-chain FA was greater in the milk from goats that received PH or SB. Conversely, the saturated FA concentration in milk was higher when goats received silages, whereas the polyunsaturated FA content was higher in the milk of goats fed with SB or PH. PH or SB-based diets provided more exhaust of bio-hydrogenation intermediates, mainly the C18:1 *trans*-11, which made the CLA *cis*-9 *trans*-11 proportion superior to the other treatments. The sum of omega-3 FA (n-3) in milk was higher for the basal diet containing forage cactus and SS, and consequently, the n-6/n-3 ratio was lower for this treatment. Based on the results obtained, it is concluded that PH or SB-based diets are more indicated to improve the FA profile of milk of Saanen dairy goats, owing to reduce the concentrations of saturated FA and increase those polyunsaturated FA beneficial to human health (C18:1 *trans*-11 and CLA *cis*-9 *trans*-11). Despite that, the SS-based diet led to the lowest milk n-6/n-3 ratio, providing the best quality for human nutrition and health.

Keywords: bio-hydrogenation, CLA, forage cactus, polyphenols, roughage.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (g/kg). 19	
Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais com base na matéria seca..... 20	
Tabela 3. Composição de ácidos graxos no leite (g/100g de AG total) de cabras alimentadas com diferentes dietas basais 22	
Tabela 4. Proporções (g/100 g de AG total) de AG C18 no leite de cabras alimentadas com diferentes dietas basais 24	
Tabela 5. Somatório dos principais grupos de ácidos graxos (g/100g de AG total), razões entre AGs e índices de esteroil-CoA dessaturase-1 (SCD1) no leite de cabras alimentadas com diferentes dietas basais 25	

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. Alimentos nutracêuticos.....	14
2.2. Manipulação do perfil de ácidos graxos do leite de ruminantes	15
2.3. Benefícios dos ácidos graxos do leite de ruminantes.....	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. Cuidado com os animais e local do experimento.....	17
3.2. Animais e desenho experimental	17
3.3. Ingredientes e dietas experimentais	18
3.4. Perfil de ácidos graxos do leite	20
3.5. Análises estatísticas	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1. Resultados	22
4.2. Discussão	27
5. CONCLUSÃO	30
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas três décadas, a composição de ácidos graxos (AG) do leite de ruminantes tem atraído considerável interesse dos consumidores do ponto de vista nutricional e saúde humana. O principal motivo para essa atenção crescente é que a gordura do leite de ruminantes apresenta-se como uma fonte natural quase exclusiva de certos AGs bioativos que podem melhorar a saúde humana e ter um papel importante na prevenção de doenças metabólicas (FERLAY et al., 2017). Em razão disso, grandes esforços foram feitos para alterar a composição de AG do leite e produtos lácteos de ruminantes, a fim de torná-los mais alinhados com as diretrizes dietéticas (PARODI, 2016).

A principal estratégia para atingir esse objetivo tem sido a suplementação de vacas e pequenos ruminantes com óleos vegetais (na forma líquida ou como sementes oleaginosas; BERNARD et al., 2013). Esta prática, além de diminuir as proporções de ácidos graxos saturados (AGS) do leite, pode aumentar as proporções de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) benéficos à saúde, especialmente o CLA *cis-9, trans-11* (GAMA et al., 2020). Além da fonte de gordura, o tipo de forrageira utilizada na dieta também pode influenciar o perfil de AG do leite de ruminantes (NUDDA et al., 2014).

Gama et al. (2020) verificaram que a substituição parcial de silagem de sorgo por palma forrageira em dietas suplementadas com óleo de soja resultou em aumento do teor de C18:2 *cis-9, trans-11* (ácido rumênico) e redução concomitante do teor de C18:0 (ácido esteárico) na gordura do leite, indicando que a palma forrageira reduziu a extensão da biohidrogenação (BH) ruminal do C18:2 n-6 (ácido linoleico) presente no óleo de soja, com consequente aumento do aporte de C18:1 *trans-11* (ácido vacênico) para a síntese mamária de C18:2 *cis-9, trans-11*. Sendo assim, a associação da palma forrageira com óleos vegetais representa uma estratégia promissora para aumentar o valor nutracêutico da gordura do leite.

A natureza e composição das forragens podem influenciar as vias de BH ruminal e afetar o perfil de AG do leite (BUCCIONI et al., 2012). Então, deduz-se que o perfil de AG do leite pode ser alterado em função do volumoso que estiver associado à palma forrageira e uma fonte lipídica.

Resultados obtidos por Corrêa (2022) mostraram que a inclusão de gérmen integral de milho extra gordo (GIMEX) em dieta contendo capim elefante e palma forrageira resultou em melhoria do perfil de AG do leite de cabras por meio do maior aporte ruminal de C18:1 *trans-11* resultando no aumento da síntese mamária de CLA *cis-9, trans-11* e redução da concentração de C16:0 (ácido palmítico). Esse resultado corrobora com o obtido por Netto et al. (2022)

quando o GIMEX foi uma fonte eficaz de lipídios na dieta para aumentar o fluxo ruminal de intermediários de BH para a glândula mamária de vacas, consequentemente produzindo leite enriquecido com CLA.

Dietas à base de pasto tem maior influência sobre composição de AG do leite quando comparado a dietas baseadas em forragens conservadas ou concentrados. Glasser et al. (2008) afirmam que os principais fatores que influenciam o teor de AG das forrageiras são a espécie, o estágio de desenvolvimento, as condições de conservação e a fertilização nitrogenada. Por exemplo, a secagem inadequada durante a fenação de forragens levou a uma diminuição dos AG C18:3, e a extensa lipólise durante a ensilagem pode aumentar a taxa de BH de AGPI no rúmen. Portanto, a escolha ideal da forragem dieta de cabras leiteiras pode oferecer uma opção para modificar o perfil de AG da gordura do leite com o objetivo de melhorar a saúde dos consumidores, o que é um aspecto de grande interesse para a indústria de alimentos.

Hipotetizou-se que a associação da palma forrageira e GIMEX com as silagens de milho e sorgo, feno de pangolão ou bagaço de cana-de-açúcar, não altera o perfil de ácidos graxos do leite de cabras da raça Saanen em lactação. Objetivou-se avaliar o perfil de ácidos graxos do leite de cabras alimentadas com dietas basais contendo silagem de milho, silagem de sorgo, feno de pangolão ou bagaço de cana-de-açúcar associados a palma forrageira e uma fonte lipídica.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Alimentos nutraceuticos

A população mundial aumentará em 42% até 2100 (ONU, 2019), e, com isso, a demanda por alimentos de alto valor proteico de origem animal crescerá também. A busca por alimentos mais saudáveis está em constante ascensão, e o termo nutraceutico vem ganhando força no mercado alimentício, isto porque alimentos com propriedades nutraceuticas são caracterizados por possuírem compostos bioativos que oferecem benefícios à saúde humana, incluindo a prevenção e/ou tratamento de doenças (SANTOS; ALBERT; LEANDRO, 2019; SILVA et al., 2021).

O leite e seus derivados constituem um grupo de alimentos de elevado valor nutricional (SBAN, 2015) e, apesar de toda polêmica envolvendo o consumo de leite e seus derivados ao redor do mundo em função dos AGS presentes nesse alimento, que comumente é associando ao aumento de casos de obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares (DCV) (GIVENS, 2017), Duque et al. (2020) enfatizam que descobertas acerca dos benefícios de AG

biologicamente ativos presentes na gordura do leite integral e dos seus derivados tem motivado a realização de pesquisas no Brasil e no mundo, visando o enriquecimento natural desses alimentos com tais compostos.

Estudos recentes mostram que somente parte da gordura saturada presente no leite pode ser considerada hipercolesterolêmica, e os componentes da matriz láctea podem modificar as respostas no organismo humano (THORNING; BERTRAM; BONJOUR, 2017; NETTO, 2022). Além disso, Thorning, Bertram e Bonjour (2017) afirmaram que os produtos lácteos, dependendo do seu tipo de processamento, podem aumentar as interações na matriz láctea, modificando assim os efeitos metabólicos do consumo de lácteos sobre o peso corporal, risco de doenças cardiometabólicas e saúde óssea.

2.2. Manipulação do perfil de ácidos graxos do leite de ruminantes

A composição da dieta influencia diretamente na qualidade do leite, podendo alterar até 50% nos teores de proteína e gordura do leite (NRC, 2001) e, de acordo com Almeida, Machado e Rios (2018) a introdução de fontes de AGPI nas dietas de ruminantes podem reduzir os AGS no leite e aumentar a quantidade de ácidos graxos desejáveis. Alimentos com propriedades nutracêuticas têm sido adicionados à dieta das vacas com o intuito de que os compostos bioativos destes alimentos sejam transferidos para o leite (SILVA et al., 2021).

Além disso, a adição de gordura na dieta de ruminantes pode funcionar como estratégia para modular metabolismo lipídico ruminal e manipular o perfil de AG do leite de forma que favoreça a presença de isômeros benéficos a saúde humana (KLIEM et al., 2019). Entretanto, alcançar mudanças desejadas na composição dos AG do leite através da suplementação da dieta com óleos vegetais depende do tipo e das proporções dos ingredientes da ração utilizados na dieta basal.

Pesquisas mostram que o perfil de AG do leite de vacas alimentadas com palma forrageira apresenta baixas proporções de C18:0 independente da composição da dieta basal e Gama et al. (2020) sugere que a associação de palma forrageira com óleos vegetais ricos em AGPI podem modular a composição da microbiota ruminal e a dinâmica das partículas no rúmen de uma forma que favorece o fluxo de C18:1 *trans*-11 e AGPI dietético para a glândula mamária. Isso ocorre em função da baixa efetividade da fibra que a palma forrageira reduzindo assim o tempo de exposição das partículas de ração às bactérias ruminais, bem como a presença de compostos fenólicos que podem alterar a população microbiana ruminal ao inibir as espécies de bactérias responsáveis pela etapa final do BH ruminal (SOARES et al., 2020). A BH ruminal incompleta de AG dietéticos permite que intermediários benéficos a saúde humana alcancem o

duodeno e, após a absorção, fiquem disponíveis para incorporação na gordura do leite (SHINGFIELD et al., 2010).

O GIMEX é um coproduto obtido do processamento do milho pela indústria alimentícia. Apesar de representar 11% do grão de milho, concentra 83% dos lipídios que são altamente insaturadas, composta de aproximadamente 56% de ácido linoléico, 28% de ácido oléico, 11% de ácido palmítico, 2% de ácido esteárico, 1,3% de ácido linolênico e 0,5% de ácido araquidônico (ALMEIDA et al., 2016; MILLER et al., 2009). O GIMEX possui uma composição interessante para compor a dieta de animais leiteiros. Corrêa (2022) observou aumento de C18:1 *trans*-11 no leite de cabras alimentadas com capim elefante, palma forrageira e GIMEX, o que garantiu aumento da síntese mamária de CLA *cis*-9 *trans*-11.

2.3. Benefícios dos ácidos graxos do leite de ruminantes

A concentração dos ácidos graxos de cadeia ímpar e ramificada (AGCIR) no leite é baixa, mas sua presença é importante por indicar os efeitos da dieta basal sobre a microbiota ruminal (VLAEMINCK et al., 2006). Estudos mais recentes têm relatado que os AGCIR influenciam positivamente a saúde humana e ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR) apresentaram propriedades anti-inflamatórias em células (RAN-RESSLER et al., 2014), enquanto a concentração dos ácidos graxos de cadeia ímpar (AGCI; C15:0 e C17:0) foram inversamente associados a DCV (JENKINS; WEST; KOULMAN, 2015) e a incidência de diabetes tipo 2 (IMAMURA et al., 2018).

Os AGPI dietéticos sofrem o processo de BH ruminal e tem como principal isômero resultante o C18:1 *trans*-11, que é caracterizado por ser o principal precursor do C18:2 *cis*-9, *trans*-11 presente no leite (SHINGFIELD et al., 2010) e ambos são os dois principais AGs com comprovada importância benéfica para saúde humana.

O ácido linoleico conjugado (CLA) vem sendo associado a benefícios à saúde humana, tais como melhora da condição cardiovascular, do sistema imunológico, além de potencial efeito anticancerígeno, hipolipomiantes e com mecanismo antioxidante (SILVA et al., 2021). O CLA *cis*-9, *trans*-11 presente quase que exclusivamente no leite de ruminantes apresenta propriedades anticarcinogênicas, antidiabetogênicas, antiaterogênicas e imunomodulatórias (CORRÊA, 2022). O CLA pode ser originado através de duas vias, sendo uma delas no rúmen, por meio da BH incompleta de AGPI provenientes da dieta, ou na glândula mamária, pela dessaturação do ácido graxo C18:1 *trans*-11 por ação da Δ^9 - dessaturase (CORL et al., 2001).

Além desses, é importante destacar também dois tipos de ácidos graxos que são considerados essenciais: o ácido linolênico (ômega-3; n-3) e o ácido linoleico (ômega-6; n-6).

Diversos estudos têm demonstrado os efeitos benéficos do n-3 à saúde, tais como: no metabolismo lipídico, proporcionando redução nos níveis plasmáticos dos triglicerídeos, colesterol total e LDL, como vasodilatador e na prevenção da formação de trombos (SANTOS; CARAM; SINICO, 2022; RIBEIRO; FERREIRA; SILVA, 2022; VAZ et al., 2014). Os principais n-3 incluem o alfa linolênico (C18:3 n-3), eicosapentanóico (C20:5 n-3) e o docosaheptaenóico (C22:6 n-3). É desejável aumentar o consumo de n-3, bem como diminuir a ingestão de n-6, isso porque o consumo de n-3 está envolvido na prevenção de câncer, obesidade, diabetes e DCV (BAZINET et al., 2014), enquanto o consumo de n-6 pode provocar um estado inflamatório (NETTO, 2022).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Cuidado com os animais e local do experimento

O experimento ocorreu de setembro a dezembro de 2021 e o manejo e tratamento dos animais foram realizados de acordo com as orientações do Comitê de Ética do Uso de Animais de Experimentação (CEUA) sob licença nº - 4145280322 da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). O ensaio experimental foi realizado na Estação Experimental do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) localizado na cidade de Sertânia – Pernambuco, cujas coordenadas geográficas são: Latitude: 8° 4' 28" Sul; Longitude: 37° 15' 53" Oeste; Altitude: 546 metros; e Clima: Semiárido.

3.2. Animais e desenho experimental

Utilizou-se 12 cabras da raça Saanen, multíparas, em lactação, com peso médio de $48,9 \pm 7,3$ kg, produção inicial de 2,8kg de leite/dia e período de lactação de 84 dias. Inicialmente os animais foram pesados, identificados e distribuídos de acordo com a produtividade em três quadrados latinos simultâneos (4 x 4), com quatro animais, quatro tratamentos e quatro períodos. Cada período experimental teve duração de 21 dias, sendo 14 dias para adaptação dos animais às dietas e 7 dias para coleta de dados e amostras, totalizando 84 dias de duração do experimento. Antes de iniciar o experimento, as cabras passaram por um período de adaptação às instalações e manejo de 14 dias. O peso corporal (PC) individual das cabras foi verificado no início e no final de cada período experimental, após a ordenha matinal. Os animais foram alojados em baias individuais em piso de terra; separadas entre si por cercas de ripas de madeira, com área coberta de 3m². Cada baia era dotada de cocho para o fornecimento e controle do alimento e bebedouros individuais, com água à disposição.

3.3. Ingredientes e dietas experimentais

Na tabela 1 está apresentada a composição dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (Tabela 2) que foram formuladas de acordo com o NRC (2007) para atender as exigências das cabras em lactação, de forma a apresentarem o mesmo teor de proteína bruta, extrato etéreo e fibra em detergente neutro. Os tratamentos experimentais consistiram em 4 dietas basais sendo: Silagem de Milho + Palma (SMP); Silagem de Sorgo + Palma (SSP); Feno de Pangolão + Palma (FPP) e Bagaço de cana-de-açúcar + Palma (BCP). Todos os tratamentos foram fornecidos com alimento concentrado contendo gérmen integral de milho extra gordo (GIMEX).

As silagens de milho (IPA BRS 5026, São José) e sorgo (SF 15) e o feno de Pangolão (*Digitaria pentzii* Stent.) foram confeccionados na própria estação experimental. A palma miúda (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck) foi proveniente da estação experimental. O bagaço de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L) foi adquirido de usina comercial. O GIMEX foi proveniente da empresa *Ingredion*[®]. Os ingredientes foram analisados antes de iniciar o experimento para elaboração das dietas.

As dietas foram fornecidas *ad libitum* na forma de ração completa, três vezes ao dia (8h00; 12h00 e 16h00), permitindo-se sobras de 5 a 10% do total de matéria seca fornecida. A palma forrageira foi triturada diariamente em máquina forrageira no momento do fornecimento e misturada ao volumoso e ao alimento concentrado no cocho.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (g/kg)

Ingredientes	PF ¹	SM ²	SS ³	FP ⁴	BC ⁵	Milho	Soja	Trigo	GIMEX ⁶	Prot. ⁷	Ref. ⁸	U/S ⁹	Sal ¹⁰	MM ¹¹
Composição química dos ingredientes (g/kg)														
MS ¹²	217,9	275,7	289,6	892,2	917,4	843,4	858,8	855,0	918,4	891,4	869,8	970,0	990,0	990,0
MM ¹³	144,0	66,0	114,0	71,0	30,0	17,0	73,1	65,0	9,8	43,9	100,0	0	999,9	999,9
MO ¹⁴	856,0	934,0	886,0	929,0	970,0	983,2	926,9	935,0	990,2	956,1	900,0	0	0	0
PB ¹⁵	27,0	70,0	71,0	26,0	19,0	86,0	518,0	151,0	110,0	707,0	317,0	0	0	0
EE ¹⁶	19,1	23,2	33,0	19,0	14,0	59,0	44,0	39,0	467,0	34,1	28,0	0	0	0
FDN ¹⁷	260,0	610,0	650,0	721,9	815,5	166,9	148,0	467,3	290,0	80,0	387,7	0	0	0
FDNcp ¹⁸	257,8	592,2	617,3	706,3	805,2	140,3	131,8	386,5	247,0	72,9	327,3	0	0	0
FDNi ¹⁹	142,4	133,2	163,7	269,2	333,0	11,5	94,0	122,8	21,0	64,0	29,4	0	0	0
CHOT ²⁰	809,9	840,8	782,0	884,0	937,0	838,0	364,9	745,0	413,2	215,0	555,0	0	0	0
CNF ²¹	552,1	248,6	164,7	177,7	131,8	697,7	233,1	358,5	166,2	142,1	227,7	0	0	0
Perfil de ácidos graxos dos ingredientes (g/ 100g AG)														
AGs totais ²²	11,2	22,6	25,3	11,1	3,13	47,2	35,2	31,2	420,3	27,3	22,4			
C14:0	1,98	0,68	2,07	3,10	1,92	0,09	0,27	0,14	0,04	0,08	0,08			
C16:0	30,1	38,5	34,8	27,9	29,8	18,2	21,8	18,8	13,2	17,6	29,3			
C18:0	5,40	3,87	5,35	7,22	5,05	1,42	2,40	1,13	2,18	2,34	2,95			
C18:1 n-9	12,6	11,3	14,5	8,33	25,8	26,4	12,2	17,9	34,3	25,9	19,1			
C18:2 n-6	24,6	28,9	17,9	10,5	15,4	50,7	56,9	55,9	47,4	49,8	43,7			
C18:3 n-3	5,75	10,3	14,8	1,09	1,94	1,89	4,48	3,23	0,90	1,56	1,84			
C20:0	0,65	0,59	1,63	21,2	3,41	0,25	0,08	0,18		0,40	0,34			
C22:0	1,06	0,74	1,31	5,10	3,17	0,17	0,11	0,25		0,25	0,27			
C24:0	1,99	0,86	1,54	4,30	4,01	0,09	0,05	0,19		0,34	0,71			

¹Palma forrageira; ²Silagem de milho; ³Silagem de sorgo; ⁴Feno de pangolão; ⁵Bagaço de cana-de-açúcar; ⁶Gérmem integral extra gordo de milho; ⁷Protenose; ⁸Refinazil; ⁹Ureia e sulfato de amônio (9:1); ¹⁰Sal comum; ¹¹Mistura mineral; ¹²Matéria seca; ¹³Matéria mineral; ¹⁴Matéria orgânica; ¹⁵Proteína bruta; ¹⁶Extrato etéreo; ¹⁷Fibra em detergente neutro; ¹⁸Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; ¹⁹Fibra em detergente neutro indigestível; ²⁰Carboidratos totais; ²¹Carboidratos não fibrosos; ²²Ácidos graxos totais (g/kg MS)

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais com base na matéria seca.

Ingredientes (g/kg)	Dieta basal			
	SMP ¹	SSP ²	FPP ³	BCP ⁴
Palma Miúda	310	310	400	410
Silagem de Milho	340	0	0	0
Silagem de Sorgo	0	340	0	0
Feno de Pangolão	0	0	250	0
Bagaço de cana-de-açúcar	0	0	0	240
Fubá de milho	87	89	69	68
Farelo de soja	3,2	3,2	3,2	3,2
Farelo de trigo	7,8	6,3	5,8	6,8
GIMEX	72	72	86	86
Protenose	70	70	70	70
Refinazil	86	86	86	86
Mistura Mineral	15	15	15	15
Sal Comum	5	5	5	5
Ureia/Sulf. Amônio (9:1)	4	3,5	10	10
Composição química da dieta (g/kg)				
MS	327,65	334,12	398,78	394,13
MO	894,34	878,58	880,36	889,43
PB	137,76	136,72	138,48	136,87
EE	57,81	61,2	61,79	60,57
FDN _{cp}	347,94	356,18	346,53	366,03
FDN _i	100,21	110,42	134,88	149,04
CNF	360,74	333,07	359,38	351,77
Perfil de ácidos graxos da dieta (g/kg)				
Ácidos graxos totais	49,7	50,6	50,8	48,9
C16:0	9,72	9,76	8,45	7,93
C18:0	1,31	1,47	1,38	1,23
C18:1 n-9	13,7	14,1	14,9	14,9
C18:2 n-6	21,5	20,8	22,1	21,9
C18:3 n-3	1,42	1,90	0,75	0,74

¹Dieta basal composta por silagem de milho + palma; ² Dieta basal composta por silagem de sorgo + palma; ³ Dieta basal composta por feno de pangolão + palma; ⁴ Dieta basal composta por bagaço de cana-de-açúcar + palma.

3.4. Perfil de ácidos graxos do leite

As cabras foram ordenhadas manualmente, após higienização e desinfecção dos tetos com água corrente, sabão neutro, além da solução pré e pós dipping (iodo glicerinado a 2%). Após a ordenha, o leite foi pesado, computando-se as produções individuais duas vezes ao dia (7:00 e 16:00), fazendo-se o registro da produção de leite durante os 7 dias de cada período de coleta, sendo registrada individualmente por cada animal. No 5° e 6° dias de cada período

experimental foram coletadas amostras individuais de leite, fazendo-se amostras compostas, proporcional a produção em cada sessão de ordenha (manhã e tarde). Uma alíquota (5 ml) sem adição de conservantes foi acondicionada em tubo criogênico e armazenada em freezer (-20 C) para posterior determinação do perfil de ácidos graxos (AG) do leite, sendo realizadas no Laboratório de Cromatografia da Embrapa Gado de Leite (Juiz de Fora, Minas Gerais).

Para determinar a composição de AG do leite, as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente, e um volume de 1 mL foi utilizado para extração de lipídios utilizando hidróxido de amônio, etanol, éter dietílico e hexano, de acordo com o Método Oficial AOAC 989.05 (AOAC, 2012). A fase superior contendo a gordura do leite foi evaporada até a secura a 40°C sob nitrogênio livre de oxigênio.

Os lipídios do leite extraídos foram dissolvidos em hexano e acetato de metila e transesterificados para ésteres metílicos de AG (FAME) usando metóxido de sódio metanólico preparado na hora, conforme descrito em outros estudos (BALDIN et al., 2013). A mistura foi neutralizada com ácido oxálico (1 g de ácido oxálico em 30 mL de éter dietílico) e adicionou-se cloreto de cálcio para remover os resíduos de metanol. Os FAME foram separados e quantificados usando um cromatógrafo a gás (modelo 7820A, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EUA), equipado com um detector de ionização de chama e com uma coluna capilar de sílica fundida CP- Sil 88 (100 m × 0,25mm × 0,2 µm espessura do filme; Varian, Mississauga, ON, Canadá).

As condições de operação foram as mesmas descritas por Gama et al. (2020). Os FAME foram identificados por comparação dos tempos de retenção com padrões comerciais (Sigma-Aldrich®, St. Louis, MO, EUA; Larodan AB, Estocolmo, Suécia; Luta- CLA® 60, BASF), enquanto C18:0 menores *trans/cis*: Isômeros 1 e CLA *trans*-9, *cis*-11 foram identificados de acordo com sua ordem de eluição relatada nas mesmas condições analíticas (CRUZ-HERNANDEZ et al., 2007).

A composição de AG do leite foi expressa como uma proporção de AG total usando fatores de resposta teóricos (WOLFF et al., 1995). Índices de estearoil-CoA dessaturase-1 (SCD1) foram calculados para os principais pares de produtos e substratos desta enzima (C14:1 *cis*-9/14:0 (SCD₁₄), C16:1 *cis*-9/16:0 (SCD₁₆), 18:1 *cis*-9/18:0 (SCD₁₈) e pares CLA *cis*-9, *trans*-11/C18:1 *trans*-11 (SCD_{VA})) como descrito por Kelsey et al. (2003).

O outro conjunto de amostras de leite foi analisado quanto às concentrações de gordura, proteína, lactose e ureia-N por espectrometria de infravermelho médio (Bentley Instruments, Bentley FTS, Chaska, MN, EUA) de acordo aos protocolos da International Dairy Federation para amostras de leite integral (ISO, 2013).

3.5. Análises estatísticas

Os dados foram analisados utilizando-se o procedimento PROC MIXED do SAS (2014) pacote estatístico (Statistical Analysis System, versão 9.4) segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + Q_j + P_k + (A/Q)_{lj} + T^*Q_{ij} + \varepsilon_{ijkl}$$

Onde: Y_{ijkl} = observação $ijkl$; μ = média geral; T_i = efeito fixo do tratamento i ; Q_j = efeito fixo do quadrado j ; P_k = efeito fixo do período k ; $(A/Q)_{lj}$ = efeito aleatório do animal l dentro do quadrado j ; T^*Q_{ij} = efeito fixo da interação tratamento i e quadrado j ; ε_{ijkl} = erro aleatório com a média 0 e variância σ^2 .

As diferenças foram declaradas estatisticamente significativas quando $P < 0,05$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Resultados

O perfil de ácidos graxos (AG) do leite de cabras alimentadas com diferentes dietas basais está apresentado na tabela 3. A proporção dos AG de cadeia curta (AGCC; com exceção do C7:0 e C9:0) foi superior no leite de cabras que receberam dieta basal de silagem de milho e palma forrageira (SMP) quando comparada ao leite dos animais que receberam dieta basal de feno de pangolão e palma forrageira (FPP; $P < 0,01$). Os teores de AG de cadeia média (AGCM) saturada C12:0, C14:0 e C16:0 também foram inferiores no leite de cabras que receberam dieta basal contendo feno de pangolão ($P \leq 0,02$) em relação ao leite das que receberam dietas basais contendo silagem (SMP ou silagem de sorgo e palma forrageira - SSP).

Tabela 3. Composição de ácidos graxos no leite (g/100g de AG total) de cabras alimentadas com diferentes dietas basais

Item	Dieta basal				EPM ⁵	P-Valor
	SMP ¹	SSP ²	FPP ³	BCP ⁴		
C4:0	2,533	2,510	2,477	2,430	0,080	0,47
C5:0	0,022	0,022	0,018	0,019	0,002	0,06
C6:0	2,552 ^a	2,482 ^{ab}	2,222 ^{bc}	2,318 ^b	0,075	<0,01
C7:0	0,021 ^a	0,022 ^a	0,014 ^b	0,016 ^b	0,002	<0,01
C8:0	2,934 ^a	2,780 ^{ab}	2,380 ^{bc}	2,562 ^b	0,101	<0,01
C9:0	0,057 ^a	0,044 ^{ab}	0,035 ^b	0,051 ^a	0,006	<0,01
C10:0	8,365 ^a	8,018 ^{ab}	6,461 ^{bc}	7,222 ^b	0,358	<0,01
C10:1 <i>cis</i> -9	0,165 ^a	0,159 ^{ab}	0,126 ^{bc}	0,136 ^b	0,008	<0,01
C11:0	0,080 ^a	0,075 ^a	0,052 ^c	0,064 ^b	0,006	<0,01
C12:0	3,208 ^a	3,048 ^{ab}	2,475 ^{bc}	2,768 ^b	0,124	<0,01
C12:1 <i>cis</i> -9 + C13:0 ⁶	0,113 ^a	0,107 ^a	0,077 ^b	0,088 ^b	0,005	<0,01

Item	Dieta basal				EPM ⁵	P-Valor
	SMP ¹	SSP ²	FPP ³	BCP ⁴		
C14:0 <i>iso</i>	0,079	0,087	0,076	0,084	0,006	0,26
C14:0	8,154 ^a	8,131 ^a	6,957 ^b	7,857 ^{ab}	0,287	0,02
C14:1 <i>cis</i> -9	0,112	0,094	0,071	0,091	0,012	0,08
C15:0 <i>iso</i>	0,142 ^b	0,157 ^b	0,147 ^b	0,176 ^a	0,006	<0,01
C15:0 <i>anteiso</i>	0,306 ^a	0,327 ^a	0,270 ^b	0,300 ^{ab}	0,015	<0,01
C15:0	0,825 ^a	0,798 ^a	0,646 ^b	0,715 ^{ab}	0,045	0,03
C16:0 <i>iso</i>	0,192	0,187	0,178	0,188	0,018	0,91
C16:0	21,91 ^{ab}	22,23 ^a	20,36 ^{bc}	21,37 ^{ab}	0,715	0,02
C16:1 <i>trans</i> -9	0,089 ^b	0,092 ^b	0,096 ^{ab}	0,105 ^a	0,007	<0,01
C16:1 <i>trans</i> -12	0,277	0,299	0,280	0,280	0,014	0,34
C16:1 <i>cis</i> -9 + C17:0 <i>anteiso</i> ⁶	0,593 ^c	0,696 ^{ab}	0,604 ^c	0,662 ^{bc}	0,038	<0,04
C17:0 <i>iso</i>	0,411 ^b	0,363 ^b	0,554 ^a	0,608 ^a	0,046	<0,01
C17:0	0,448 ^c	0,496 ^{ab}	0,450 ^{bc}	0,442 ^c	0,013	0,02
C17:1 <i>cis</i> -9	0,118	0,134	0,119	0,128	0,010	0,34
C20:0	0,235 ^b	0,255 ^b	0,324 ^a	0,230 ^{bc}	0,009	<0,01
C20:1 <i>cis</i> -11	0,060 ^b	0,060 ^b	0,069 ^a	0,074 ^a	0,003	<0,01
C20:2 n-6	0,020 ^c	0,022 ^{bc}	0,027 ^{ab}	0,025 ^{bc}	0,002	0,02
C20:3 n-6	0,040 ^b	0,053 ^a	0,060 ^a	0,037 ^b	0,003	<0,01
C20:4 n-6	0,132	0,144	0,133	0,143	0,009	0,31
C20:5 n-3	0,013 ^b	0,020 ^a	0,019 ^a	0,013 ^b	0,002	<0,01
C21:0	0,020	0,021	0,021	0,023	0,002	0,66
C22:0	0,017	0,019	0,016	0,019	0,002	0,24
C22:5 n-3	0,023	0,027	0,021	0,024	0,003	0,29
C23:0	0,010	0,026	0,009	0,009	0,002	0,43
C24:0	0,021 ^{ab}	0,026 ^a	0,020 ^b	0,021 ^{ab}	0,002	0,03

¹Dieta basal: silagem de milho + palma; ² Dieta basal: silagem de sorgo + palma; ³ Dieta basal: feno de pangolão + palma; ⁴ Dieta basal: bagaço de cana-de-açúcar + palma; ⁵Erro padrão da média. ⁶C12:1 *cis*-9 e C16:1 *cis*-9 co-eluíram com C13:0 e C17:0 *anteiso*, respectivamente. Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente ($P > 0,05$).

Os AGs de cadeia ímpar (AGCI) e os AGs de cadeia ímpar e ramificada (AGCIR) C15:0 e C15:0 *anteiso* foram mais elevados no leite de cabras que receberam dieta basal SMP e SSP em comparação a quando receberam tratamento contendo feno de pangolão (exceto C17:0; $P \leq 0,03$). Por outro lado, C15:0 *iso* e C17:0 *iso* apresentaram maior proporção no leite dos animais recebendo dieta basal contendo bagaço de cana-de-açúcar e palma forrageira (BCP) ou FPP em relação aos tratamentos contendo silagem ($P < 0,01$).

A proporção da maior parte dos AG de cadeia longa (AGCL, exceto C24:0) no leite de cabras (Tabela 3) alimentadas com a dieta basal FPP (C20:0, C20:1 *cis*-11, C20:2 n-6, C20:3 n-6 e C20:5 n-3) ou BCP (C20:1 *cis*-11) foram superiores quando comparado as dietas basais contendo silagem ($P \leq 0,03$).

As proporções de AG C18 estão detalhados na tabela 4. O teor de C18:0 no leite foi maior na dieta basal BCP em comparação a dieta basal FPP ($P < 0,01$). Entretanto, as proporções de AG *trans* (com exceção de C18:1 *trans*-16) no leite foram superiores quando as cabras receberam dieta basal contendo BC ou FP em comparação aos tratamentos SMP e SSP ($P \leq 0,03$). Já as proporções de C18:1 *cis*-9, C18:1 *cis*-11 e C18:2 *cis*-9, *trans*-12 foram mais elevadas no leite de cabras recebendo dieta basal contendo feno de pangolão em comparação aos tratamentos BCP ou SMP ($P \leq 0,04$).

Tabela 4. Proporções (g/100 g de AG total) de AG C18 no leite de cabras alimentadas com diferentes dietas basais

Item	Dieta basal				EPM ⁵	P-Valor
	SMP ¹	SSP ²	FPP ³	BCP ⁴		
C18:0 <i>iso</i>	0,065	0,070	0,064	0,062	0,003	0,30
C18:0	9,273 ^{bc}	9,945 ^{bc}	10,31 ^{ab}	8,917 ^c	0,338	<0,01
C18:1 <i>trans</i> -4	0,038 ^b	0,037 ^{bc}	0,051 ^{ab}	0,046 ^b	0,004	0,03
C18:1 <i>trans</i> -5	0,032 ^b	0,031 ^{bc}	0,044 ^b	0,045 ^{ab}	0,004	<0,01
C18:1 <i>trans</i> -6, <i>trans</i> -8	0,415 ^b	0,384 ^b	0,500 ^a	0,515 ^a	0,030	<0,01
C18:1 <i>trans</i> -9	0,456 ^b	0,446 ^b	0,572 ^a	0,553 ^a	0,026	<0,01
C18:1 <i>trans</i> -10	0,436 ^c	0,446 ^{bc}	0,569 ^{ab}	0,511 ^{bc}	0,061	0,03
C18:1 <i>trans</i> -11	3,498 ^b	2,899 ^b	5,037 ^a	5,344 ^a	0,362	<0,01
C18:1 <i>trans</i> -12	0,539 ^b	0,523 ^b	0,675 ^a	0,648 ^a	0,033	<0,01
C18:1 <i>trans</i> -13, <i>trans</i> -14	0,457 ^a	0,339 ^b	0,492 ^a	0,478 ^a	0,042	<0,01
C18:1 <i>trans</i> -16	0,247 ^{bc}	0,266 ^{ab}	0,251 ^{bc}	0,221 ^c	0,009	<0,01
C18:1 <i>cis</i> -9	19,66 ^c	20,57 ^{bc}	22,14 ^{ab}	19,85 ^c	0,852	<0,01
C18:1 <i>cis</i> -11	0,564 ^c	0,585 ^{bc}	0,629 ^{ab}	0,627 ^{bc}	0,021	0,01
C18:1 <i>cis</i> -12	0,361 ^a	0,368 ^a	0,368 ^a	0,302 ^b	0,024	0,02
C18:1 <i>cis</i> -13	0,073	0,083	0,095	0,097	0,010	0,13
C18:1 <i>cis</i> -15 + C19:0 ⁶	0,065	0,062	0,073	0,066	0,016	0,43
C18:2 <i>trans</i> -9, <i>trans</i> -12	0,010	0,010	0,010	0,010	0,002	0,76
C18:2 <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -12	0,075 ^b	0,077 ^{ab}	0,084 ^a	0,074 ^{bc}	0,004	0,04
C18:2 <i>trans</i> -9, <i>cis</i> -12	0,026	0,028	0,028	0,031	0,002	0,17
C18:2 n-6	3,666	3,589	3,926	3,600	0,167	0,26
C18:3 n-6	0,025	0,028	0,029	0,024	0,002	0,09
C18:3 n-3	0,139 ^a	0,161 ^a	0,111 ^b	0,102 ^b	0,007	<0,01
CLA <i>cis</i> -9, <i>trans</i> -11	2,160 ^b	1,841 ^b	3,170 ^a	3,340 ^a	0,196	<0,01
CLA <i>trans</i> -9, <i>cis</i> -11	0,044 ^b	0,044 ^b	0,061 ^a	0,063 ^a	0,004	<0,01
CLA <i>trans</i> -10, <i>cis</i> -12	0,012	0,014	0,015	0,018	0,003	0,13

¹Dieta basal: silagem de milho + palma; ² Dieta basal: silagem de sorgo + palma; ³ Dieta basal: feno de pangolão + palma; ⁴ Dieta basal: bagaço de cana-de-açúcar + palma; ⁵Erro padrão da média; ⁶C18:1 *cis*-15 co-eluiu com C19:0. Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente ($P > 0,05$).

O C18:3 n-3 apresentou maior concentração no leite de cabras recebendo dietas basais SMP e SSP em relação a FPP ou BCP ($P < 0,01$). E de forma contrária, CLA *trans*-9, *cis*-11 e CLA *trans*-10, *cis*-12 (Tabela 4) foram maiores no leite de animais recebendo dieta basal contendo PF com FP ou BC em comparação aos tratamentos contendo silagem ($P < 0,01$).

A tabela 5 apresenta os principais grupos de AG, as relações entre C18:1 *trans*/C18:0 e n-6/n-3, bem como também os índices de atividade da enzima SCD-1 na glândula mamária. Os AGCC e AGCM apresentaram maiores teores no leite de cabras alimentadas com dieta basal SMP e SSP em comparação aquelas que receberam dieta basal contendo feno de pangolão ($P < 0,01$). Diferentemente, AGCL apresentaram maior concentração no leite de cabras que receberam dieta basal FPP em comparação aqueles que receberam dietas contendo silagem (Silagem de milho ou sorgo; $P < 0,01$).

As diferentes dietas basais não promoveram alterações na proporção dos AGCIR no leite ($P = 0,13$). Porém, a proporção de AG de cadeia ímpar linear (AGCIL) foi menor para as dietas basais contendo silagem quando comparado a FPP ($P < 0,01$). Já o teor de AG de cadeia ramificada (AGCR) no leite foi superior para dieta contendo bagaço de cana-de-açúcar quando comparados com dietas basais SMP ou SSP ($P < 0,01$).

Tabela 5. Somatório dos principais grupos de ácidos graxos (g/100g de AG total), razões entre AGs e índices de esteroil-CoA dessaturase-1 (SCD1) no leite de cabras alimentadas com diferentes dietas basais

Item	Dieta basal				EPM ⁵	P-Valor
	SMP ¹	SSP ²	FPP ³	BCP ⁴		
Somatório AGs						
Σ AGCC ⁶	16,38 ^a	15,79 ^{ab}	13,54 ^c	14,53 ^{bc}	0,549	<0,01
Σ AGCM ⁷	33,27 ^a	33,41 ^a	29,79 ^{bc}	31,99 ^{ab}	0,937	<0,01
Σ AGCL ⁸	0,492 ^c	0,504 ^c	0,646 ^{ab}	0,592 ^{bc}	0,063	<0,01
Σ AGCIR ⁹	2,678	2,682	2,533	2,757	0,094	0,13
Σ AGCIL ¹⁰	1,482 ^a	1,491 ^a	1,245 ^{bc}	1,339 ^{ab}	0,052	<0,01
Σ AGCR ¹¹	1,195 ^c	1,191 ^c	1,289 ^{bc}	1,418 ^{ab}	0,060	<0,01
Σ AGS ¹²	61,88 ^a	62,12 ^a	56,53 ^b	58,47 ^b	1,151	<0,01
Σ AGMI ¹³	28,30 ^b	26,61 ^b	32,87 ^a	30,80 ^{ab}	0,886	<0,01
Σ AGMI <i>cis</i>	21,82 ^c	22,85 ^{bc}	24,30 ^{ab}	22,05 ^c	0,887	<0,05
Σ AGMI <i>trans</i>	6,485 ^b	5,761 ^b	8,571 ^a	8,747 ^a	0,522	<0,01
Σ AGPI ¹⁴	6,387 ^b	6,063 ^b	7,698 ^a	7,507 ^a	0,292	<0,01
Σ C18:1 <i>trans</i>	6,119 ^b	5,371 ^b	8,195 ^a	8,362 ^a	0,524	<0,01
Σ C18:1 <i>trans</i> - C18:1 <i>trans</i> -11	2,621 ^b	2,472 ^b	3,158 ^a	3,017 ^a	0,180	<0,01
Σ C18:2 <i>trans</i>	0,112	0,120	0,125	0,118	0,007	0,22

Item	Dieta basal				EPM ⁵	P-Valor
	SMP ¹	SSP ²	FPP ³	BCP ⁴		
Somatório AGs						
Σ AG n-3	0,175 ^b	0,208 ^a	0,152 ^{bc}	0,139 ^c	0,009	<0,01
Σ AG n-6	3,883	3,836	4,175	3,829	0,169	0,22
Relações de AGs						
C18:1 <i>trans</i> /C18:0	0,634 ^c	0,544 ^c	0,809 ^b	0,952 ^a	0,058	<0,01
C18:1 <i>trans</i> -11/C18:0	0,360 ^c	0,293 ^c	0,496 ^b	0,609 ^a	0,040	<0,01
n-6/n-3	22,41 ^{bc}	18,73 ^c	27,73 ^a	26,03 ^{ab}	0,981	<0,01
SCD1 ¹⁵						
SCD ₁₄	0,014	0,012	0,010	0,012	0,002	0,37
SCD ₁₆	0,027	0,031	0,029	0,030	0,002	0,07
SCD ₁₈	0,679	0,674	0,681	0,689	0,009	0,13
SCD _{VA}	0,385	0,390	0,388	0,386	0,012	0,92

¹Dieta basal: silagem de milho + palma; ² Dieta basal: silagem de sorgo + palma; ³ Dieta basal: feno de pangolão + palma; ⁴ Dieta basal: bagaço de cana-de-açúcar + palma; ⁵Erro padrão da média; ⁶Ácidos graxos de cadeia curto; ⁷Ácidos graxos de cadeia média; ⁸Ácidos graxos de cadeia longa; ⁹Ácidos graxos de cadeia ímpar e ramificada; ¹⁰Ácidos graxos de cadeia ímpar linear; ¹¹Ácidos graxos de cadeia ramificada; ¹²Ácidos graxos saturados; ¹³Ácidos graxos monoinsaturados; ¹⁴Ácidos graxos poliinsaturados; ¹⁵Índices de estearoil-CoA dessaturase-1 (SCD1) calculados para C14:1 *cis*-9/14:0 (SCD₁₄), C16:1 *cis*-9/16:0 (SCD₁₆), 18:1 *cis*-9/18:0 (SCD₁₈) e pares CLA *cis*-9, *trans*-11/C18:1 *trans*-11 (SCD_{VA}) (KELSEY et al., 2003). Letras iguais na mesma linha não diferem significativamente (P > 0,05).

As diferentes dietas basais produziram efeitos opostos sobre o teor de AG saturados, AG monoinsaturados e AG poliinsaturados (AGS, AGMI e AGPI; Tabela 5). Enquanto AGS foram superiores no leite de cabras que receberam dieta basal contendo silagem (SMP ou SSP) em comparação aqueles recebendo FPP ou BCP, AGMI e AGPI apresentaram teores mais elevados no leite de cabras que receberam dieta basal contendo feno de pangolão ou bagaço de cana-de-açúcar em comparação ao leite das que receberam silagem (P < 0,01).

O teor total de C18:1 *trans* foi superior para dietas basais FPP e BCP em relação a SMP ou SSP (P < 0,01). Já a relação C18:1 *trans*/C18:0 e C18:1 *trans*-11/C18:0 foi superior para dieta basal BCP em relação aos demais tratamentos (P < 0,01).

A concentração total de n-3 no leite foi mais elevada para o tratamento contendo silagem de sorgo em comparação as demais dietas basais (P < 0,01) e, em função disto, a dieta basal SSP propiciou uma menor relação de n-6/n-3 no leite quando comparada àquelas contendo feno ou bagaço (Tabela 5). Por fim, não houve alteração do índice de atividade da enzima estearoil-CoA dessaturase (SCD-1) em função dos tratamentos (P = 0,37).

4.2. Discussão

Os ácidos graxos (AG) do leite produzido por cabras recebendo dieta basal contendo feno de pangolão, resultou, de forma geral, em menores proporções de ácidos graxos de cadeia curta e média (AGCC e AGCM), possivelmente por dietas contendo silagem de milho ou sorgo terem contribuído mais com a síntese *de novo* que ocorre na glândula mamária (SHINGFIELD et al., 2010).

O C16:0 é supostamente associado a um maior risco de doenças cardiovasculares (SACK et al., 2017), e este isômero apresentou menores teores no leite de cabras recebendo com dieta basal com feno de pangolão e palma forrageira (20,36 g/100 g de AG totais; Tabela 3). Porém, independentemente dos efeitos significativos de cada dieta sobre os teores do C16:0 no leite, se deve chamar atenção para os baixos teores deste AG observados no leite de cabras alimentadas com qualquer uma das dietas basais.

É importante salientar que o C16:0 é mais expressivo no leite de vacas do que no que no leite de cabras, e o fornecimento de dietas contendo palma forrageira sem uma fonte lipídica favorece ainda mais a concentração deste isômero no leite destes animais. Em contrapartida, a suplementação lipídica tende a reduzir essas as proporções de C16:0 no leite. Os valores de C16:0 encontrados no presente estudo são próximos aos encontrados por Corrêa (2022) no leite de cabras leiteiras consumindo dieta contendo palma forrageira com adição de gérmen integral de milho extra gordo (GIMEX; 20,37 g/100 g), enquanto Neto et al. (2022), trabalhando com vacas alimentadas com palma forrageira e GIMEX, verificaram valores superiores (23,90 g/100 g). Monteiro et al. (2019) e Corrêa (2022) observaram média de 40,45 e 24,29 g de C16:0/100 g de AG no leite de vacas e cabras alimentadas com palma forrageira e fubá de milho, respectivamente.

O conteúdo de C15:0 em bactérias ruminais está correlacionado à secreção de C15:0 e C17:0 no leite (BAINBRIDGE et al., 2018). Assim, as diferenças encontradas para as proporções de C15:0 e C17:0 (Tabela 3) no leite provavelmente estão relacionadas à composição de ácidos graxos nas células microbianas, especialmente bactérias (VLAEMINCK et al., 2006). Dietas contendo maior concentração de amido favorecem o crescimento de bactérias que sintetizam preferencialmente C15:0, C15:0 *anteiso* e C17:0 *anteiso* (FIEVEZ et al., 2012), o que condiz com a maior proporção destes isômeros no leite de cabras alimentadas com dieta basal contendo silagem de milho ou sorgo. Por sua vez, a proporção de C15:0 *iso* e C17:0 *iso* estão mais correlacionadas à presença de bactérias celulolíticas.

O teor de ácidos graxos de cadeia ímpar e ramificado (AGCIR) no leite é utilizado como indicativo dos efeitos dietéticos sobre a microbiota ruminal (VLAEMINCK et al., 2006).

Apesar das diferenças significativas dos teores de C15:0 e C17:0 no leite em função das diferentes dietas basais, os valores próximos das proporções de AGCIR (Tabela 4) entre tratamentos (2,68; 2,68; 2,53 e 2,76 g/100 g; $P = 0,13$) indica que as dietas basais testadas não tiveram impacto negativo sobre a população de microrganismos do rúmen.

Há um interesse crescente em relação aos AGCIR do leite, pois, diferentemente dos ácidos graxos saturados (AGS), os AGCIR têm efeitos benéficos sobre doenças cardiovasculares, diabetes tipo II, e podem ter propriedades anticancerígenas e prevenir a doença de Alzheimer e a síndrome metabólica (ABDOUL-AZIZ; ZHANG; WANG, 2021).

O papel de C17:0 e C15:0 na saúde humana foi recentemente reforçado após uma série de importantes observações biológicas e nutricionais, porém o mecanismo responsável por isso ainda está sendo estudado (JENKINS; WEST; KOULMAN, 2015)

O C18:0 é o produto final da biohidrogenação (BH) ruminal de AG (PALMQUIST; MATTOS; SOARES, 2006) e considerado indesejável do ponto de vista da saúde humana. Considerando que proporção de C18:0 no leite (Tabela 4) foi superior para cabras alimentadas com dieta basal contendo feno de pangolão (10,3 g/100 g) em relação ao bagaço de cana (8,92 g/100 g), a dieta contendo o feno parece ter propiciado uma BH mais completa dos AGs no rúmen que a dieta contendo bagaço. Entretanto, resultado é compatível com os teores de C18:1 *cis*-9 do leite de cabras alimentadas com feno de pangolão (22,1 g/100 g) e bagaço de cana (19,8 g/100 g), pois o C18:0 sintetizado no rúmen é utilizado como substrato para síntese de C18:1 *cis*-9 na glândula mamária (BERNARD; LEROUX; CHILLIARD, 2013). Apesar disso, é importante destacar que os valores de C18:0 (9,27; 9,95; 10,31 e 8,92 g/100 g) pouco diferiram numericamente.

Vale salientar que não era esperado que a concentração de C18:0 no leite de cabras alimentadas com dietas contendo feno de pangolão diferisse ($P < 0,05$) do leite das cabras que foram alimentadas com bagaço de cana. Porém as diferenças estatísticas para C18:0 neste estudo podem ter ocorrido em função da composição dos volumosos utilizados.

Ambas as dietas com maior proporção de palma forrageira (Tabela 2; FPP: 400 e BCP: 410 g/kg) parecem ter promovido uma maior passagem de intermediários da BH para o leite, assim como o sugerido por Neto et al. (2022) e Da Silva et al. (2023). Foi observada maior concentração de isômeros C18:1 *trans* no leite de cabras deste experimento alimentadas com as dietas basais contendo feno de pangolão (5,34 g/100 g) e bagaço de cana (5,04 g/100 g). Gama et al. (2020) sugeriram que os compostos fenólicos presentes na palma forrageira induzem a BH incompleta de AG, permitindo que uma maior quantidade de compostos intermediários (dentre eles C18:1 *trans*-11) deixe o rúmen e sejam transferidos para o leite.

Além disso, as relações entre total de C18:1 *trans*/C18:0 e C18:1 *trans*-11/C18:0 foram superiores para dietas basais contendo feno de pangolão e bagaço de cana, por esses tratamentos terem propiciado maior escape dos intermediários da BH, principalmente C18:1 *trans*-11.

Os valores superiores de C18:1 *trans*-11 para estes tratamentos explicam a maior proporção de CLA *cis*-9, *trans*-11 para as mesmas dietas. Sabe-se que a maior parte do CLA *cis*-9, *trans*-11 presente no leite é proveniente da síntese endógena por ação da SCD-1 mamária (CORL et al., 2001). O leite das cabras alimentadas com feno de pangolão ou bagaço de cana com palma forrageira e GIMEX apresentou valores superiores de CLA *cis*-9, *trans*-11 (3,17 e 3,34 g/100 g) e CLA *trans*-9, *cis*-11 (0,061 e 0,063 g/100 g) em comparação ao leite de cabras alimentadas com capim elefante, palma forrageira e GIMEX (1,96 e 0,048 g/100 g; CÔRREA, 2022). Este resultado sugere que a mudança da dieta basal favoreceu o perfil de AG do leite a favor da saúde humana, ponto que é considerado bastante positivo para o mercado consumidor.

Galeano et al. (2022) mostraram que a utilização de GIMEX na alimentação de cabras leiteiras aumentou a produção de leite sem comprometer o teor de gordura do leite. A ausência de efeito das dietas basais sobre os teores de CLA *trans*-10, *cis*-12 no leite condiz com a ausência de efeitos significativos dos tratamentos sobre o teor de gordura do leite das cabras deste experimento, tendo em vista que este isômero está intimamente relacionado com o teor de gordura do leite em animais suplementados com gordura (HARVATINE; BOISCLAIR; BAUMAN, 2009). Corrêa (2022) também não encontrou diferença no teor de CLA *trans*-10, *cis*-12 no leite de cabras alimentadas com palma forrageira, capim elefante e GIMEX. A espécie caprina parece apresentar maior resistência a depressão na gordura do leite (DGL), quando comparadas a espécie bovina devido às particularidades relacionadas à atividade lipídica sobre o metabolismo ruminal, bem como à resistência da lipogênese mamária aos efeitos antilipogênicos dos ácidos graxos intermediários da BH (FOUGÈRE e BERNARD, 2019).

A utilização de palma forrageira com feno de pangolão ou bagaço de cana propiciou redução do teor de AGS e elevação da proporção de AGPI no leite, o que é considerado um ponto extremamente positivo, indicando que estes ingredientes favorecem o enriquecimento do leite com AG benéficos à saúde humana (LOPES et al., 2015) e podem contribuir para melhoria da qualidade nutricional da dieta de consumidores de leite e derivados.

A menor proporção de ácidos graxos n-3 no leite de cabras alimentadas com dietas contendo feno de pangolão ou bagaço de cana está relacionada, possivelmente, ao baixo teor de ácidos graxos n-3 nestes volumosos (1,09 e 1,94 g/100g AG). A silagem de sorgo apresentou 14,8 g/100 g de C18:3 n-3, o que resultou em dieta basal com maior proporção deste AG (1,90 g/kg). Isto resultou em maior proporção de ácidos graxos n-3 no leite de cabras alimentadas

com SSP teve impacto positivo sobre a relação n-6/n-3. Esta relação é utilizada para avaliar a qualidade de alimentos e dietas; quanto menor a relação n-6/n-3, mais desejável o alimento é do ponto de vista nutricional e saúde humana (RIBEIRO et al., 2014).

A síntese *de novo* que ocorre na glândula mamária contribui com os AGCC, cerca de 95% do C14:0 e 50% do C16:0 secretado no leite (SHINGFIELD et al., 2010) e pode ser avaliada de forma simples através da relação entre os produtos da atividade da enzima SCD-1 no tecido mamário e seus substratos. O par C14 *cis*-9/C14:0 (SDC14) reflete mais fielmente a síntese endógena de AG, pois o C14 *cis*-9 presente no leite é quase que exclusivamente derivado desta via (BERNARD; LEROUX; CHILLIARD, 2013). Assim, a ausência de efeitos das dietas basais sobre o índice de atividade da SCD-1 (Tabela 5) indica que a interação entre silagem de milho, silagem de sorgo, feno de pangolão e bagaço de cana de açúcar com palma forrageira e o GIMEX, não altera a síntese mamária de AG em cabras leiteiras.

5. CONCLUSÃO

Dietas basais contendo feno de pangolão ou bagaço de cana com palma forrageira e fonte lipídica são mais indicadas para melhorar o perfil de ácidos graxos do leite de cabras por reduzirem o teor de ácidos graxos saturados e elevar o perfil de ácidos graxos desejáveis (AGPI, C18:1 *trans*-11, CLA *cis*-9, *trans*-11). Apesar disso, dieta basal contendo silagem de sorgo, palma forrageira e fonte lipídica propiciou menor a relação n-6/n-3 no leite, tornando este de melhor qualidade do ponto de vista nutricional e saúde humana.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOUL-AZIZ, S. K. A.; ZHANG, Y.; WANG, J. Milk Odd and Branched Chain Fatty Acids in Dairy Cows: A Review on Dietary Factors and Its Consequences on Human Health. **Animals**, v. 11, n. 11, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11113210>

ALMEIDA, E. M. et al. Gérmen integral de milho na alimentação de vacas leiteiras: revisão de literatura. **Nutritime Revista Eletrônica** [on-line], v.13, n.3, p.4677-4690, 2016. ISSN: 1983-9006.

ALMEIDA, E. M.; MACHADO, A. S.; RIOS, A. D. F. Suplementação de vacas lactantes com germen integral de milho em substituição ao milho grão. **Arquivos de Ciência Veterinária e Zoologia**, v. 21, n. 2, p. 85-86, 2018. DOI: <https://doi.org/10.25110/arqvet.v21i2.6665>

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

BAINBRIDGE, M. L. et al. Alteration of Rumen Bacteria and Protozoa Through Grazing Regime as a Tool to Enhance the Bioactive Fatty Acid Content of Bovine Milk. **Frontiers in Microbiology**, v.9, n. 904, 2018. DOI: 10.3389/fmicb.2018.00904.

BALDIN, M. et al. A rumen unprotected conjugated linoleic acid supplement inhibits milk fat synthesis and improves energy balance in lactating goats. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 3305-3314, 2013. DOI:/10.2527/jas.2012-5766.

BAZINET, R. et al. Polyunsaturated fatty acids and their metabolites in brain function and disease. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 15, p. 771-785, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrn3820>.

BERNARD, L. et al. Milk Fat Globule in Ruminant: Major and Minor Compounds, Nutritional Regulation and Differences Among Species. **The European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 120, ed. 5, p.1-27, 2018. DOI:10.1002/ejlt.201700039.

BERNARD, L.; LEROUX, C.; CHILLIARD, Y. Expression and nutritional regulation of stearoyl-CoA desaturase genes in the ruminant mammary gland: relationship with milk fatty acid composition. In: Ntambi, J.M. (Ed.), *Stearoyl-CoA Desaturase Genes in Lipid Metabolism*. Springer Media, New York, p. 161-193, 2013. DOI: 10.1007/978-1-4614-7969-7_13.

BUCCIONI, A. et al. 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, ed. 1-2, p. 1-25, 2012. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2012.02.009.

CORL, B. A. et al. The role of Delta (9) - desaturase in the production of *cis*-9, *trans*-11 CLA. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 12, n. 11, p. 622–630, 2001. DOI: 10.1016/s0955-2863(01)00180-2.

CORRÊA, A. M. N. **Palma forrageira e gérmen integral de milho extra gordo em dietas para cabras em lactação: perfil de ácidos graxos**. 2022. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CRUZ-HERNANDEZ, C. et al. Evaluating the conjugated linoleic acid and trans 18:1 isomers in milk fat of dairy cows fed increasing amounts of sunflower oil and a constant level of fish oil. **International Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 3786–3801, 2007. DOI: 10.3168/jds.2006-698.

DA SILVA, C. S. Nutritional Quality of Milk Fat from Cows Fed Full-Fat Corn Germ in Diets Containing Cactus *Opuntia* and Sugarcane Bagasse as Forage Sources. **Animals**, v. 13, n. 568, p. 1-13, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13040568>

DUQUE, A. C. A. et al. Perfil de ácidos graxos do leite de vacas Holandês x Gir alimentadas com silagem de milho e concentrado contendo ou não glicerina bruta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.72, n.1, p. 243-252, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11159>

FERLAY, A. et al. Production of trans and conjugated fatty acids in dairy ruminants and their putative effects on human health: A review. **Biochimi**, v. 141, p. 107-120, 2017. DOI:10.1016/j.biochi.2017.08.006.

FIEVEZ, V. et al. Milk odd- and branched-chain fatty acids as biomarkers of rumen function- An update. **Animal Feed Science and Technology**, v. 172, p. 51-65, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.008>.

FOUGÈRE, H., BERNARD, L. Effect of diets supplemented with starch and corn oil, marine algae, or hydrogenated palm oil on mammary lipogenic gene expression in cows and goats: A comparative study. **Journal of Dairy Science**, v. 102, ed. 1, p. 768-779, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15288>

GALEANO, V. J. L. et al. Productive responses of dairy goats fed on diets containing elephant grass (*Pennisetum purpureum*) associated or not with cactus (*Opuntia stricta*) cladodes, and extra-fat whole corn germ as a substitute for corn **Small Ruminant Research**, v. 207, n. 106609, p. 1-6, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106609>

GAMA, M. A. S. et al. Partially replacing sorghum silage with cactus (*Opuntia stricta*) cladodes in a soybean oil-supplemented diet markedly increases *trans*-11 18:1, *cis*-9, *trans*-11 CLA and 18:2 n-6 contents in cow milk. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 105, ed. 2, p. 232-246, 2020. DOI:10.1111/jpn.13466.

GIVENS, D. Saturated fats, dairy foods and health: A curious paradox? **Nutrition Bulletin**, v.42, ed. 3, p. 274-282, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/nbu.12283>.

GLASSER, F.; FERLAY, A.; CHILLIARD, Y. Oilseed supplements and fatty acid composition of cow milk: A meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 91, ed. 12, p. 4687-4670, 2008. DOI: 10.3168/jds.2008-0987.

HARVATINE, K. J.; BOISCLAIR, Y. R.; BAUMAN, D. E. Recent advances in the regulation of milk fat synthesis. **Animal**, v. 3, n. 1, p. 40-54, 2009. DOI:10.1017/S1751731108003133.

IMAMURA, F. et al. Fatty acid biomarkers of dairy fat consumption and incidence of type 2 diabetes: A pooled analysis of prospective cohort studies. **PLOS MEDICINE**, v. 15, n. 10, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002670>

ISO 9622/IDF 141, 2013. Milk and liquid milk products - Guidelines for the application of mid-infrared spectrometry. ISO.

JENKINS, B.; WEST, J. A.; KOULMAN, A. A review of odd-chain fatty acid metabolism and the role of pentadecanoic Acid (C15:0) and heptadecanoic Acid (C17:0) in health and disease. **Molecules**, v. 20, p. 2425-2444, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules20022425>

KELSEY, J. A. et al. The effect of breed, parity, and stage of lactation on conjugated linoleic acid (CLA) in milk fat from dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 2588-2597, 2003. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(03)73854-5.

KLIEM, K. E. et al. Differential effects of oilseed supplements on methane production and milk fatty acid concentrations in dairy cows. *Animal*, v. 13, p. 309-317, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731118001398>

LOPES, F. C. F. Lácteos naturalmente enriquecidos com ácidos graxos benéficos à saúde. Sustentabilidade ambiental, social e econômica da cadeia produtiva do leite: desafios e perspectivas. Brasília, DF: Embrapa. p. 237-309, 2015.

MILLER, W. F. et al. Comparison of full-fat corn germ, whole cottonseed, and tallow as fat sources for lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 92, ed. 7, p. 3386-3391, 2009. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2118>

MONTEIRO, C. C. F. et al. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. *Animal Production Science*, v.59, p. 479-485, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN17256>.

NETTO, A. J. et al. Replacing corn with full-fat corn germ in a basal diet containing cactus (*Opuntia stricta*) cladodes and sugarcane as forage sources induces milk fat depression associated with the *trans*-10 shift in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*, v. 288, n. 115289, p. 1-14, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115289>.

NETTO, A. J. **Gérmem integral de milho extra gordo em dieta para vacas em lactação**. 2022. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

NRC. NACIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. 7. ed. Washington: National Academic Press, 381 p. 2001.

NRC. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. National Academy Press. Washington, D.C., 384. 2007.

NUDDA A., et al. Feeding strategies to design the fatty acid profile of sheep milk and cheese. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 43, n. 8, 2014. DOI: 10.1590/S1516-35982014000800008.

ONU - Organização das Nações Unidas. World Population Prospects 2019: Highlight. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2019.

PALMQUIST, D. L.; MATTOS, E.; SOARES, W. R. Metabolismo de lipídeos. Nutrição de ruminantes. Tradução. Jaboticabal: Funep, 2006.

PARODI, P. W. Dietary guidelines for saturated fatty acids are not supported by the evidence. *International Dairy Journal*, v. 52, p. 115-123, 2016. DOI:10.1016/j.idairyj.2015.08.007

RAN-RESSLER, R. R. et al. Branched-chain fatty acid content of foods and estimated intake in the USA. *British Journal of Nutrition*, v. 112, p. 565-572, 2014. DOI: 10.1017/S0007114514001081

RIBEIRO, C. G. S. et al. Desempenho produtivo e perfil de ácidos graxos do leite de vacas que receberam níveis crescentes de óleo de girassol em dietas à base de capim-elefante. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 66, p. 1513-1521, 2014. DOI: 10.1590/1678-6886.

RIBEIRO, E. A.; FERREIRA, R.; SILVA, M. C. Os efeitos da ingestão precoce de ômega 3 na prevenção da obesidade e doenças cardiovasculares. **Investigação, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 11, n. 9, pág. 1-16, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i9.31883.

SACK, F. M., et al. Dietary Fats and Cardiovascular Disease: A Presidential Advisory From the American Heart Association. **Circulation**, v. 136, 2017. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000510.

SANTOS, A. P. L.; CARAM, A. L. A.; SINICO, M. C. Efeito terapêutico da ingestão de graxos ômega 3 na prevenção e tratamento de doenças crônicas não transmissíveis. **Investigação, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 11, n. 14, pág. 1-11, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i14.33952.

SANTOS, J. R. M. P.; ALBERT, A. L. M.; LEANDRO, K. C. Importância de uma regulamentação específica com as definições e classificações dos produtos comercializados como suplementos alimentares, alimentos funcionais e nutracêuticos. **Revista De Direito Sanitário**, v. 19, n. 3, p. 54-67, 2019. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9044.v19i3p54-67>

SBAN- Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição. A importância do consumo de leite no atual cenário nutricional brasileiro. Documento técnico, 01, 2015. Disponível em: <<http://www.sban.org.br/documentos-tecnicos-interno.aspx?post=5>>. Acesso em: Ago. 2020

SHINGFIELD, K. J. et al. Role of trans fatty acids in the nutritional regulation of mammary lipogenesis in ruminants. **Animal**. v. 4, ed. 7, p. 1140-1166, 2010.

SILVA, E. P., et al. Estratégias nutricionais para aumentar as propriedades nutracêuticas do leite: concentrações de enterolactona e ácido linoleico conjugado. **Nativa**, v. 9, n. 4, p. 481-494, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v9i4.11988>.

SOARES, C. et al. Combinations of cactus pear with different roughage sources on the production, chemical composition, and milk fatty acid profile of F1 Holstein/Zebu cows. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, p. 2567-2576, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02290-x>

THORNING, T. K.; BERTRAM, H. C.; BONJOUR, J. P. Whole dairy matrix or single nutrients in assessment of health effects: current evidence and knowledge gaps. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.105, ed. 5, p.1033-1045, 2017. DOI: <https://doi.org/10.3945/ajcn.116.151548>

VAZ, D. S. S. et al. A importância do ômega 3 para a saúde humana: um estudo de revisão. **Revista Uningá**, v. 20, n. 2, 2014. ISSN: 2178-2571

VLAEMINCK, B. et al. Factors affecting odd- and branched-chain fatty acids in milk: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 131, p. 389-417, 2006. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2006.06.017.

WOLFF, R. L.; BAYARD, C. C.; FABIEN, R. J. Evaluation of sequential methods for the determination of butterfat fatty acid composition with emphasis on *trans*-18:1 acids. Application to the study of seasonal variations in French butters. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 72, p. 1471-1483, 1995. DOI: 10.1007/BF02577840.