



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

RABIA ANTÓNIO CANDA ZIMBA

FONTES LIPÍDICAS ASSOCIADAS À PALMA FORRAGEIRA NA DIETA DE
CABRAS EM LACTAÇÃO

RECIFE

2023

RABIA ANTÓNIO CANDA ZIMBA¹

**FONTES LIPÍDICAS ASSOCIADAS À PALMA FORRAGEIRA NA DIETA DE
CABRAS EM LACTAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição de Ruminantes.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho.

Coorientadores:

Prof. Dr. Rui José Branquinho de Bessa.

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira.

Profa. Dra. Andrea Fernandes de Souza.

RECIFE

2023

¹ Rabia António Canda Zimba do Programa de Pós Graduação em Zootecnia - UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco; E-mail: racanda18@gmail.com / racandazimba@gmail.com . E docente: Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho; E-mail: ffrcarvalho@gmail.com / francisco.rcarvalho@ufrpe.br .

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)

- C216f Canda Zimba, Rabia António
FONTES LIPÍDICAS ASSOCIADAS À PALMA FORRAGEIRA NA DIETA DE CABRAS EM LACTAÇÃO / Rabia
António Canda Zimba. - 2023.
98 f. : il.
- Orientador: Francisco Fernando Ramos de Carvalho.
Inclui referências e anexo(s).
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife,
2024.
1. Caprinos. 2. Nutrição. 3. Lipídeos. 4. Leite. 5. Ácidos graxos. I. Carvalho, Francisco Fernando Ramos de, orient. II.
Título



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

**FONTES LIPIDICAS ASSOCIADAS À PALMA FORRAGEIRA NA DIETA DE
CABRAS EM LACTAÇÃO**

Tese elaborada por

RABIA ANTÓNIO CANDA ZIMBA

Aprovada em 06/12/2023

BANCA EXAMINADORA

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

Profa. Dra. Cármen Maria Lucas Pedro Garrine Bule
Universidade Eduardo Mondlane
Examinadora

Profa. Dra. Susana Paula Almeida Alves
Universidade de Lisboa
Examinadora

Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros
Universidade Federal da Paraíba
Examinador

Prof. Dr. Dorgival Moraes de Lima Júnior
Universidade Federal Rural do Semiárido
Examinador

Aos meus Pais, Cândido (em memória) e Ana Canda,

Ao meu esposo, Horácio Zimba,

Às minhas filhas, Lúcia, Ana e Ângela Zimba

(Me perdoem pela ausência e falta).

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo Dom da vida, pela força que eu desconhecia ter, pelo amparo e consolo em cada uma das minhas quedas, por cuidar da minha família sempre, e principalmente, por colocar as pessoas certas em meu caminho nesta jornada.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

Ao Departamento de Zootecnia da UFRPE, pela oportunidade, recepção e acolhimento.

A OWSD, pela concepção da bolsa.

A Capes-Print, pela oportunidade de realização do doutorado-sanduíche.

Ao Professor Francisco Fernando Ramos de Carvalho, nosso paiinho e pai zeloso, pela parceria na busca incessante para a realização desta etapa, onde era para ser um simples orientador, entretanto se tornou parceiro e amigo, um autentico pai. Pelo acolhimento, amizade, orientação e ensinamentos meu MUITO OBRIGADA.

Ao Professor Marcelo, pela adoção, acolhimento, orientação, por cada “galho quebrado” e amizade.

À Profa. Andrea, pelo empenho no pontapé de saída com o propósito de garantir que a pesquisa acontecesse.

Ao Prof. Rui Bessa e a Profa. Suzana Alves, pela recepção, encaminhamento e suporte constante na temporada "Lisboa-2023", e pelos conhecimentos partilhados.

Ao Prof. João Paulo Monnerat, por ser o meu acervo de consulta constante e incansável.

A todos os professores que, de maneira direta ou indireta, colaboraram para que esta etapa se concretizasse.

Aos PNPD's, Kelly “do Céu” Cristina, ao mano mais velho Tomás Guilherme e a Érica Carla, por abraçarem a causa e se empenharem afincadamente.

Ao Matheus Henrique de Andrade Silva, “meu boyzinho”, meu menino, minha criança, irmão que a UFRPE deu-me e que levarei por toda a vida. Por todas as gargalhadas, lágrimas, surtos, pânico, raiva, nervoso, orações, por enfrentar batalhas que por vezes nem lhe diziam respeito, por cada “bala perdida”, escudo, saco de pancada, ombro que nunca me deixou faltar. Enfim, por todo o suporte incondicional nessa jornada doida em que nos metemos, que é a pós-graduação, não há palavra que possa demonstrar o nível de gratidão que tenho a sua pessoa incrível.

Ao Sr. Édson, Sra. Silvania, Sr. Esteliano, e a Rafaela, pela colaboração, amizade, resenhas e gargalhadas infinitas.

Ao Sr. Pedro, pela colaboração diligente.

A equipe do laboratório de nutrição animal (LNA) da UFRPE, Carlos, Vanessa, Thaíse e Profa. Tayara.

Às meninas do laboratório de qualidade de leite da UFRPE, Lu, Raquel e Profa. Luciana.

À Lilí do laboratório de carnes-UFRPE.

A equipe do laboratório do centro de investigação interdisciplinar em sanidade animal (CIISA) na Faculdade de medicina Veterinária da Universidade de Lisboa, Cristina, Andrea e Chica.

À minha chefinha Cármen Garrine Bule, por todo suporte, orientação e amizade além fronteiras e em todas as esferas da vida.

Aos Chiquinhos, Luiz Wilker e Salmo Olegário, e aos parceiros na sofrência, Agni, Ayrtton, Kevin (por sempre e incondicionalmente segurarem as noitadas), Gabriela Duarte, Katariny e Jamille (pelo coração enorme no episódio liofilização), Rodrigo “Van Soest” Andrade, Robert Luna e Marina Almeida, por toda a consultoria; Chico, Darlan, Ísis, Gaby Melo e Rafael

Lima, por toda a amizade.

Aos estagiários, João Pedro, Bruna, Deborah-Bárbara, Adrievelyn, Philipe Jonas, Maria Clara, Sr. Gleidson, Felipe Amorim, Karina, Luiz Santana e Even, por todo o suporte.

À Camila Negreiros, meu bote-salva vidas, pelo apoio e amizade sempre, não teria palavra adequada a não ser um simples obrigada por tudo.

À minha mãe, Ana Davadava Canda, mulher sem igual, minha inspiração, minha torcedora fiel, minha oradora e intercessora constante.

Às minhas filhas, Lúcia Zimba, Ana Olinda e Ângela da Graça, pela parceria e companhia nesta jornada, me desculpem pela bagunça em vossas vidas.

À Marta Tamele, por me seguir para todo o lado e me dar o suporte incondicional sempre de forma leal, se sacrificando sem medir esforços e por tomar para si problemas que nem lhe pertenciam.

A minha família Canda e Zimba.

Por último e mais importante, ao meu amigo, meu companheiro leal, minha parceria inteligente, meu “traficante” de artigos, meu revisor de pares, meu maior incentivador, meu amante, meu namorado e meu esposo, Horácio Francisco Zimba, POR TUDO, não há OBRIGADO suficiente que expresse a minha gratidão por sua existência em minha vida!

Muito obrigada!

“Esperei com paciência pelo SENHOR,
Ele se inclinou para mim e ouviu o meu clamor”
(Salmos 40:1)

“Mas os que esperam no SENHOR renovarão as suas forças,
subirão com asas como águias; correrão, e não se cansarão;
caminharão, e não se fatigarão.”
(Isaías 40:31)

Fontes lipídicas associadas à palma forrageira na dieta de cabras em lactação

Rabia António Canda Zimba*^{1,2}; Francisco Fernando Ramos de Carvalho¹

*Autor para correspondência: racanda18@gmail.com, rabia.canda@uem.mz

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco

²Universidade Eduardo Mondlane – Moçambique

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão do subproduto de coco e do caroço de algodão associados ou não a palma forrageira sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes, comportamento ingestivo, balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos, produção de leite, seus constituintes e perfil de ácidos graxos de leite de cabras lactantes. Foram utilizadas 12 cabras multíparas da raça Saanen, com peso corporal médio de $55,0 \pm 8,0$ kg e com 60 dias em leite, os animais foram agrupados em quadrado latino (4x4). Os tratamentos experimentais consistiam em: 1 – subproduto de coco + palma forrageira, 2 – subproduto de coco sem palma forrageira, 3 – caroço de algodão + palma forrageira, 4 - caroço de algodão sem palma forrageira. A adição da palma forrageira aumentou (+69,42%), o consumo de matéria seca comparada as dietas sem palma forrageira; as dietas contendo subproduto de coco foram menos aceites pelas cabras, reduzindo o consumo de matéria seca em 10,12%; o uso de caroço de algodão como fonte de gordura permitiu maior produção de leite corrigida para gordura em 22,82% quando comparada às dietas com subproduto de coco. A adição da palma forrageira reduziu a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, favoreceu uma maior excreção de nitrogênio, nas fezes (+425,8%), e urina (+162%), e com isso uma menor retenção (-17,19%). Não foram observadas alterações significativas nos parâmetros sanguíneos que denotassem implicações de comprometimento metabólico das cabras recebendo palma forrageira. A adição da palma forrageira a dieta favoreceu o aumento da produção de leite (+611,5gr/dia), e de produção de leite corrigida para gordura (626,4gr/dia), em relação as dietas sem palma forrageira. Dietas contendo caroço de algodão apresentaram maior média em relação as dietas contendo subproduto de coco para produção de leite corrigida para gordura (+447gr/dia), teor de gordura (+0,4%), teor de proteína (+0,2%), teor de lactose (+0,3%), sólidos não gordurosos (+0,5%) e sólidos totais (+0,9%). Houve efeito de interação da palma forrageira com as fontes de gordura, onde a adição da palma forrageira favoreceu o acúmulo do total de ácidos graxos saturados no leite, conseqüentemente, maior índice de aterogenicidade e trombogenicidade. A palma forrageira associada ao caroço de algodão também aumentou os ácidos graxos de cadeia curta, o teor de ácidos graxos poliinsaturados, a razão n6-n3 e o C18:1t11, mas quando associada ao subproduto do coco houve redução para esses parâmetros. O leite proveniente de cabras suplementadas com a associação de palma forrageira e caroço de algodão apresentam qualidades nutricionais superiores quando comparadas as cabras suplementadas com subproduto de coco.

Palavras-chave: caprinos; nutrição; lipídeos; cactáceas; desempenho; leite; ácidos graxos.

Lipid sources associated with cladodes cactus in lactating goats diet

Rabia Ant3nio Canda Zimba*^{1,2}; Francisco Fernando Ramos de Carvalho¹

*Corresponding author: racanda18@gmail.com, rabia.canda@uem.mz

¹Federal Rural of Pernambuco University - Brazil

²Eduardo Mondlane University – Mozambique

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the effect of the inclusion of the coconut by-product and cottonseed associated or not with cladodes cactus on the intake and digestibility of nutrients, ingestive behavior, nitrogen balance, blood parameters, milk production, its constituents, and fatty acids profile. 12 multiparous Saanen goats were used, with an average body weight of 55.0 ± 8.0 kg, 60 days of lactation and an average daily production of 3.3 kg. The animals were grouped in a triple Latin square (4x4). The experimental treatments consisted of: 1 – coconut by-product without cladodes cactus, 2 – coconut by-product with cladodes cactus, 3 – cotton seeds without cladodes cactus, 4 – cotton seeds with cladodes cactus. The addition of cladodes cactus increased (+69.42%) the intake of dry matter compared to diets without cladodes cactus; diets containing coconut by-product were less accepted by goats, reducing dry matter intake by 10.12%; the use of cottonseed as a source of lipid allowed greater production of fat-corrected milk by 22.82% when compared to diets with coconut by-product. The addition of cladodes cactus reduced the digestibility of dry matter and nutrients, favored a greater excretion of nitrogen in faeces (+425.8%), and urine (+162%), consequently lower retention (-17.19%). No significant changes were observed in blood parameters that could indicate liver or kidney damage as a result of feeding cladodes cactus to goats. The addition of cactus to the diet favored an increase in milk production (+611.5gr/day) and fat-corrected milk production (626.4gr/day) compared to diets without cactus. Diets containing cottonseed presented a higher average compared to diets containing coconut by-product, for milk production corrected for fat (+447gr/day), fat content (+0.4%), protein content (+0.2 %), lactose content (+0.3%), non-fat solids (+0.5%) and total solids (+0.9%). There was an interaction effect of cladodes cactus with lipid sources, where the addition of cactus favoured the accumulation of total saturated fatty acids in milk, consequently a higher atherogenicity and thrombogenicity index, also increased short-chain fatty acids, increased polyunsaturated fatty acids, the n6-n3 ratio, C18:1t11, when associated with cottonseed and reduced when associated with coconut by-product. Milk from goats supplemented with the association of cladodes cactus and cottonseed presented superior nutritional qualities when compared to goats supplemented with coconut by-product.

Keywords: goats; nutrition; lipids; cacti; performance; milk; fatty acids.

LISTA DE TABELAS

Revisão de literatura

| | Título | Página |
|-----------|---|---------------|
| Tabela 1: | Efeito da suplementação lipídica na dieta de cabras em lactação sobre a qualidade do leite..... | 28 |

Capítulo I

| | | |
|------------|--|----|
| Tabela 1: | Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas (gr/kg MS) de cabras leiteiras suplementadas com fontes lipídicas..... | 47 |
| Tabela 2: | Participação dos ingredientes e composição nutricional das dietas experimentais de cabras leiteiras suplementadas com fontes lipídicas..... | 48 |
| Tabela 3: | Consumo de matéria seca e nutrientes por cabras leiteiras suplementadas com fontes lipídicas..... | 52 |
| Tabela 4: | Digestibilidade de matéria seca e de nutrientes em cabras leiteiras suplementadas com fontes lipídicas..... | 54 |
| Tabela 5: | Comportamento ingestivo de cabras suplementadas com fontes lipídicas..... | 55 |
| Tabela 6: | Desdobramento do efeito da interação entre a fonte de gordura e a palma forrageira sobre o tempo e a eficiência de alimentação de cabras suplementadas com fontes lipídicas..... | 55 |
| Tabela 7: | Balanço de nitrogênio em cabras suplementadas com fontes lipídios..... | 56 |
| Tabela 8: | Perfil sanguíneo de cabras suplementadas com fontes lipídicas..... | 58 |
| Tabela 9: | Desdobramento do efeito da interação entre a fonte de gordura e a palma forrageira sobre os níveis de colesterol sanguíneo em cabras suplementadas com fontes lipídicas..... | 58 |
| Tabela 10: | Produção do leite de cabras suplementadas com fontes lipídicas..... | 60 |

Capítulo II

| | | |
|-----------|--|----|
| Tabela 1: | Perfil de ácidos graxos dos ingredientes das dietas de cabras leiteiras suplementadas com fontes lipídicas..... | 77 |
| Tabela 2: | Perfil de ácidos graxos das dietas experimentais de cabras leiteiras suplementadas com fontes lipídicas..... | 77 |
| Tabela 3: | Produção e composição do leite cabras leiteiras suplementadas com fontes lipídicas..... | 80 |
| Tabela 4: | Efeito da palma e da fonte de gordura sobre o perfil de ácidos graxos do leite..... | 82 |
| Tabela 5: | Efeito de interação da fonte de gordura e palma forrageira sobre o perfil de ácidos graxos de leite de cabras suplementadas com fontes lipídicas.... | 83 |

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1: | Mecanismo de biohidrogenação, transformação de ácido graxo insaturado em saturado | 21 |
| Figura 2: | Vias de biohidrogenação normal e alterada | 23 |
| Figura 3: | Caroço de algodão | 25 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------|--|
| SC | Subproduto de coco |
| CA | Caroço de algodão |
| SCP | Subproduto de coco mais palma forrageira |
| CAP | Caroço de algodão mais palma forrageira |
| POEM | Palma forrageira |
| FG | Fonte de gordura |
| MS | Matéria seca |
| EE | Extrato etéreo |
| PB | Proteína bruta |
| MN | Matéria natural |
| MO | Matéria orgânica |
| MM | Matéria mineral |
| FDN | Fibra insolúvel em detergente neutro |
| FDNi | Fibra indigestível em detergente neutro |
| FDNcp | Fibra insolúvel em detergente neutro corrigido para cinza e proteína |
| FDA | Fibra insolúvel em detergente ácido |
| CHOT | Carboidratos totais |
| NDT | Nutrientes digestíveis totais |
| CNF | Carboidratos não fibrosos |
| PL | Produção de leite |
| PLCG | Produção de leite corrigida para gordura |
| EAPL | Eficiência alimentar na produção de leite |
| CLA | Ácido linoleico conjugado |
| AG | Ácido graxo |
| AGS | Ácido graxo saturado |
| AGI | Ácido graxo insaturado |
| AGPI | Ácido graxo poliinsaturado |
| AGMI | Ácido graxo monoinsaturado |
| AGCC | Ácido graxo de cadeia curta |
| SCD | Esteroil-coA dessaturase |
| NADPH | Nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato oxidase |
| PMSF | Produção de matéria seca fecal |
| TAL | Tempo de alimentação |
| EAL | Eficiência de alimentação |
| ERU | Eficiência de ruminação |
| PC | Peso corporal |
| min | Minutos |
| h | Horas |
| g | Gramas |
| mg | Miligramas |
| kg | Quilogramas |
| dL | Decilitros |
| L | Litros |
| mmol | Milimols |
| U/L | Microlitro |
| % | Porcentagem |
| pH | Potencial hidrogeniônico |

| | |
|-------|--|
| FA | Fosfatase alcalina |
| ALT | Alanina aminotransferase |
| AST | Aspartato aminotransferase |
| BT | Bilirrubina total |
| BI | Bilirrubina indireta |
| °C | Graus centigrados |
| SNG | Sólidos não gordurosos |
| ST | Sólidos totais |
| EPM | Erro padrão da média |
| UFRPE | Universidade Federal Rural de Pernambuco |
| MAPA | Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento |
| AOAC | <i>Association of official agricultural chemists</i> |
| NRC | National research council |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| INTRODUÇÃO..... | 17 |
| REVISÃO DE LITERATURA..... | 21 |
| 1. Metabolismo de lipídios em ruminantes | 21 |
| 2. Fontes de lipídeos na dieta de cabras leiteiras..... | 23 |
| 3. Suplementação lipídica e a qualidade do leite de cabras..... | 27 |
| 4. Considerações finais | 31 |
| 5. Referencias bibliográficas | 32 |
| | |
| CAPÍTULO I: Consumo e digestibilidade de nutrientes, perfil sanguíneo e desempenho produtivo de cabras alimentadas com dietas contendo fontes lipídicas e palma forrageira | 41 |
| Resumo | 42 |
| Abstract..... | 43 |
| 1. Introdução | 44 |
| 2. Material e métodos | 46 |
| 2.1. Local do experimento e animais..... | 46 |
| 2.2. Dietas experimentais..... | 46 |
| 2.3. Manejo, amostragens e análises laboratoriais..... | 48 |
| 2.4. Consumo e digestibilidade dos nutrientes..... | 49 |
| 2.5. Comportamento ingestivo..... | 49 |
| 2.6. Perfil metabólico sanguíneo e balanço de nitrogênio (N) | 50 |
| 2.7. Produção de leite..... | 50 |
| 2.8. Análise estatística..... | 51 |
| 3. Resultados e discussão | 52 |
| 3.1. Consumo de matéria seca e de nutrientes..... | 52 |
| 3.2. Digestibilidade de nutrientes..... | 53 |
| 3.3. Comportamento ingestivo..... | 55 |
| 3.4. Balanço de nitrogênio (N) | 56 |
| 3.5. Metabólitos sanguíneos..... | 57 |
| 3.6. Produção de leite..... | 60 |
| 4. Conclusão | 62 |
| 5. Referências bibliográficas | 63 |
| | |
| CAPÍTULO II: Produção e qualidade do leite de cabras alimentadas com dietas contendo fontes lipídicas e palma forrageira..... | 72 |
| Resumo | 73 |
| Abstract | 74 |
| 1. Introdução | 75 |
| 2. Material e métodos | 77 |
| 2.1. Local, animais e dietas do experimento | 77 |
| 2.2. Manejo, amostragens e análises laboratoriais..... | 78 |
| 2.3. Análise estatística..... | 79 |
| 3. Resultados e discussão | 80 |
| 3.1. Produção e composição do leite..... | 80 |
| 3.2. Perfil de ácidos graxos..... | 81 |
| 4. Conclusão | 87 |
| 5. Referências bibliográficas | 88 |

| | |
|--------------------|-----------|
| Anexos..... | 96 |
|--------------------|-----------|

INTRODUÇÃO

O leite de cabra apresenta qualidades nutricionais superiores quando comparado ao de vaca, por possuir menores glóbulos de gordura, ácidos graxos de cadeia curta e média em maior quantidade e facilmente digestíveis; também é hipoalergênico devido ao seu perfil proteico. No entanto, produtos alimentícios provenientes de ruminantes foram associados ao alto índice de colesterol sanguíneo, bem como cardiomiopatias desde 1950, isso devido ao seu alto teor de ácidos graxos saturados (Teixeira *et al.*, 2007; Palmquist and Jenkins, 2017a; Ministério da saúde, 2018).

A suplementação com fontes lipídicas em dietas para cabras leiteiras tem se mostrado com efeito sobre o teor de gordura, especialmente sobre o perfil de ácidos graxos do leite produzido, sendo o objetivo principal aumentar o teor do ácido rumênico (C18:2 c9, t11), principal isômero CLA presente no leite de ruminantes, ou o aumento do ácido vacênico (C18:1 t11), precursor endógeno do ácido rumênico. O ácido rumênico (CLA C18:2 c9, t11) CLA foi isolado na carne moída bovina (Kelley *et al.*, 2007), tendo sido extensivamente estudado *in vivo* e *in vitro* como um possível anticancerígeno. Como resultado, foi lhe atribuído vários efeitos biológicos, tais como: efeitos na prevenção da obesidade, do câncer, do diabetes, ou da aterosclerose, dependendo da dose específica, do isômero ou dos modelos usados.

Atualmente, diversas são as fontes lipídicas que vêm sendo testadas na dieta de animais leiteiros com o propósito de incrementar o valor nutricional do leite e seus derivados. A inclusão dessas fontes irá depender primeiramente da sua disponibilidade para o produtor e da aceitação pelo animal.

Uma das fontes que vem sendo pesquisada na dieta de ruminantes é o caroço de algodão, um coproduto da produção de algodão, obtido da sua cultura e processamento. É descrito como sendo um ingrediente completo, pois possui elevada concentração de fibra, devido a presença do línter (alta digestibilidade), de proteína bruta e, também, de energia, pelo elevado teor de extrato etéreo, o que lhe confere característica proteico-energética (Cardoso, 1998; POLIZEL and SOARES, 2023). Os seus ácidos graxos são representados pelo ácido linoleico (C18:2), palmítico (C16:0), oleico (C18:1) e esteárico (C18:0) (FAO; WHO, 2015).

Fernandes *et al.* (2008b), ao fornecerem óleo de algodão a cabras leiteiras, observaram aumento na concentração de ácido palmítico no leite, concluindo que um aumento na quantidade de ácido C16:0 ingerida aumentaria a quantidade excretada no leite. Constataram,

ainda, redução no teor dos ácidos graxos de cadeia curta, entre eles, os ácidos cáprico (C10:0), láurico (C12:0) e mirístico (C14:0), tendo associado essa a diminuição nas taxas de fermentação ruminal, em resposta à presença elevada de ácidos graxos poliinsaturados e da consequente redução na produção de acetato, que pode provocar diminuição na síntese de novo (síntese de novas moléculas de ácidos graxos de precursores absorvidos do sangue) na glândula mamária.

Por seu turno, Gulati *et al.* (1997) ao adicionarem caroço de algodão à dieta de cabras leiteiras, constataram aumento nas proporções do ácido linoleico (C18:2) e esteárico (18:0) e diminuição do ácido oleico (C18:1), ácido cáprico (C10:0) e do ácido mirístico (C14:0), resultando numa transferência do ácido linoleico (C18:2) da dieta para o leite. O aumento das proporções do ácido esteárico (C18:0) no leite propõe inibição da enzima $\Delta 9$ desaturase ao nível da glândula mamária.

A adição de caroço de algodão proporcionou aumento na produção de leite de cabras da raça Nibiana; no entanto, não afetou as características físico-químicas (Jangool *et al.*, 2018). Efeito contrário foi observado por Roberto *et al.* (2012), que trabalharam com cabras Saanen suplementadas com caroço de algodão no semiárido sem que fosse verificado efeito entre os teores de caroço nas dietas e a produção diária de leite.

Outro ingrediente de interesse, devido a sua ampla disponibilidade, é o subproduto de coco; no entanto, não tão explorado quanto o caroço de algodão. Subprodutos do processamento do coco (*Cocus nucifera*) podem apresentar teor de extrato etéreo de 3% a 70%, variando de acordo com o método de processamento do coco. Os ácidos graxos que o compõem são principalmente o láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e ácido oléico (C18:1) (Faciola and Broderick, 2014a; Silva *et al.*, 2022). Grobas and Mateos (1996), citam como a grande desvantagem da gordura do coco o fato de ser composta principalmente de ácidos graxos saturados com destaque para os ácidos láurico (C12:0) e mirístico (C14:0), tidos como trombogênicos na saúde humana.

Silva *et al.* (2022), ao suplementar cordeiros com torta de coco, observaram redução nos consumos de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e carboidratos não fibrosos (CNF). Também houve redução na digestibilidade da FDN e aumento dos carboidratos não fibrosos. Para Mendes (2019), a adição de subproduto de coco a dieta de cabras em lactação levou a redução da produção de leite, produção de leite corrigida para 4% gordura e da lactose.

Matsuba *et al.* (2019) avaliaram, em estudo *in vitro*, o efeito da suplementação com óleo de coco sobre a dinâmica ruminal e descobriram que até 5% de suplementação de óleo não teve efeito sobre a produção total de ácidos graxos voláteis. Houve aumento nas concentrações de amônia e butirato, mas a porcentagem molar de acetato foi reduzida. Também houve redução na concentração da bactéria do gênero *Fibrinogeno succinogenes*. Para Mat *et al.* (2022), a redução do teor da bactéria *Fibrinogeno succinogenes*, que também foi observada por outros autores (Kongmun *et al.*, 2011; Liu *et al.*, 2011), seria a responsável pela redução da fermentação da fibra no rúmen, resultando em ineficiente aproveitamento do alimento.

Paralelamente, está comprovado o alto valor nutricional da palma forrageira na dieta de ruminantes como fonte de energia em substituição a fontes onerosas (milho e soja). A palma forrageira se destaca por apresentar altos teores de carboidratos totais, matéria mineral e umidade, características importantes na alimentação e dessedentação dos animais que vivem em regiões com escassez hídrica (Frota *et al.*, 2015). No entanto, a palma forrageira tem limitações como alimento para ruminantes, pois apresenta deficiência de fibra e proteína, tornando-se necessária à sua associação a outros alimentos.

Vários são os gêneros da Palma forrageira com diferentes características e exigências. A palma forrageira (*Opuntia stricta* [Haw.] Haw.) tem o seu destaque nas regiões semiáridas por sua resistência à cochonilha do carmim, ser menos exigente em fertilidade do solo e apresentar maior resistência a seca (Cavalcanti *et al.*, 2008; Amorim, 2015).

Os cladódios da palma forrageira apresentam quantidades substanciais de mucilagem e pectina, esses polissacarídeos complexos possuem propriedades hidrofílicas e gelificantes. A mucilagem flocula e precipita sedimentos de partículas em soluções aquosas, aumentando a sua densidade. Sendo a densidade das partículas um fator que afeta a passagem das partículas alimentares pelo rúmen, pode-se dizer que o aumento na densidade de partículas induzido pela mucilagem poderia contribuir para a passagem mais rápida da digesta ruminal em dietas contendo palma forrageira (Gama *et al.*, 2021a).

Gama *et al.* (2021a) sugerem que a associação de palma forrageira a fontes de ácidos graxos poliinsaturados em dietas para vacas leiteiras favorece o aumento de C18:1 t11 e C18:2 c9,t11-CLA no leite, causado pelo aumento da taxa de passagem e pela presença de componentes fenólicos da palma forrageira.

Assim, com o presente estudo, objetivou-se a avaliar o efeito da associação da palma forrageira ao caroço de algodão e ao subproduto de coco na dieta para cabras em lactação, sobre o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos, produção e qualidade de leite.

REVISÃO DE LITERATURA

DIETAS LIPÍDICAS NA ALIMENTAÇÃO DE CABRAS EM LACTAÇÃO

1. Metabolismo de lipídeos em ruminantes

Os lipídeos que chegam ao rúmen podem ser provenientes de forrageiras, representados principalmente por galactolipídeos e fosfolipídios, ou provenientes de grãos de cereais, oleaginosas ou da gordura animal que são basicamente os triglicerídeos. Os triglicerídeos uma vez liberados de sua matriz são rapidamente hidrolisados (lipólise) a ácidos graxos (saturados e insaturados) e glicerol (Kozloski, 2019; Souza e Ribeiro, 2021). Os ácidos graxos poliinsaturados são tóxicos aos microrganismos ruminais, toxicidade essa advinda da sua capacidade anfifílica que o permite adentrar pela membrana da célula bacteriana afetando a sua fluidez. Como mecanismo de defesa, as bactérias realizam a biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados para a formação de ácidos graxos de cadeia “trans” que irão compor a membrana celular tornando-a inflexível. No processo de biohidrogenação ocorrem sucessivas quebras de ligações duplas pela adição de moléculas de hidrogênio, o produto final é o ácido esteárico, ácido graxo saturado com 18 carbonos em sua cadeia (Figura 1) (Berchielli *et al.*, 2011; Buccioni *et al.*, 2012; Souza e Ribeiro, 2021; Sousa, 2022).

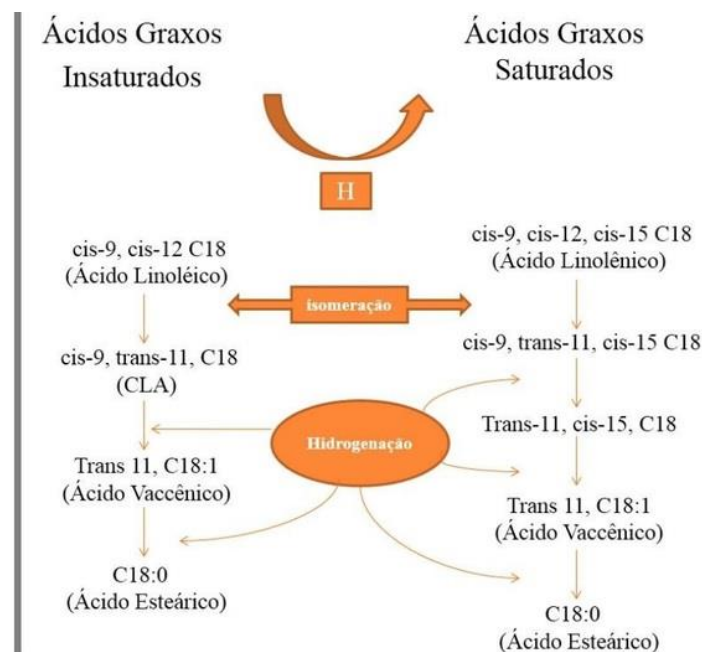


Figura 1. Mecanismo da biohidrogenação, transformação de ácido graxo insaturado em saturado.

Mais de 70% dos ácidos graxos das plantas forrageiras e óleos vegetais é insaturada, representada principalmente pelo ácido linolênico (C18:3 n-3) e o linoleico (C18:2 n-6). A

biohidrogenação do ácido linoleico se inicia com uma isomerização que o converte em ácido C18:2 c9,t11, designado de ácido linoleico conjugado (CLA), cujo nome comum é ácido rumênico, este intermediário é rapidamente hidrogenado a C18:1 t11 (ácido vacênico), este é hidrogenado na ligação trans-11 levando a formação de ácido esteárico (C18:0), um ácido graxo saturado, produto final primário da biohidrogenação. (Berchielli *et al.*, 2011; Buccioni *et al.*, 2012; Kozloski, 2019; Souza and Ribeiro, 2021). Na biohidrogenação do ácido linolênico, da isomerização resulta a formação do C18:3 c9,t11,c15, este irá sofrer uma redução que resulta na formação do C18:2 t11,c15 que rapidamente é hidrogenado levando a formação do C18:1 t11 (ácido vacênico) que será hidrogenado levando a formação do C18:0 (ácido esteárico) (figura 1).

Em caso de alta concentração ruminal de ácidos graxos insaturados a etapa final da biohidrogenação é inibida, levando ao aumento da concentração do ácido vacênico. (Berchielli *et al.*, 2011a; Buccioni *et al.*, 2012). O ácido rumênico (CLA C18:2 c9, t11) devido aos seus efeitos benéficos à saúde, tem sido mais desejado na carne e leite e pode ser obtido como um produto intermediário da biohidrogenação ruminal ou produzido endogenamente nos tecidos mamário e adiposo, por ação da enzima $\Delta 9$ -dessaturase sobre o ácido vacênico (C18:1 t11). (Berchielli *et al.*, 2011a; Buccioni *et al.*, 2012; Kozloski, 2019a; Souza and Ribeiro, 2021a).

Estas rotas de biohidrogenação são consideradas “rotas normais” e são levadas a cabo pela ação maioritária de bactérias celulolíticas, sendo as principais o agrupamento *Butyrivibrio fibrisolvens*. Mais de 32 espécies desta bactéria já foram identificadas e caracterizadas até a data, sendo a *Butyrivibrio proteoclasticus* (inicialmente designada *Clostridium proteoclasticum*) a única isolada do rúmen capaz de converter ácidos graxos poliinsaturados a ácidos graxos saturados. (Buccioni *et al.*, 2012; Alves *et al.*, 2021; Souza and Ribeiro, 2021). No entanto, dependendo da dieta base, as rotas de biohidrogenação podem variar, ativando as “vias alteradas da biohidrogenação” (Figura 2). De acordo com (Alves e Bessa, 2014) em dietas a base de foragem, a biohidrogenação do C18:2 n-6 e C18:3 n-3 acontece através de vias com intermediários de ligação dupla trans-11, ao passo que em dietas a base de concentrado, da biohidrogenação do C18:2 n-6 forma-se intermediários com ligação dupla trans-10, e da biohidrogenação do C18:3 n-3 podem formar-se também isômeros de ligação dupla trans 13. O isômero trans-11, quando consumido por humanos, pode ser convertido em CLA C18:2 c9,t11, associado a efeitos benéficos, ao passo que os intermediários trans-10 foram associados a problemas cardiovasculares (Alves *et al.*, 2021).

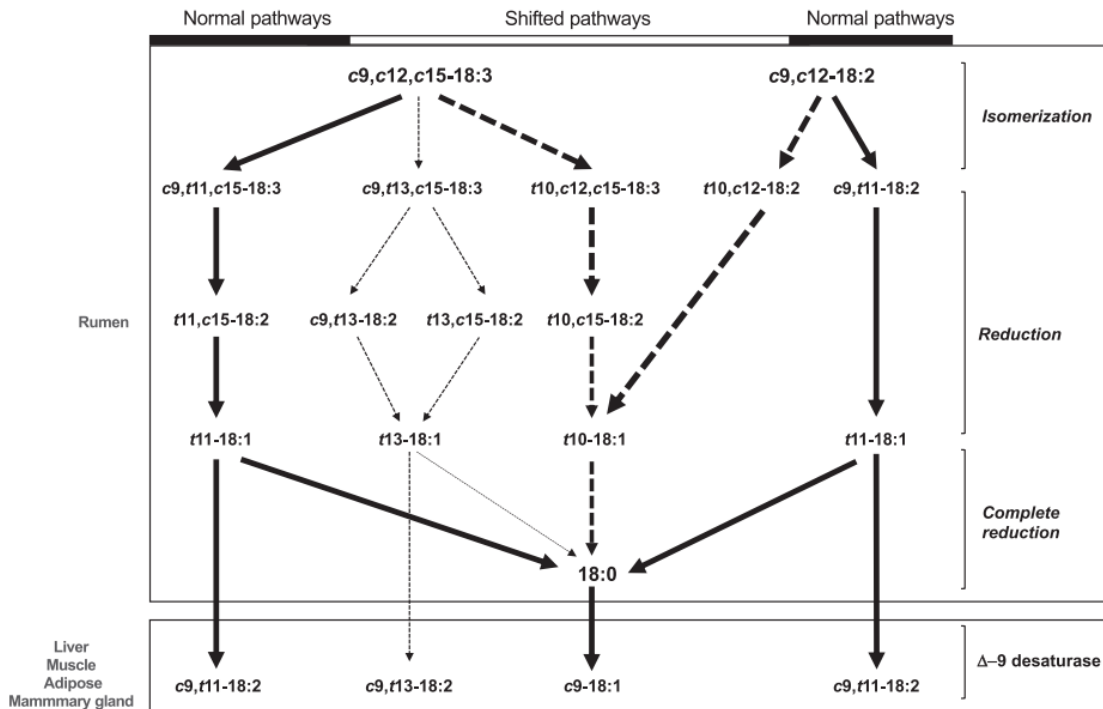


Figura 2: Vias de biohidrogenação normal (linha preenchida) e alterada-via trans10 (linha tracejada) (Alves *et al.*, 2021).

2. Fontes de lipídeos na dieta de cabras leiteiras

A suplementação lipídica em dietas para ruminantes iniciou-se como uma proposta para o incremento energético para animais de alta produção, tendo se constatado que esta suplementação em vacas leiteiras resultava no aumento de teor de gordura no leite (Palmquist and Jenkins, 2017a). Com o avançar das pesquisas científicas tem se mostrado que além de incremento energético para o animal, o suplemento lipídico pode agregar valor nutricional a carne e ao leite de animais (Barbosa *et al.*, 2015; Palmquist and Jenkins, 2017a; Rodrigues *et al.*, 2019).

Atualmente, diversas são as fontes lipídicas que vêm sendo testadas na dieta de animais leiteiros com o propósito de incrementar o valor nutricional do leite e seus derivados. A inclusão dessas fontes irá depender primeiramente da sua (fácil) disponibilidade para o produtor e da aceitação pelo animal.

Palmquist (1989) agrupou as fontes lipídicas para ruminantes em:

- ✓ Sementes inteiras de oleaginosas: girassol, algodão, canola, entre outros,
- ✓ Óleos e gorduras livres: óleos vegetais, sebo, óleo reciclado de cozinha, óleos de peixes, misturas de óleos vegetais e animais

- ✓ Gorduras especiais “protegidas”: sais de cálcio de ácidos graxos

2.1 Sementes de oleaginosas

Segundo Barbosa *et al.* (2015) a inclusão de sementes de oleaginosas à dieta de ruminantes, se respeitado o limite de sua inclusão, apresenta poucos riscos ao ambiente ruminal, apesar de seu elevado teor de ácidos graxos insaturados. Gallardo (2020) em sua meta-análise verificou que a inclusão de sementes de oleaginosas na dieta de vacas em lactação não afetou o consumo de matéria seca, aumentou o pH ruminal ($P < 0,01$), reduziu a concentração de acetato no rúmen ($P < 0,05$) e aumentou a concentração de propionato, mas todos estes efeitos de baixa magnitude.

A inclusão de sementes de faveleira (4,86% da MS) e caroço de algodão (12,89% da MS) à dieta de cabras em lactação não afetaram o consumo de matéria seca quando comparada à dieta sem adição de fontes lipídicas, o consumo de extrato etéreo (EE) foi maior para a dieta contendo caroço de algodão, provavelmente devido ao alto teor de EE do caroço de algodão. Não houve diferença nos coeficientes de digestibilidade de proteína bruta e carboidratos não fibrosos, a digestibilidade da matéria seca (MS) e orgânica (MO), da fibra em detergente neutro (FDN) e dos carboidratos totais (CT) teve médias próximas entre as dietas com as fontes lipídicas e o tratamento controle (Silva *et al.*, 2010). Resultados similares foram observados por (Martins, 2018) ao incluir caroço de algodão à dieta de cabras em lactação.

Silva *et al.* (2007) adicionaram grãos de soja (22,4% da MS) à dieta de cabras leiteiras e verificaram que estes não afetaram os consumos e digestibilidade da matéria seca, fibra, carboidratos não fibrosos, nutrientes digestíveis totais e energia líquida, mas aumentaram o consumo e digestibilidade do extrato etéreo.

A suplementação com sementes de oleaginosas não afetaram o consumo de nutrientes nas pesquisas acima apresentadas provavelmente porque em sementes de oleaginosas, os lipídios encontram-se protegidos em uma amêndoa provida de casca (por exemplo: figura 2), o que faz com a sua liberação em ambiente ruminal seja feita de maneira lenta, protegendo-o assim dos efeitos deletérios dos ácidos graxos neles contidos, garantindo o seu pleno funcionamento.



Figura 3 – caroço de algodão.

2.2. Tortas De Sementes De Oleaginosas

Tortas podem ser definidas como subprodutos do processamento industrial das sementes de oleaginosas para extração do seu óleo e posteriormente macerado. Possuem quantidades variáveis de gorduras residuais, que podem ser aproveitados na nutrição animal (Santos *et al.*, 2019)

Schultz *et al.* (2019) adicionaram torta da polpa de macaúba (4,12% de MS), com 12% de EE, à dieta de cabras em lactação e constataram uma redução no consumo de volumoso. Resultado contrário foi alcançado por Silva *et al.*, (2005), ao incluir torta de dendê (15% e 30% da MS) à dieta de cabras em lactação, não tendo constatado efeito sobre o consumo de matéria seca.

Apesar de reduzidos os trabalhos com tortas na dieta de cabras e observando os 2 resultados apresentados é possível inferir (com cautela) que o facto de as tortas serem um material resultado da extração de óleo e posteriormente macerados irá fazer com que o teor de gordura nele seja reduzido, desta forma, ao alcançarem o ambiente ruminal interferiram pouco com a dinâmica do meio.

2.3. Gordura protegida

A gordura protegida é uma fonte de ácidos graxos insaturados de maior digestibilidade e valor energético. Por ser envolvida por uma camada de proteína (formaldeído tratado), que age como uma capa protetora, mantém-se relativamente inerte no rúmen em níveis normais de pH. Sua dissociação completa ocorre apenas nas condições ácidas do abomaso, o que aumenta a densidade energética da dieta sem afetar a utilização da forragem (FERREIRA *et al.*, 2009) .

Sais (ou sabões) de cálcio, a forma mais comum utilizada de gordura protegida, são moléculas de lipídeos encapsulados com cálcio, com o objetivo de diminuir a biohidrogenação ruminal e o consequente efeito antimicrobiano dos ácidos graxos (AG) no

rúmen. Permitindo assim que estes ao serem ingeridos pelos ruminantes passem intactos pelo rúmen e são metabolizados no intestino, onde há melhor aproveitamento de suas características particulares (Araújo, 2020; Barbosa *et al.*, 2015; Fonteles *et al.*, 2016)

Os suplementos lipídicos encontrados no mercado apresentam diferentes perfis e porcentagens de AG em sua composição, resultando em respostas produtivas e metabólicas distintas em vacas leiteiras. A título de exemplo tem o megalac® e o magnapac®, no entanto, estes foram formulados para vacas leiteiras. Jenkins e McGuire (2006), compararam publicações em que foram utilizadas fontes de gorduras protegidas e dieta controle, mostrando no leite produzido com gordura protegida, maior teor de ácido oleico e linoleico.

2.4. Óleos e Gorduras Livres

Óleos são substâncias viscosas e líquidas quando em condições ambientais, eles podem ser de origem vegetal ou animal. Na nutrição animal não se usam óleos de origem animal ao abrigo da proibição prevista na Instrução Normativa nº 41/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

A adição de óleos à dieta de ruminantes pode resultar em redução da digestibilidade da fibra devido a redução da capacidade de aderência das bactérias a partícula do alimento, pode resultar ainda em defaunação devido a sensibilidade das bactérias aos ácidos graxos insaturados e de cadeia média. (Berchielli *et al.*, 2011a; Kozloski, 2019a). A presença de lipídeos no intestino dos ruminantes, ativa a hormona colecistoquinina, responsável pela sensação de saciedade fazendo com que o animal pare de ingerir alimento (da Silva *et al.*, 2022).

Ao incluir óleo de soja (4,5% da MS) à dieta de cabras leiteiras não se observou efeito sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes a exceção do extrato etéreo, esta exceção foi devido ao aumento do seu teor na dieta com a inserção do óleo (Silva *et al.*, 2007). Os autores associaram os resultados ao fato de os animais não estarem numa fase que demandasse muita energia (não lactantes). (Kholif *et al.*, 2016, 2018) avaliaram o efeito da inclusão de óleo (20ml) e de semente de linhaça triturada (50gr) na dieta de cabras e constataram que ambas não afetaram o consumo de ração, no entanto aumentaram as digestibilidades da matéria orgânica e da proteína bruta.

3. Suplementação lipídica e a qualidade do leite de cabras

A utilização de óleos na alimentação animal vem sendo realizada intensivamente no intuito de promover mudanças químicas, físicas e sensoriais sobre a carne e o leite de ruminantes. Outro interesse é a busca da produção de compostos alimentares benéficos à saúde humana, haja vista que o desenvolvimento de alimentos funcionais e produtos nutracêuticos têm sido cada vez mais estudados e direcionados aos consumidores que vêm se tornando claramente mais exigentes (Germano Costa *et al.*, 2009).

De acordo com Chilliard *et al.* (2003), a adição de qualquer fonte de lipídios em dietas de cabras leiteiras incrementará o teor de gordura do leite, fato que foi verificado por (Fernandes *et al.*, 2008; Vilanova *et al.*, 2012) que adicionaram 3%, 5% de óleo de semente de algodão e de girassol e 3% e 5% de óleo de arroz, respectivamente, e constataram que a adição dos óleos promoveu a redução na produção de leite e aumentou o teor de gordura e extrato seco do leite. No entanto, (Kholif *et al.*, 2016, 2018) observaram o contrário ao adicionar óleo de linhaça e óleo de soja (20ml/dia) à dieta de cabras lactantes e verificaram um aumento na produção de leite, e um decréscimo no teor de gordura quando a linhaça era empregue na forma de óleo, o que não acontecia com as sementes trituradas (50g/dia).

O efeito da adição de fontes lipídicas à dieta de cabras lactantes sobre os componentes e perfil lipídico do leite, varia entre as pesquisas, dependendo da fonte e forma lipídica, teor e composição de ácidos graxos da fonte, forma de extração do óleo, dieta base, a raça do animal, estágio de lactação e de outros fatores incógnitos. Foram compilados abaixo (Tabela 1), algumas pesquisas envolvendo fontes lipídicas na dieta de cabras. As fontes irão variar de acordo com a sua disponibilidade local.

Tabela 1: Efeito da suplementação lipídica na dieta de cabras em lactação sobre a qualidade do leite

| Fonte | Quant* | Raça | Fase de Lactação | PL | Gord | AGS | AGPI | AGI | AGMI | AGI : AGS | CLA | AGCC | País | Referência |
|------------------|------------------|---------------------|------------------|----|------|-----|------|-----|------|-----------|-----|------|-----------|-----------------------------------|
| Óleo de Girassol | 2,6% | Saanen | 50d | ↑ | ↔ | ↓ | ↑ | | | ↑ | ↑ | ↓ | Uruguai | (Dauber et al., 2022) |
| | 4% | Danish Landrace | 42d | ↑ | ↓ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↑ | | Dinamarca | (Vargas-Bello-Pérez et al., 2022) |
| Óleo de Soja | 2,6% | Saanen | 50d | ↑ | ↔ | ↓ | ↑ | | | ↑ | ↑ | ↓ | Uruguai | (Dauber et al., 2022) |
| Óleo de milho | 3% | Zaraibi | | ↑ | ↑ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ | | ↑ | | Egipto | (Yousef et al., 2022) |
| Glicerina-bruta | 7%, 14%, 21% | Anglo-nubiana | 51d | ↓ | ↓ | ↓ | ↔ | ↑ | ↑ | ↑ | ↔ | ↓ | Brasil | (Freitas et al., 2020) |
| Óleo de colza | 4% | Danish Landrace | 42d | ↑ | ↓ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↑ | | Dinamarca | (Vargas-Bello-Pérez et al., 2022) |
| | | Shame | 7d | ↔ | ↑ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ | | | ↓ | Egipto | (El-Essawy et al., 2021) |
| Óleos essenciais | 2ml/dia | Padraccio | 60d | | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | ↔ | | ↔ | ↑ | Itália | (Cosentino et al., 2021) |
| | 3% | Zaraibi | 8d | ↑ | ↑ | ↓ | ↑ | ↓ | ↑ | ↑ | ↑ | ↓ | Egipto | (Ali et al., 2019) |
| Óleo de linhaça | 10ml, 20ml, 30ml | | | | | | | | | | | | | |
| | 20% | Cilentana | 8d | | | ↓ | ↑ | | ↑ | | ↑ | | Itália | (Musco et al., 2022) |
| Óleo de tâmaras | 9,3% | Alpina | 49d | ↔ | ↑ | ↓ | ↑ | | ↑ | | ↔ | | Itália | (Rapetti et al., 2021) |
| | 10ml, 20ml | Saanen x Boer | 7d | | | ↓ | ↔ | ↑ | ↑ | | | ↓ | Malásia | (Abd Rahman et al., 2023) |
| Óleo de gergelim | 5,85% | Alpina x raça local | 90d | ↑ | ↔ | ↓ | ↔ | ↑ | | ↑ | | ↓ | Grécia | (Mitsiopoulou et al., 2021) |

*=quantidade de óleo inserida a base da matéria seca da dieta; PL=produção de leite; Gord= teor de gordura; AGS=total de ácidos graxos saturados; AGPI=ácido graxo poliinsaturado; AGI=total de ácidos graxos insaturados; AGMI=ácido graxos monoinsaturados; AGI:AGS=relação insaturados: saturados; CLA=ácido linoleico conjugado; AGCC=ácidos graxos de cadeia curta; ↑ = aumento; ↓ = redução; ↔ = sem diferença. As comparações foram feitas em relação a uma dieta controle sem adição de fonte lipídica.

A redução na produção de leite, provavelmente esteja associado ao fato de o volume de leite produzido ser determinado pela quantidade de glicose disponível na glândula mamária. O aumento da extração de ácidos graxos de cadeia longa do sangue pela glândula mamária, em decorrência de seu fornecimento no óleo da dieta, decresce a síntese de ácidos graxos de cadeias curta e média. Essa síntese requer a utilização de glicose como fornecedora de agentes redutores de NADPH, via ciclo das pentoses. Como a quantidade de ácidos de cadeia curta é pequena, ocorre diminuição na disponibilidade de glicose na glândula mamária, que pode acarretar redução na produção de leite. A utilização de gordura pode resultar na diminuição na utilização da glicose no tecido mamário (Kronfeld *et al.*, 1980). Nos casos contrários (aumento na produção de leite), pode dever-se ao fato de que a inclusão de óleos na dieta incrementa a densidade energética da dieta fazendo com que haja maior consumo de energia pelos animais e, conseqüentemente, melhor aproveitamento dos alimentos, refletido no aumento da produção do leite (Kholif *et al.*, 2016; Ali *et al.*, 2019; Freitas *et al.*, 2020; Mitsiopolou *et al.*, 2021; Dauber *et al.*, 2022; Vargas-Bello-Pérez *et al.*, 2022; Yousef *et al.*, 2022).

De acordo com (Chilliard *et al.*, 2003a), as cabras leiteiras apresentam uma taxa de passagem de digesta maior quando comparadas as vacas, isso limita o tempo de exposição da microbiota ruminal aos efeitos deletérios dos lipídios, tornando as cabras menos susceptíveis a depressão da gordura do leite quando suplementadas com lipídios na dieta. Não obstante, este fenômeno foi observado por (Kholif *et al.*, 2016, 2018; Freitas *et al.*, 2020; Vargas-Bello-Pérez *et al.*, 2022) que o atribuíram ao efeito negativo dos ácidos graxos saturados da dieta sobre as bactérias ruminais celulolíticas levando a redução da digestão de fibras e da produção de acetato, o que pode causar a síndrome da depressão da gordura do leite.

A gordura do leite é composta maioritariamente (98%) por triglicerídeos e os ácidos graxos usados para sintetizar os triglicerídeos provem de duas fontes: lipídios do sangue (40-60%) e síntese de novo dentro das células epiteliais mamárias. Ácidos graxos de cadeia curta (C4 a C8) e os de cadeia média (C10 a C14) provem da síntese de novo, que tem como precursores o acetato e o β -hidroxibutirato, e os ácidos graxos de cadeia longa (\geq C16) provem da circulação sanguínea, da dieta.

A inclusão de óleos no geral levou a redução dos ácidos graxos de cadeia curta e média, isto acontece porque a presença destes AGPI no rúmen leva a diminuição nas taxas de

digestão com conseqüente redução na produção de acetato, que pode provocar diminuição na síntese de novo na glândula mamária este que é responsável pela síntese dos ácidos graxos de cadeia curta e média no leite. (Kitessa *et al.*; Fernandes *et al.*, 2008a; Queiroga *et al.*, 2009).

Este efeito não deixa de ser intrigante, pois um dos ácidos graxos de cadeia curta reduzido é o mirístico (C14:0) que foi associado juntamente com o láurico (C12:0) ao incremento de colesterol sanguíneo, sendo a sua redução desejável tornando o leite de alto valor nutricional (Fernandes *et al.*, 2008a). No entanto, uma das qualidades do leite de cabra é relativo ao seu elevado teor de ácidos graxos de cadeia curta que associado ao tamanho do glóbulo de gordura o torna facilmente digestível (Gamble *et al.*, 1939a; Jenness, 1980a; Park, 2016; Delgado junior *et al.*, 2020; Prosser, 2021a).

Observou-se um maior teor de CLA (C18:2 c9, t11) no leite proveniente da dieta contendo soja, esta que é rica em ácido linoleico (C18:2 n-6) e um maior teor de C18:0 na dieta contendo linhaça, rica em ácido linolênico (C18:3 n-3) sugerindo que a biohidrogenação é maior (ou mais efetiva) sobre o ácido linolênico em relação ao ácido linoleico. Não obstante a diferença entre as fontes nos teores dos ácidos graxos, as duas favoreceram a produção de um leite com melhor perfil de ácidos graxos quando comparado ao leite de cabras alimentadas sem adição de lipídios, sugerindo que a adição de lipídios à dieta de cabras favorece a produção de leite de melhor qualidade, com características nutracêuticas para o consumo humano (Kholif *et al.*, 2016, 2018).

Os ácidos graxos insaturados podem alterar a fermentação ruminal da fibra pela ação tóxica sobre a população de bactérias fibrolíticas, e tais bactérias, por sua vez, estão envolvidas no processo de biohidrogenação dos ácidos graxos poliinsaturados. Assim, o aumento do teor de ácidos graxos insaturados na dieta pode favorecer o escape de alguns destes para o intestino e sua incorporação no leite. Cuidado é necessário quando há inclusão destes nas dietas, para não comprometer o desempenho animal, tendo sido proposto uma inclusão de até 7% na MS da dieta (Palmquist and Jenkins, 1980; Jenkins, 1993; Fernandes *et al.*, 2008a; Germano Costa *et al.*, 2009; Queiroga *et al.*, 2009; M.S. Vilanova *et al.*, 2012; Kholif *et al.*, 2018).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O leite de cabra é por si um alimento de qualidade superior, no entanto seu valor nutricional pode ser agregado com a suplementação lipídica, desde que respeitado o seu limite de inclusão à dieta. A cabra apresenta características fisiológicas que a tornam mais receptiva a suplementação, como é o caso da maior taxa de passagem da digesta pelo trato digestivo o que reduz o tempo de contato da flora ruminal com o alimento protegendo-o dos efeitos tóxicos dos ácidos graxos. Suplementação com óleos é mais efetiva na alteração do perfil lipídico do leite se comparado a sementes de oleaginosas. O efeito da suplementação pode variar de acordo com a idade do animal, estágio de lactação e tipo de fonte de lipídio.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABD RAHMAN, M.R., Z. Hassan, M.S. Hassan, R. Hashim, L.S. Wong, W.Y. Leong, S.H. Syd Jaafar, and S. Salvamani. 2023. Enhanced Goat Milk MUFA Quality via Date Pit Supplementation: A Time-Based Pattern Recognition Analysis Utilizing Agricultural Waste Byproduct. **Int J Food Sci** 2023:1–16. doi:10.1155/2023/1797017.

ALI, M.A., M. Sh Thabet, and E.M. Ibrahim. 2019. 66 Effects of flaxseed oil supplementation to lactating goats diet on milk production, composition and fatty acids profiles.

ALLEN, M.S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **J Dairy Sci** 83:1598–1624. doi:10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2.

ALVES, S.P., and R.J.B. Bessa. 2014. The trans-10,cis-15 18:2: A missing intermediate of trans-10 shifted rumen biohydrogenation pathway?. **Lipids** 49:527–541. doi:10.1007/s11745-014-3897-4.

ALVES, S.P., P. Vahmani, C. Mapiye, T.A. McAllister, R.J.B. Bessa, and M.E.R. Dugan. 2021. Trans-10 18:1 in ruminant meats: A review. **Lipids** 56:539–562. doi:10.1002/lipd.12324.

AMORIM, Sylvania Oliveira de. Características morfológicas e produtivas da palma forrageira cv. orelha de elefante mexicana submetida a diferentes densidades de plantio e intensidades de corte no semiárido pernambucano. 2015. 56 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ANDRADE, R.B. de. 2021. Glicerina bruta na alimentação de cabras leiteiras, tese de doutoramento, Departamento de zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ARAÚJO, E.A.B. de. 2020. Suplementação com sais de cálcio de ácidos graxos em vacas leiteiras mestiças em programa de IATF. Salvador, 2020, 82p.

DE ARAÚJO, T.L.D.R.; W.L.; da Silva; A.S. BERÇA; A. da S. CARDOSO; R.P. Barbero; E. P. Romanzini; and R. A. Reis. 2021. Effects of Replacing Cottonseed Meal with Corn Dried Distillers' Grain on Ruminant Parameters, Performance, and Enteric Methane Emissions in Young Nellore Bulls Reared in Tropical Pastures. **Animals** 2021, 11(10), 2959.

ARAÚJO, Thalita Polyana Monteiro. Palma forrageira na alimentação de cabras leiteiras. 2020. 66 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ASTRUP, H.N., L. Vik-Mo, A. Ekern, and F. Bakke. 1976. Feeding Protected and Unprotected Oils to Dairy Cows. **J Dairy Sci** 59:426–430. doi:10.3168/jds.S0022-0302(76)84223-3.

BARBOSA, J. dos S.R.; N.L. de O. Fonteles, N.J.M. Batista, and M.S. Araujo. 2015. Efeitos das fontes de lipídios na composição do leite: revisão. **Nutri.Time** 12.

BERCHIELLI, T.T.; A.V. Pires, and S.G. OLIVEIRA. 2011a. *Nutrição de Ruminantes*. 2 ed. Funep, Jaboticabal.

BRANDÃO, A.O.; and A. Eustáquio Filho. 2020. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: revisão. *Recital: Revista de Educação, ciência e tecnologia de Almenara/MG*.

BUCCIONI, A., M. Decandia, S. Minieri, G. Molle, and A. Cabiddu. 2012. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. *Anim Feed Sci Technol* 174: 1-25. doi:10.1016/j.anifeedsci.2012.02.009.

CARDOSO, E.G. Utilização de subprodutos do algodoeiro na alimentação animal. In: *ALGODÃO: informações técnicas*. Dourados: EMBRAPA-CPAO; Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1998. p. 255-267 (EMBRAPA-CPAO. Circular técnica, 7).

CAVALCANTI, M.C. de A.; Â.M.V. Batista, A. GUIM; M. de A. Lira; V.L. Ribeiro, and A.C. Ribeiro Neto. 2008. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e palma orelha-de-elefante (*Opuntia* sp.). *Acta Sci. Anim. Sci.*, Maringá, v. 30, n. 2, p. 173-179, 2008.

CHILLIARD, Y., A. Ferlay, J. Rouel, and G. Lamberet. 2003a. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. Pages 1751–1770 in *Journal of Dairy Science. American Dairy Science Association*.

COSENTINO, C.; M.A. Colonna, M. Musto, A. Dimotta, P. Freschi, S. Tarricone, M. Ragni, and R. Paolino. 2021. Effects of dietary supplementation with extruded linseed and oregano in autochthonous goat breeds on the fatty acid profile of milk and quality of Padraccio cheese. *J Dairy Sci* 104:1445–1453. doi:10.3168/jds.2020-18805.

DAUBER, C., T. Carreras; G. Casarotto Daniel; F. Cabrera; A. Liscano; G. Vicente; A. Britos, S. Carro; C. Cajarville; A. Gámbaro; and I. Vieitez. 2022. Adding sunflower or soybean oil to goat's pasture-based diet improves the lipid profile without changing the sensory characteristics of milk. *J Appl Anim Res* 50:204–212. doi:10.1080/09712119.2022.2056464.

DECANDIA, M.; M. Sitzia; A. Cabiddu; D. Kababya; and G. Molle. 2000. The use of polyethylene glycol to reduce the anti-nutritional effects of tannins in goats fed woody species. *Small Ruminant Research* 38:157–164.

DELGADO junior, I.J.; K.B. Siqueira; and L.A. Stock. 2020. Produção, composição e processamento de leite de cabra no Brasil. *Circular técnica* 122.

EL-ESSAWY, A.M.; U.Y. Anele; A.M. Abdel-Wahed; A.R. Abdou; and I.M. Khattab. 2021. Effects of anise, clove and thyme essential oils supplementation on rumen fermentation, blood metabolites, milk yield and milk composition in lactating goats. *Anim Feed Sci Technol* 271. doi:10.1016/j.anifeedsci.2020.114760.

ELFERT, E. da C.; LANA, R. de P.; LEÃO, M. I.; ARCURI, P. B.; VALADARES FILHO, S. de C.; LEOPOLDINO, W. M.; OLIVEIRA, J. da S.; SAMPAIO, C. B.. 2005. Efeito da Combinação de Óleo de Soja e Monensina na Dieta sobre o Consumo de Matéria Seca e a Digestão em Vacas Lactantes 1.

- EL OTMANI, S.; Y. Chebli; M. Chentouf; J.L. Hornick, and J.F. Cabaraux. 2021. Effects of olive cake and cactus cladodes as alternative feed resources on goat milk production and quality. **Agriculture (Switzerland)** 11:1–16. doi:10.3390/agriculture11010003.
- FACIOLA, A.P.; and G.A. Broderick. 2014a. Effects of feeding lauric acid or coconut oil on ruminal protozoa numbers, fermentation pattern, digestion, omasal nutrient flow, and milk production in dairy cows. **J Dairy Sci** 97:5088–5100. doi:10.3168/jds.2013-7653.
- FERNANDES, M.F.; R. de C.R. do E. Queiroga; A.N. Medeiros; R.G. Costa; M.A.D. Bomfim; and A.A. Braga. 2008a. Características físico-químicas e perfil lipídico do leite de cabras mestiças Moxotó alimentadas com dietas suplementadas com óleo de semente de algodão ou de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia** 37:703–710.
- FERREIRA, C.B.; L.A. dos Santos; V.A. AGUIAR; and S.L. dos S. MEDEIROS. 2009. Utilização de gordura inerte na dieta de ruminantes.
- FONTELES, N.L.D.O.; R.T. De Sousa; J.D.L. Gonçalves; J. dos S.R. Barbosa; S.F. Dos Santos; and M.A.D. Bomfim. 2016. Inclusão de gordura na alimentação de caprinos e seu efeito sobre o perfil lipídico no leite: Revisão. **Pubvet**, 10(04).
- FRANCISCO, A.E.; J. M. Santos-Silva, A.P.V Portugal; S.P. Alves, and R.J.B. Bessa. 2019. Relationship between rumen ciliate protozoa and biohydrogenation fatty acid profile in rumen and meat of lambs. *PLoS One* 14. doi:10.1371/journal.pone.0221996.
- FREITAS, N.E.; M.J. Araújo; R.L. Oliveira; D.P.D. Lanna; C.A.T. Marques; J.N.C. Torreão; C.B. Santos; J.M. Silva Júnior; R.L. Edvan; and L.R. Bezerra. 2020. Production, composition, fatty acid profile and sensory traits of milk from goats fed crude glycerin from waste frying oils used in biodiesel production. **Livest Sci** 238. doi:10.1016/j.livsci.2020.104060.
- FROTA, M.N.L. da; M. S. de S. Carneiro; G.M.C. Carvalho; and R.B. de Araújo Neto. 2015. Palma Forrageira na Alimentação Animal. Documentos 233.
- GAMA, M.A.S., T.A. de Paula, A.S.C. Vêras, S.I. Guido, C.A. V Borges, R. Antoniassi, F.C.F. Lopes, M.L.M.W. Neves, and M. de A. Ferreira. 2021a. 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. **J Anim Physiol Anim Nutr** (Berl) 105:232–246. doi:10.1111/jpn.13466.
- GAMBLE, J.A. & Ellis, N.R. & Besley, A.K., 1939. "Composition and Properties of Goat's Milk as Compared with Cow's Milk," Technical Bulletins 167939, United States Department of Agriculture, Economic Research Service.
- GATTAS, G., and G. Brumano. 2005. ÁCIDO LINOLÉICO CONJUGADO (CLA). **Revista Eletrônica Nutritime** 2:164–171.
- GERMANO COSTA, R.; R. De Cássia, R.E. Queiroga; and R.A.G. Pereira. 2009. Revista Brasileira de Zootecnia Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra Influence of feed on the production on quality of goat milk.
- GIVES, D.I.; E. Owen; R.F.E. Axford; and H.M. Omed. 2000. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. **CABI** Publishing.

- GOVEIA, J.S.S. 2012. Substituição parcial do milho pela palma forrageira em dietas para cabras em lactação, tese de mestrado, Departamento de zootecnia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão.
- GROBAS, S.; and G.G. Mateos. 1996. Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. Madrid, 7 y 8 de Noviembre de 1996. XII Curso de especialización FEDNA influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo.
- GULATI, S.K.; E.B. Byers; Y.G. Byers; J.R. Ashes, and T.W. Scott. 1997. Effect of feeding different fat supplements on the fatty acid composition of goat milk. **Animal Feed Science Technology** 66:159–164.
- HOLLMANN, M.; and D.K. Beede. 2012a. Comparison of effects of dietary coconut oil and animal fat blend on lactational performance of Holstein cows fed a high-starch diet. **J Dairy Sci** 95:1484–1499. doi:10.3168/jds.2011-4792.
- HOOVER, W.H. 1986. Chemical Factors Involved in Ruminant Fiber Digestion. **J Dairy Sci** 69:2755–2766. doi:10.3168/jds.S0022-0302(86)80724-X.
- JENKINS, T.C. 1993. SYMPOSIUM: ADVANCES IN RUMINANT LIPID METABOLISM Lipid Metabolism in the Rumen.
- JENNESS, R. 1980a. Composition and Characteristics of Goat Milk: Review 1968–1979. **J Dairy Sci** 63:1605–1630. doi:10.3168/jds.S0022-0302(80)83125-0.
- KANEKO, J.J., J.W.; Harvey, and M.L. Bruss. 2008. **Clinical-biochemistry-of-domestic-animals.**
- KELLEY, N.S., N.E. Hubbard, and K.L. Erickson. 2007. Conjugated Linoleic Acid Isomers and Cancer 1,2 - Critical review. **J Nutr** 137:2599–2607.
- KHOLIF, A.E., T.A. Morsy, A.M. Abd El Tawab, U.Y. Anele, and M.L. Galyean. 2016. Effect of Supplementing Diets of Anglo-Nubian Goats with Soybean and Flaxseed Oils on Lactational Performance. **J Agric Food Chem** 64:6163–6170. doi:10.1021/acs.jafc.6b02625.
- KHOLIF, A.E., T.A. Morsy, and M.M. Abdo. 2018. Crushed flaxseed versus flaxseed oil in the diets of Nubian goats: Effect on feed intake, digestion, ruminal fermentation, blood chemistry, milk production, milk composition and milk fatty acid profile. **Animal Feed Sci Technol** 244:66–75. doi:10.1016/j.anifeedsci.2018.08.003.
- KITESSA, S.M., S.K. Gulati, J.R. Ashes, E. Fleck, T.W. Scott, and P.D. Nichols. Utilisation of fish oil in ruminants II. Transfer of fish oil fatty acids into goats' milk.
- KONGMUN, P., M. Wanapat, P. Pakdee, C. Navanukraw, and Z. Yu. 2011. Manipulation of rumen fermentation and ecology of swamp buffalo by coconut oil and garlic powder supplementation. **Livest Sci** 135:84–92. doi:10.1016/j.livsci.2010.06.131.
- KOZLOSKI, G.V. 2019b. Bioquímica Dos Ruminantes. 3a edição. G.V. Kozloski, ed. editora ufsm, Santa Maria.
- LANGUIDEY, P.H., and E.C. de Araújo. 1983. Substituição parcial do farelo de algodão pelo farelo de coco na ração concentrada para vacas em lactação. Comunicado Técnico 9:1–6.

- LIMA, R.N. de, J.H.G.M. Leite, J.G.B. Galvão Junior, A.K.B. de Moura, A.F. de Lima, and P. de O. Lima. 2018. Importância do ácido linoleico conjugado (CLA) em produtos de origem animal. **Revista em Agronegocio e Meio Ambiente** 11:1307–1331. doi:10.17765/2176-9168.2018v11n4p1307-1331.
- LIMA, T.J., R.G. Costa, G.R. de Medeiros, A.N. de Medeiros, N.L. Ribeiro, J.S. de Oliveira, R.R. Guerra, and F.F.R. de Carvalho. 2019. Ruminant and morphometric parameters of the rumen and intestines of sheep fed with increasing levels of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). **Trop Anim Health Prod** 51:363–368. doi:10.1007/s11250-018-1697-1.
- LIU, H., V. Vaddella, and D. Zhou. 2011. Effects of chestnut tannins and coconut oil on growth performance, methane emission, ruminal fermentation, and microbial populations in sheep. **J Dairy Sci** 94:6069–6077. doi:10.3168/jds.2011-4508.
- LOPES, L., D. Cardoso, K. Camargo, T. Silva, J. Souza, J.R. Silva, J. Morais, and T.P. Araújo. 2019. Palma forrageira na alimentação de ruminantes. **Pubvet** 13:1–10. doi:10.31533/pubvet.v13n3a277.1-10.
- MACIEL, F.A., K.D.G. Dias, P.H.G. GASPAROTTO, J.V. Dantas Filho, and J. Cavali. 2020. Produção de leite de vacas da raça girolando alimentadas com dietas com e sem caroço de algodão (*Gossypium hirsutum* L). **Tekhne e Logos** 11:63–74.
- MAT, K., Z. Abdul Kari, N.D. Rusli, H. Che Harun, L.S. Wei, M.M. Rahman, H.N. Mohd Khalid, M.H. Mohd Ali Hanafiah, S.A. Mohamad Sukri, R.I.A. Raja Khalif, Z. Mohd Zin, M.K. Mohd Zainol, M. Panadi, M.F. Mohd Nor, and K.W. Goh. 2022. Coconut Palm: Food, Feed, and Nutraceutical Properties. **Animals** 12. doi:10.3390/ani12162107.
- MATSUBA, K., A. Padlom, A. Khongpradit, P. Boonsaen, P. Thirawong, S. Sawanon, Y. Suzuki, S. Koike, and Y. Kobayashi. 2019. Selection of plant oil as a supplemental energy source by monitoring rumen profiles and its dietary application in Thai crossbred beef cattle. **Asian-Australas J Anim Sci** 32:1511–1520. doi:10.5713/ajas.18.0946.
- MELO, A.A.S. de, M. de A. Ferreira, A.S.C. Vêras, M. de A. Lira, L.E. de Lima, R.A.S. Pessoa, S.V. Bispo, A.D. Cabral, and M. de Azevedo. 2006. Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com caroço de algodão em dieta à base de palma forrageira. **Pesq. agropec. bras** 1165–1171.
- MENDES, M. de S. 2019. Efeito de diferentes fontes lipídicas sobre variáveis nutricionais, de produção e composição do leite de cabras localmente adaptadas, Master thesis, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Fortaleza.
- Ministério da saúde, H. do coração. 2018. Alimentação Cardioprotetora. **Manual de Orientações Para Profissionais de Saúde Da Atenção Básica**.
- MITSIOPOULOU, C., C. Karaiskou, M. Simoni, F. Righi, A.C. Pappas, K. Sotirakoglou, and E. Tsiplakou. 2021. Influence of dietary sesame meal, vitamin E and selenium supplementation on milk production, composition, and fatty acid profile in dairy goats. **Livest Sci** 244. doi:10.1016/j.livsci.2020.104336.
- MONTEIRO, C.C. de F. 2017. Substituição de palma miúda por palma orelha de elefante mexicana para vacas em lactação.

MORA-LUNA, R.E., A.M. Herrera-Angulo, M.C.B. Siqueira, M.G. da Conceição, J.C.C. Chagas, C.C.F. Monteiro, A.S.C. Vêras, F.F.R. Carvalho, and M.A. Ferreira. 2022. Spineless Cactus Plus Urea and Tifton-85 Hay: Maximizing the Digestible Organic Matter Intake, Ruminal Fermentation, and Nitrogen Utilization of Wethers in Semi-Arid Regions. **Animals** 12. doi:10.3390/ani12030401.

MOTA, L.R.M.F. da. 2013. O ácido linoleico conjugado (CLA) e a saúde humana.

M.S. Vilanova, M.T.M. Osório, V. Schmidt, J.C.S. Osório, D.S. Vilanova, and J.D. Kessler. 2012. Perfil de ácidos graxos do leite de cabras leiteiras alimentadas com dieta contendo dois níveis de óleo de arroz. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, 64:1755–1760.

MUNDIM, A. V, A.S. Costa, S.A.P. Mundim, E.C. Guimarães, and F.S. Espindola. 2007. Influência da ordem e estádios da lactação no perfil bioquímico sanguíneo de cabras da raça Saanen [Influence of parity and stage of lactation on the blood biochemical profile of Saanen goats].

MUSCO, N., R. Tudisco, G. Esposito, P. Iommelli, P. Totakul, B. D’aniello, P. Lombardi, R. Amato, M. Wanapat, and F. Infascelli. 2022. Effects of Linseed Supplementation on Milk Production, Composition, Odd-and Branched-Chain Fatty Acids, and on Serum Biochemistry in Cilentana Grazing Goats. **Animals** 12. doi:10.3390/ani12060783.

NOGUEIRA, R.G.S., F. Perna Junior, A.S.C. Pereira, E.C.O. Cassiano, R.F. Carvalho, and P.H.M. Rodrigues. 2020a. Methane mitigation and ruminal fermentation changes in cows fed cottonseed and vitamin E. **Sci Agric** 77. doi:10.1590/1678-992x-2018-0247.

NOGUEIRA, R.G.S., F. Perna Junior, A.S.C. Pereira, and P.H.M. Rodrigues. 2019. Nutrient digestibility and changes in feeding behavior of cattle fed cottonseed and vitamin E. **Sci Agric** 76:112–122. doi:10.1590/1678-992x-2017-0334.

NOVACK, M. M. E.; Cauduro, L., Fuke, G., & Nörnberg, J. L. (2014). EFFICACY OF CONJUGATED LINOLEIC ACID (CLA) ON HUMAN HEALTH. **Revista Eletrônica Em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental**, 18, 36–46.

NOVACK, M. M. E.; G. Fuke, and J. L. Nörnberg. 2013. Ácido linoléico conjugado (cla) presente nos produtos lácteos e sua relação com a saúde humana. **Higiene Alimentar** 27:226–227.

PALMQUIST, D.L., and T.C. Jenkins. 1980. Fat in Lactation Rations: Review. **J Dairy Sci** 63:1–14. doi:10.3168/jds.S0022-0302(80)82881-5.

PALMQUIST, D.L., and T.C. Jenkins. 2017a. A 100-Year Review: Fat feeding of dairy cows. **J Dairy Sci** 100:10061–10077. doi:10.3168/jds.2017-12924.

PARK, Y.W. 2004. Goat Milk: Composition, Characteristics. **Encyclopedia of animal science** 474–477.

PESSOA, R.A.S., M. de A. Ferreira, L.E. Lima, M. de A. Lira, A.S.C. Vêras, A.E.V. Silva, M.Y. Sosa, Ma. Azavedo, K.F. Miranda, F. Silva, and MElo. Airon Aparecido. 2005. Vacas leiteiras submetidas a diferentes estratégias alimentares. digestibilidade e balanço de energia 267.

POLIZEL, D.M., and L.C.B. SOARES. 2023. Caroço de Algodão: qual a qualidade nutricional do coproduto que utilizo na minha propriedade? **Milkpiont**.

PROSSER, C.G. 2021a. Compositional and functional characteristics of goat milk and relevance as a base for infant formula. **J Food Sci** 86:257–265. doi:10.1111/1750-3841.15574.

QUEIROGA, R.D.C.R.E., R.Â.G. Pereira, A.N. De Medeiros, R.G. Costa, M.D.O. Maia, and M.A.D. Bomfim. 2009. Perfil de ácidos graxos do leite de cabras mestiças moxotó suplementadas com óleo de licuri ou de mamona.

RAPETTI, L., S. Colombini, G. Battelli, B. Castiglioni, F. Turri, G. Galassi, M. Battelli, and G.M. Crovetto. 2021. Effect of linseeds and hemp seeds on milk production, energy and nitrogen balance, and methane emissions in the dairy goat. **Animals** 11. doi:10.3390/ani11092717.

REIDELBERGER, R.D. 1994. Cholecystokinin and Control of Food Intake¹2. **The journal of nutrition**.

R.H. Jangool; I. Adawi. A.; e F. S. Siddig.. 2018. Effect of Feeding Bt Cotton Seed Cake on Nubian Goats Milk Characteristic, Gezira State , Sudan. **Open Academic Journal of Advanced Science and Technology** 2:9–13. doi:10.33094/5.2017.2018.21.9.13.

Roberto, J.V.B., B.A. de A. Marques, B.B. de Souza, S.S. de Azevedo, and D.Y.C. de Assis Neto. 2012. Caroço de algodão na dieta de cabras saanen no semiárido paraibano. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim** 13:271–282.

RODRIGUES, J.P.P., R.M. De Paula, L.N. Rennó, G.P. Costa, V.C.E. Hamade, S.C. Valadares Filho, F.P. Rennó, and M.I. Marcondes. 2019. Effects of soybean oil supplementation on performance, digestion and metabolism of early lactation dairy cows fed sugarcane-based diets. **Animal** 13:1198–1207. doi:10.1017/S1751731118002781.

SANTOS, G. C. de L., Neto, S. G., Bezerra, L. R., & Medeiros, A. N. de. (2020). Uso de tortas na alimentação de vacas leiteiras: uma revisão / Use of cakes to feed dairy cows: a review. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**.

SANTOS, M.V.F. dos, F.F.R. de Carvalho, and M. de A. Ferreira. 2022. Palma Forrageira: Potencial e Perspectivas. 2a ed. M.V.F. dos Santos, F.F.R. de Carvalho, and M. de A. Ferreira, ed. Recife - PE.

SCHINGOETHE, D.J. 2017. A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows. **J Dairy Sci** 100:10143–10150. doi:10.3168/jds.2017-12967.

SCHULTZ, E.B., S. de M. Goulart, I.S. Garcia, R.M. do Amaral, and J.A.S. Grossi. 2019. Torta da polpa de macaúba na dieta de cabras leiteiras. **VETERINÁRIA NOTÍCIAS** 25:67–81. doi:10.14393/vtn-v25n1-2019.5.

SILVA, F.J.S. da, D.M. de Lima Júnior, V.V.S. de Almeida, A.C. Oliveira, B.D.O. Fernandes, A.P. Souza, F.F.R. de Carvalho, and A.N. de Medeiros. 2022. Coconut fruit pulp by-product in the diet of sheep. **Trop Anim Health Prod** 54. doi:10.1007/s11250-022-03368-4.

SILVA, H.G. de O., A.J.V. Pires, F.F. Silva, C.M. Veloso, G.G.P. Carvalho, A.S. Cezário, and C.C. Santos. 2005. Farelo de Cacau (*Theobroma cacao* L.) e Torta de Dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) na Alimentação de Cabras em Lactação: Consumo e Produção de Leite. **Revista Brasileira de Zootecnia** 34:1786–1794.

SILVA, J.N., A.C. Araújo, E.P. Santos, J.P. de Holanda Neto, and T.T.L. Alves. 2011. PARAMETROS E DETERMINANTES DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE CAPRINO PARAMETERS AND DETERMINANTS OF PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITY OF GOAT MILK 32–38.

SILVA, M.M.C. da, Ma.T. Rodrigues, C.A.F. Rodrigues, R.H. Branco, M.I. Leão, A.C.M. de Magalhães, and R. da S. Matos. 2007. Efeito da suplementação de lipídios sobre a digestibilidade e os parâmetros da fermentação ruminal em cabras leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia** 36:246–256.

SILVA, T.G.P., L.A. Lopes, F.F.R. de Carvalho, P.C. Soares, A. Guim, V.A. Silva, and M.V. Batista. 2023. Blood biochemical parameters of lambs fed diets containing cactus cladodes. **Arq Bras Med Vet Zootec** 75:48–60. doi:10.1590/1678-4162-12833.

SOARES, Gliére Silmara Leite. Perfil metabólico de cabras leiteiras híidas durante o período de transição. 2017. 79 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Sanidade e Reprodução de Ruminantes) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns.

SOUZA, J. de, C.L. Preseault, and A.L. Lock. 2018. Altering the ratio of dietary palmitic, stearic, and oleic acids in diets with or without whole cottonseed affects nutrient digestibility, energy partitioning, and production responses of dairy cows. **J Dairy Sci** 101:172–185. doi:10.3168/jds.2017-13460.

SOUZA, J.G. de, and C.V.D.M. Ribeiro. 2021a. Biohidrogenação ruminal e os principais impactos no perfil de ácidos graxos da carne: revisão. **Research, Society and Development** 10:e28101321039. doi:10.33448/rsd-v10i13.21039.

SRIVASTAVA, A., N. Singh, and V. Mudgal. 1994. Effect of varying levels of dietary energy on feed utilization and milk production in Beetal goats. **Indian Journal of Animal Nutrition**, 1994, Vol. 11, No. 2, 81-84 ref. 6.

TEIXEIRA, R. de C.M. de A., M. del C.B. Molina, E. Zandonade, and J.G. Mill. 2007. Risco Cardiovascular em Vegetarianos e Onívoros: um Estudo Comparativo. Universidade Federal do Espírito Santo - UFES - Vitória, ES – Brasil.

VALENÇA BISPO, S.; M. de Andrade Ferreira; A. Sherlânea Chaves Vêras, Â. Maria Vieira Batista, R. Alexandre Silva Pessoa, and M. Pimentel Bleuel. 2007. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. Correspondências devem ser enviadas para **Revista Brasileira de Zootecnia** 1 1902–1909.

VARGAS-BELLO-PÉREZ, E., N.C. Pedersen, J. Khushvakov, Y. Ye, R. Dhakal, H.H. Hansen, L. Ahrné, and B. Khakimov. 2022. Effect of Supplementing Dairy Goat Diets With Rapeseed Oil or Sunflower Oil on Performance, Milk Composition, Milk Fatty Acid Profile, and in vitro Fermentation Kinetics. **Front Vet Sci** 9. doi:10.3389/fvets.2022.899314.

VASTA, V., M. Daghighi, A. Cappucci, A. Buccioni, A. Serra, C. Viti, and M. Mele. 2019. Invited review: Plant polyphenols and rumen microbiota responsible for fatty acid biohydrogenation, fiber digestion, and methane emission: Experimental evidence and methodological approaches. **J Dairy Sci** 102:3781–3804. doi:10.3168/jds.2018-14985.

YOUSEF, M.A., M.H. Farouk, H.H. Azzaz, M.S.A. Khattab, A.M. Abd El Tawab, and M. El-Sherbiny. 2022. Feeding Corn Oil in a Nanoemulsified Form Alters the Unsaturated Fatty Acids in the Milk of Zaraibi Dairy Goats. **Animals** 12. doi:10.3390/ani12192559.

ZIA, M.A., S.H. Shah, S. Shoukat, Z. Hussain, S.U. Khan, and N. Shafqat. 2022. Physicochemical features, functional characteristics, and health benefits of cottonseed oil: A review. **Brazilian Journal of Biology** 82. doi:10.1590/1519-6984.243511.

CAPÍTULO I

Consumo e digestibilidade de nutrientes, perfil sanguíneo e desempenho produtivo de cabras alimentadas com dietas contendo fontes lipídicas e palma forrageira

Consumo e digestibilidade de nutrientes, perfil sanguíneo e desempenho produtivo de cabras alimentadas com dietas contendo fontes lipídicas e palma forrageira

Rabia António Canda Zimba*^{1,2}; Francisco Fernando Ramos de Carvalho¹

*Autor para correspondência: racanda18@gmail.com, rabia.canda@uem.mz

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco

²Universidade Eduardo Mondlane - Moçambique

RESUMO: Fontes de gordura se apresentam como alternativas viáveis para o suprimento da necessidade energética de cabras em lactação pelo fato de fornecerem 2,5 vezes mais energia que os carboidratos, principal fonte energética dos ruminantes. No entanto, devido a sua natureza, gorduras podem ser nocivas a microbiota ruminal, comprometendo o desempenho animal. Aumentar o fluxo de passagem da dieta pelo trato digestivo pode ser uma alternativa ao aproveitamento da energia das gorduras sem comprometer o desempenho produtivo do animal. Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão do subproduto de coco e do caroço de algodão associados ou não a palma forrageira sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes, comportamento ingestivo, balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos e produção de leite em cabras lactantes. Foram utilizadas 12 cabras multíparas da raça Saanen, com peso corporal médio de $55,0 \pm 8,0$ kg, 60 dias em leite e produção média diária de $3,3 \pm 0,83$ kg, os animais foram agrupados em quadrado latino (4x4) triplo. Os tratamentos experimentais consistiam em: 1 – subproduto de coco sem palma forrageira (SC), 2 – subproduto de coco com palma forrageira (SCP), 3 – caroço de algodão sem palma forrageira (CA), 4 - caroço de algodão com palma forrageira (CAP). As cabras alimentadas com dietas contendo palma forrageira apresentaram maior (+69,42%), $P < 0,05$, consumo de matéria seca comparada às dietas sem palma forrageira. As dietas contendo subproduto de coco foram menos aceitas pelas cabras, reduzindo, assim, o consumo de matéria seca em 10,12%. Dietas com palma forrageira apresentaram menor digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, maior excreção de nitrogênio nas fezes (+425,8%) e urina (+162%) e, conseqüentemente, menor retenção (-17,19%). Observou-se efeito da fonte de gordura e da adição da palma forrageira sobre a eficiência de ruminação, tendo se apresentado melhores eficiências as cabras que receberam dietas com palma forrageira e as com caroço de algodão. Observou-se efeito da interação palma forrageira e fonte de gordura sobre o tempo de alimentação (TAL) e a eficiência de alimentação (EAL). A associação da palma forrageira às dietas com caroço de algodão reduziu o tempo de alimentação (-37,9 min/d) e, por conseguinte, aumentou sua eficiência de alimentação. A dieta com subproduto de coco associado à palma forrageira apresentou maior tempo de alimentação (+40,6 min/dia), mas a eficiência alimentar não diferiu. Não se observou alterações significativas nos parâmetros sanguíneos que denotassem comprometimento de órgãos como fígado ou rim como resultado do fornecimento da palma forrageira às cabras. O uso de caroço de algodão como fonte de gordura permitiu 22,82% a mais de produção de leite corrigida para gordura quando comparada às dietas com o subproduto de coco. O caroço de algodão se apresentou como a melhor fonte lipídica associada a palma forrageira na dieta de cabras leiteiras.

Palavras-chave: caprinos, lactação, lipídeos, nutrição, palma forrageira.

Intake and digestibility of nutrients, blood profile and productive performance of lactating goats fed diets containing lipid sources associated with cladodes cactus

Rabia António Canda Zimba*^{1,2}; Francisco Fernando Ramos de Carvalho¹

*Corresponding author: racanda18@gmail.com, rabia.canda@uem.mz

¹Federal Rural of Pernambuco University - Brazil

²Eduardo Mondlane University – Mozambique

ABSTRACT: Lipid sources present themselves as viable alternatives for meeting the energy needs of lactating goats, as they provide 2.5 times more energy than carbohydrates, the main energy source of ruminants. However, due to their nature, lipids can be harmful to ruminal flora, compromising animal performance. Providing lipid in a protected form and/or increasing its flow through the digestive tract can be an alternative to using energy from lipid without compromising the animal's productive performance. The aim of this study was to evaluate the effect of including coconut by-product and cottonseed associated or not to cladodes cactus on nutrient intake and digestibility, ingestive behavior, nitrogen balance, blood parameters and milk production in lactating goats. 12 multiparous Saanen goats were used, with an average body weight of 55.0 ± 8.0 kg, 60 days of lactation and an average daily production of $3,3 \pm 0,83$ kg. The animals were grouped in a triple Latin square (4x4). The experimental treatments consisted of: 1 – coconut by-product without cladodes cactus, 2 – coconut by-product with cladodes cactus, 3 – cotton seeds without cladodes cactus, 4 – cotton seeds with cladodes cactus. Diets containing cladodes cactus showed higher (+69.42%) dry matter intake compared to diets without cactus; Diets containing coconut by-product were less accepted by the goats, which led to a reduction in dry matter intake by 10.12%. Diets with cladodes cactus showed lower digestibility of dry matter and nutrients, greater excretion of nitrogen in faeces (+425.8%) and urine (+162%) and consequently lower nitrogen retention (-17.19%). an effect of the fat source and the addition of cladodes cactus on rumination efficiency was observed, diet with the association of cladodes cactus and cottonseed had the best efficiency. An interaction effect was observed between cactus and fat source on feeding time (TAL) and feeding efficiency (EAL), The association of cladodes cactus with cottonseed in diet reduced feeding time (- 37.9min/d), consequently increased its feeding efficiency. The diet with coconut by-product associated with cladodes cactus showed longer feeding time (+40.6 min/day) but feed efficiency was not different. No significant changes were observed in blood parameters that would indicate liver or kidney damage as result of feeding cladodes cactus to goats. The use of cottonseed as a source of fat allowed greater milk production corrected for fat by 22.82% when compared to diets with coconut by-product. Cottonseed presented itself as a better lipid source associated with cactus in the diet of dairy goats when compared to the diet with coconut by-product.

Keywords: goats, lactation, lipids, nutrition, cactus.

1. INTRODUÇÃO

Cuidados com alimentação são o centro dos custos de produção em qualquer sistema de produção animal. Produtores têm buscado alternativas alimentares que sejam simultaneamente menos onerosas e atendam a demanda energética dos animais. Uma solução é a utilização de alimentos regionais alternativos da agroindústria, tais como os oriundos da lavoura de grãos e fruticultura, de empresas processadoras de frutas ou de indústrias de biocombustíveis (Fluck et al., 2023).

O caroço de algodão é o material que sobra após a retirada das fibras (pluma) e compreende o grão e a casca do algodão. As fibras curtas que ficam retidas junto ao caroço são denominadas línter e são fontes de fibra facilmente digestível para os ruminantes. Vem sendo usado nas rações de ruminantes devido ao seu alto teor de lipídeos que possibilita elevar a densidade energética das dietas sem diminuir seus teores de fibra e proteína (Souza et al., 2018; Nogueira et al., 2019, 2020a). Apresenta em sua composição bromatológica cerca de 23% de PB, 44% de FDN, 96% de NDT e 20% de extrato etéreo, o que confere ao produto característica proteico-energética. Quando adicionado à dieta de cabras leiteiras resultou em efeitos diferentes entre pesquisas, desde a ausência de efeito sobre o consumo de matéria seca e produção de leite (Roberto et al., 2012), aumento do teor de gordura do leite (Silva et al., 2010) e melhoria na qualidade nutritiva do leite pelo aumento de ácidos graxos poliinsaturados na sua composição (Martins, 2018).

Do processamento do coco ou copra (*Cocos nucifera*) resultam alguns resíduos, dentre eles o subproduto do coco, obtido pela raspagem da película do mesocarpo aderida ao fruto. Este subproduto pode apresentar teor de extrato etéreo de 3% a 70%, variando de acordo com o método e finalidade de processamento do coco (Silva et al., 2022). A inclusão de subproduto de coco na dieta de ovinos e de cabras em lactação reduziu o consumo de matéria seca, proteína bruta, carboidratos não fibrosos, fibra em detergente neutro e digestibilidade da matéria seca, o que resultou em redução da produção de leite (Mendes, 2019; Silva et al., 2022).

Na composição dos lipídeos encontram-se ácidos graxos saturados (AGS) e ácidos graxos insaturados (AGI), sendo estes últimos (os poliinsaturados) tóxicos às bactérias ruminais, comprometendo a fermentação ruminal. Para garantir a integridade ruminal, Palmquist e Jenkins (1980a) propuseram concentrações de até 5% de lipídeos na dieta de

cabras leiteiras. Em cabras, a taxa de passagem da digesta é superior se comparada às vacas, podendo, com isso, diminuir a exposição das bactérias aos lipídeos, reduzindo seus efeitos negativos (Chilliard et al., 2003). Outra maneira de reduzir estes efeitos seria a redução do pH ruminal que leva a redução da biohidrogenação ruminal (Medeiros, 2015).

A redução do pH ruminal foi apresentada como uma das implicações da adição da palma forrageira à dieta de caprinos e ovinos (Lopes et al., 2019; Mora-Luna et al., 2022; Lima, T.J. 2018). Por outro lado, Batista et al. (2003) e ama et al. (2021), verificaram aumento na degradabilidade e na taxa de passagem da digesta no rúmen, o que reduz, dessa forma, a exposição das partículas alimentares à microbiota e, conseqüentemente, a biohidrogenação. Estes dois fatores fazem da palma forrageira excelente aliado aos suplementos lipídicos em dietas para cabras leiteiras.

A utilização da palma forrageira na dieta de cabras em lactação tem resultado em aumento no consumo de matéria seca, produção de leite, dessedentação animal e melhoramento do desempenho produtivo no geral associado ao seu elevado teor de carboidratos não estruturais (Santos et al., 2022).

Face ao exposto, hipotetizou-se que a associação da palma forrageira a fontes de ácidos graxos poliinsaturados na alimentação de cabras em lactação iria potencializar a produção de leite, pelo incremento energético da dieta.

Assim, com o presente estudo, objetivou-se avaliar o efeito da associação da palma forrageira a fontes lipídicas sobre o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos e produção de leite em cabras leiteiras.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local do experimento e animais

Os procedimentos experimentais com os animais foram executados de acordo com as recomendações do Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), o protocolo foi submetido e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (CEUA/UFRPE) sob a licença número 3503110321.

O experimento foi conduzido de março à junho de 2022 no setor de Caprinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal rural de Pernambuco localizado entre as coordenadas 08°01'15,1"S e 34°56'3,2"W, na cidade de Recife-PE, apresentando clima (tipo As' e Ams' classificação climática de Koppen) quente e úmido, precipitação acima de 1000 mm, temperatura média do ar superior a 26° C e umidade relativa do ar alta, com variação de 79,2 a 90,7% nos meses com maior ocorrência de chuvas (abril à julho), podendo chegar até 100%.

Foram utilizadas 12 cabras da raça Saanen, multíparas, com peso médio de $55,0 \pm 8,0$ kg, com 60 dias em leite e uma produção diária média de $3,3 \pm 0,83$ kg de leite. Foram alojadas individualmente em regime de confinamento, sob manejo uniforme em galpão coberto e higienizado, em baias de madeira, com piso ripado e suspenso a 60 cm do solo, medindo 1,10 x 1,20 m, providas de comedouro e bebedouro. Os animais foram distribuídos em três quadrados latinos (4x4) agrupados conforme o nível de produção.

2.2. Dietas experimentais

As dietas foram formuladas de acordo com o NRC (2007) para atender as exigências de cabras em lactação com peso corporal de 50 kg e média de produção diária de 3kg de leite, e correção para 3,5% de gordura. Foram definidos quatro tratamentos, todos contendo como base feno de tifton (*Cynodon spp.*), milho em grão (*Zea mays*), farelo de soja (*Glycine max*) e suplemento mineral (caprinofós®), suplementadas com subproduto de coco (*Cocos nucifera*) ou caroço de algodão (*Gossypium L.*) e palma forrageira orelha de elefante mexicana (*Opuntia stricta Howard*), sendo: dieta 1 - subproduto de coco (SC), dieta 2 - subproduto de coco + palma forrageira (SCP), dieta 3 - caroço de algodão (CA), dieta 4 - caroço de algodão

+ palma forrageira (CAP). A composição bromatológica de cada um dos ingredientes está apresentada na tabela 1, a participação dos ingredientes e a composição nutricional das dietas experimentais encontra-se apresentada na tabela 2.

O feno de *tifton* foi triturado na “máquina forrageira estacionária” passando por peneira com crivo de 8 mm e estocado semanalmente, a palma forrageira foi triturada na “máquina fatiadora estacionária” imediatamente antes a oferta do alimento, o caroço de algodão e o milho foram moídos no triturador de milho. A ração na forma de mistura completa, à vontade, duas vezes ao dia, às 8h e as 15h.

Tabela 1: Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas (gr/kg MS) de cabras leiteiras suplementadas com fontes lipídicas

| | Feno de capim tifton 85 | Farelo de soja | Milho moído | POEM | Caroço de algodão | Subproduto de coco | Mistura mineral |
|---------|----------------------------|-------------------|----------------|-------|----------------------|-----------------------|--------------------|
| MS(%MN) | 878,7 | 883,2 | 881,3 | 91,5 | 913,1 | 989,0 | 990,7 |
| NDT | 547 | 804,1 | 900,6 | 693,4 | 814,6 | 855 | |
| PB | 93,6 | 456,2 | 87,7 | 66,1 | 251,7 | 48,6 | |
| EE | 12,6 | 9,9 | 41,6 | 20,2 | 185,7 | 674,0 | |
| FDN | 721,8 | 137,2 | 140,1 | 182,2 | 470,5 | 253,5 | |
| FDNcp | 704,9 | 136,4 | 131,0 | 169,8 | 436,3 | 243,7 | |
| FDA | 431,1 | 76,8 | 84,1 | 87,5 | 208,7 | 11,1 | |
| MM | 76,1 | 66,2 | 61,1 | 140,7 | 30,1 | 12,7 | 892,9 |
| MO | 923,9 | 933,8 | 938,9 | 859,3 | 969,9 | 987,3 | |
| CHOT | 817,7 | 467,7 | 809,6 | 773,0 | 532,5 | 264,7 | |
| CNF | 112,8 | 331,3 | 678,6 | 603,2 | 96,2 | 210 | |

MS= matéria seca; MN=matéria natural; NDT=nutrientes digestíveis totais; PB=proteína bruta; EE=Extrato etéreo; FDN=fibra em detergente neutro; FDNcp=fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; FDA=fibra em detergente ácido; MM=matéria mineral; MO=matéria orgânica; CHOT=carboidratos totais; CNF=carboidratos não fibrosos; POEM= palma forrageira.

Tabela 2: Participação dos ingredientes e composição nutricional das dietas experimentais de cabras leiteiras suplementadas com fontes lipídicas

| Alimentos | Tratamentos | | | |
|--|-------------|--------|--------|--------|
| | SC | SCP | CA | CAP |
| | (g/kg MS) | | | |
| Feno de Tifton | 400 | 150 | 400 | 150 |
| Palma forrageira | 0 | 250 | 0 | 250 |
| Subproduto de coco | 50 | 50 | 0 | 0 |
| Milho em grão moído | 382 | 365 | 320 | 295 |
| Farelo de soja | 148 | 165 | 60 | 85 |
| Caroço de algodão | 0 | 0 | 200 | 200 |
| Suplemento mineral ¹ | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Total | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Composição química (g/kg MS) | | | | |
| Matéria seca (g/kg MN) | 887,3 | 279,7 | 888,8 | 279,9 |
| Matéria mineral | 82,07 | 98,31 | 77,86 | 94,12 |
| Proteína bruta | 140,89 | 140,28 | 147,14 | 145,55 |
| Extrato etéreo | 56,10 | 57,46 | 57,58 | 57,19 |
| Fibra em detergente neutro | 375,18 | 240,23 | 439,84 | 300,88 |
| Fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína | 364,37 | 230,69 | 423,06 | 285,68 |
| Carboidratos totais | 718,8 | 701,81 | 720,28 | 700,99 |
| Carboidratos não fibrosos | 354,43 | 471,12 | 297,22 | 415,31 |
| Nutrientes digestíveis totais | 724,59 | 759,55 | 721,32 | 752,35 |

SC=subproduto de coco; SCP= subproduto de coco + palma forrageira; CA= caroço de algodão; CAP= caroço de algodão + palma forrageira. ¹Níveis de garantia (nutrientes/kg): Cálcio-150g; Enxofre-12g; Fósforo-65g; Magnésio-6.000mg; Sódio- 107g; Cobre- 100mg; Cobalto-175mg; Ferro-1000mg; Flúor máximo-650mg; Iodo-175mg; Manganês-1440mg; Selênio-27mg e Zinco- 6000mg

2.3 Manejo, amostragens e análises laboratoriais

Os animais foram avaliados por um período de 80 dias, correspondentes a quatro períodos de 20 dias cada, sendo 15 dias de adaptação às dietas e ao manejo e 5 dias dedicados a coleta das amostras e dados.

As sobras foram coletadas e pesadas a cada manhã, sendo a quantidade fornecida ajustada em função do consumo do dia anterior, permitindo-se sobras de 10%. Água limpa foi disponibilizada à vontade durante todo o período experimental. Das sobras alimentares e das amostras dos ingredientes, utilizados na confecção das rações, foram retiradas amostras correspondentes a 10% do total por animal, e relativas a cada período experimental. Foram submetidas ao procedimento de pré-secagem em estufa de circulação forçada a 55°C até obtenção de peso constante. Em seguida, foram moídas em moinho de facas, com peneira de

crivo de 2mm e 1mm, identificadas e armazenadas para posteriores análises no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de zootecnia da UFRPE.

A composição química das sobras, fezes e ingredientes foi determinada de acordo com procedimentos da AOAC (2000) para matéria seca (MS; ID 934.01), cinzas (ID 942.05), matéria orgânica (MO; ID 930.05), extrato etéreo, e proteína bruta (PB; ID 968.06). A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foi analisada de acordo com Van Soest et al. (1991), usando alfa-amilase termoestável, conforme AOAC (2005; método 973.18) com correção para cinzas e proteína residual (FDNcp), de acordo com a AOAC (Mertens, 2002). Os carboidratos totais (CT) foram obtidos segundo a equação: $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$, conforme Sniffen et. al. (1992) e os carboidratos não-fibrosos (CNF) calculados de acordo com Hall (2001), sendo: $CNF = 100 - (\%PB + \%FDNcp + \%EE + \%MM)$, modificado para correção de cinzas e proteína.

2.4 Consumo e digestibilidade dos nutrientes

O consumo de matéria seca e demais nutrientes foi calculado pela diferença entre a quantidade ofertada e a sobra. Para estimativa da digestibilidade aparente foram coletadas amostras spot de fezes em cada período, por excreção espontânea, foram posteriormente compostas, por animal, e armazenadas em freezer a -20°C para análises químicas. A excreção fecal total (Produção de matéria seca fecal-PMSF) foi estimada utilizando a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador interno, obtida após incubação ruminal por 288 horas (Valente et al., 2011), e calculada pela fórmula: $\text{PMSF (g/dia)} = \text{indicador consumido/concentração do indicador nas fezes}$. Os coeficientes de digestibilidade aparente foram calculados seguindo a formula: $\text{CDA (\%)} = [(\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado}) / \text{nutriente ingerido}] \times 100$

2.5. Comportamento ingestivo

As avaliações do comportamento ingestivo das cabras (alimentação, ruminação e ócio) foram coletadas durante dois dias consecutivos em cada período. As observações foram realizadas por 48 horas, a cada 10 minutos, utilizando o método de varredura instantânea (scan sampling) proposto por Martin e Baterson (2007). As eficiências de alimentação e ruminação (g de MS/min) foram calculadas pela divisão do consumo de MS pelo tempo total

de alimentação (EAL, eficiência de alimentação) ou ruminação (ERU, eficiência de ruminação).

2.6. Perfil metabólico sanguíneo e balanço de nitrogênio (N)

Ao final de cada período experimental amostras de sangue foram coletadas com tubos vacutainer, com e sem anticoagulante, direto da veia jugular, em seguida foram centrifugadas a 3.500 rpm por 15 min, acondicionadas em tubos tipo eppendorf devidamente identificados e armazenados em freezer a -20°C, para posterior encaminhamento ao laboratório de Patologia do departamento de Medicina Veterinária da UFRPE, onde foram determinadas as concentrações séricas de glicose, colesterol, triglicerídeos, frutose, ácido úrico, proteínas, ureia e creatinina, utilizando-se kits comerciais (Labtest), de acordo com as orientações técnicas do fabricante, com auxílio do equipamento de espectrofotometria Labmax 240 da Labtest®.

Na ocasião foram também coletadas amostras spot de urina de cada animal (micção espontânea), de acordo com Chizzotti *et al.* (2008). A urina foi imediatamente filtrada em gaze e uma alíquota de 10 mL foi diluída em 40 mL de ácido sulfúrico 0,036 N, para manter o pH abaixo de três, evitando-se a destruição bacteriana das bases purinas urinárias e a precipitação do ácido úrico.

As amostras foram armazenadas a -20 °C para posteriores análises de ureia, ácido úrico e creatinina. O volume urinário médio diário foi estimado para cada animal, multiplicando-se o peso corporal pela excreção diária de creatinina (mg/kg PC) e dividindo-se o produto pela concentração de creatinina (mg/L) na urina spot, utilizando o valor de 26,05 mg/kg de PC.

O balanço de compostos nitrogenados (BN) foi determinado pela equação:

$[N \text{ retido (g/dia)} = N \text{ ingerido (g/dia)} - N \text{ fecal (g/dia)} - N \text{ urinário (g/dia)} - N \text{ leite(g/dia)}]$
(Decandia et al., 2000).

2.7 Produção de leite

As cabras foram ordenhadas manualmente, pelo mesmo ordenhador, duas vezes ao dia, de manhã, às 7 horas, e à tarde, às 14 horas. O esquema de higienização consistiu em desinfecção dos tetos com água clorada e secagem com papel toalha antes de cada ordenha,

seguido por teste de detecção de mastite (teste da caneca de fundo preto). Finda a ordenha, foi feito o *pós-dipping*, que consistiu na imersão de cada um dos tetos em uma solução de iodo glicerinado a 2%. Imediatamente, após a ordenha, o leite foi pesado para monitoramento da produção individual. A produção diária foi obtida pela soma das duas ordenhas diárias e foi feita correção para 3,5% de gordura (PLCG), utilizando a equação proposta por Sklan *et. al.* (1992), onde: %G = percentual de gordura do leite:

$$\text{PLCG} = (0,432 + 0,1625 \times \%G) \times \text{kg/dia de leite.}$$

A eficiência alimentar na produção de leite (EAPL) nos tratamentos foi determinada pela relação entre a PLCG e o consumo de matéria seca (CMS).

2.8 Análise estatística

O delineamento experimental usado foi o quadrado latino (4x4) triplo simultâneo, com arranjo fatorial 2 x 2 (duas fontes de gordura e adição ou não de palma forrageira). Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett, para verificar a homoscedasticidade dos dados, e o teste de Shapiro-Wilk, para verificar a sua normalidade. Uma vez atendidas as premissas, os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o procedimento MIXED do programa estatístico SAS (Versão 9.4; SAS Inst., Inc., NC, USA), de acordo com o modelo:

$$\hat{Y}_{ijkl} = \mu + C_j(i) + P_k + \text{TSL}_l + \text{GS}_m + (\text{TSL} * \text{GS})_{lm} + E_{ijklm};$$

Em que:

\hat{Y}_{ijkl} = observação; μ = média geral; C = efeito aleatório do animal dentro do quadrado, j = 12; P = efeito dos períodos experimentais, k = 1 ... 4; TSL = efeito fixo da fonte de energia, l = 1, 2; GS = efeito fixo da palma, m = 1, 2; TSL*GS = efeito devido à interação entre TSL e GS; e E = erro residual.

Diferenças significativas foram consideradas para $P < 0,05$. Quando havia interações significativas, o procedimento PLM do SAS e o teste de Tukey foram utilizados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Consumo de matéria seca e de nutrientes

Observou-se efeito ($P < 0,05$) da adição da palma forrageira sobre o consumo da matéria seca (CMS) e dos nutrientes, sendo que as cabras alimentadas com dietas contendo palma forrageira apresentaram consumos superiores quando comparadas as dietas sem palma (tabela 3). A fonte de gordura promoveu efeito ($P < 0,05$) sobre os consumos, sendo que as dietas com caroço de algodão apresentaram médias superiores para o consumo de matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), extrato etéreo (CEE), e carboidratos não fibrosos (CCNF) quando comparadas às dietas contendo o subproduto de coco.

Tabela 3: consumo de matéria seca e nutrientes por cabras leiteiras suplementadas com fontes lipídicas

| Variáveis | FG | | POEM | | EPM | P-valor | | |
|-----------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|--------|---------|
| | SC | CA | Com | Sem | | FG | POEM | FG*POEM |
| CMS(kg) | 1,484 | 1,651 | 1,972a | 1,164b | 0,080 | 0,0784 | <,0001 | 0,4542 |
| CMO | 1,342b | 1,557a | 1,774a | 1,125b | 0,069 | 0,0148 | <,0001 | 0,9325 |
| CPB | 0,233b | 0,287a | 0,295a | 0,215b | 0,010 | 0,0050 | <,0001 | 0,6475 |
| CEE | 0,075b | 0,099a | 0,111a | 0,064b | 0,005 | 0,0023 | <,0001 | 0,4043 |
| CFDN | 0,494 | 0,515 | 0,544a | 0,464b | 0,020 | 0,5700 | 0,0430 | 0,1129 |
| CCNF | 0,567b | 0,671a | 0,839a | 0,398b | 0,039 | 0,0099 | <,0001 | 0,7577 |
| CNDT | 1,048 | 0,967 | 1,151a | 0,865b | 0,045 | 0,2734 | 0,0007 | 0,0637 |

FG=fonte de gordura; SC=subproduto de coco; CA=caroço de algodão; POEM = palma forrageira; EPM=erro padrão da média; FG*Palma= efeito da interação fonte de gordura * Palma; CFDN=consumo de fibra em detergente neutro; CNDT=consumo de nutrientes digestíveis totais.

A palma forrageira, apesar de apresentar baixos teores de matéria seca (9,15%), apresenta altos teores de carboidratos não fibrosos (60,32%) e nutrientes digestíveis totais (69,34%), o que a torna uma excelente fonte de energia. É também, altamente palatável, sendo, por isso, bem aceito pelas cabras, associado ao fato de promover altas taxas de degradação e de passagem da digesta pelo trato digestório (Batista et al., 2003; Gama et al., 2021), que leva a altos consumos de matéria seca (Valença Bispo *et al.*, 2007; Lopes *et al.*, 2019; Brandão e Eustáquio Filho, 2020). Acrescente-se que as dietas foram ofertadas em mistura total e a palma ofertada foi triturada, e sendo rica em mucilagem, garante homogeneização das dietas, reduzindo seleção e estimulando o consumo (Schingoethe, 2017).

O reduzido consumo de nutrientes em dietas com o subproduto de coco, pode estar associado a composição lipídica do próprio coco. O subproduto de coco apresenta em sua

composição 46,39% de ácido láurico (C12:0) e 19,38% de ácido mirístico (C14:0). Estudos mostraram que a maioria dos ácidos graxos de cadeia média tem melhor absorção intestinal e é transportado para o fígado na forma de ácidos graxos não esterificados (AGNE), onde são convertidos imediatamente em energia que é usada pelos órgãos extra-hepáticos, dentre eles o cérebro e o coração (Dayrit; 2015) e, assim, a redução na ingestão pode estar associada aos estímulos ao centro de saciedade (Palmquist e Jenkins, 2017b).

No presente trabalho não foram avaliados os parâmetros ruminais, mas ao introduzir 5% do subproduto de coco à dieta de cordeiros, Silva *et al.* (2022) observaram aumento na concentração ruminal de propionato. Segundo Allen (2000) e da Costa Eifert *et al.* (2005), o propionato apresenta efeito supressor sobre o consumo, uma vez que estimula a síntese e liberação de insulina no sangue. Além disso, deve-se considerar que o subproduto de coco utilizado, com alto teor de óleo e muito na forma líquida, pode ter comprometido o ambiente ruminal inibindo o crescimento de bactérias celulolíticas.

Não se pode deixar de lado a possibilidade de a presença de lipídeos no intestino ter ativado a liberação de colecistoquinina (CCK), este que inibe o esvaziamento gástrico impedindo o refluxo gastro-duodenal. O estado preenchido do rúmen envia um estímulo ao cérebro (centro de saciedade) que irá inibir a ingestão de alimento (Reidelberger, 1994; Silva *et al.*, 2022).

A redução na ingestão de matéria seca e na produção de leite após ingestão de derivados do coco foram também relatados por Hollmann and Beede, (2012a); Faciola and Broderick, (2014b); Mendes, (2019); Souza and Ribeiro, (2021a); e da Silva *et al.*, (2022).

3.2 Digestibilidade de nutrientes

Observou-se efeito ($P < 0,05$) da adição da palma forrageira à dieta das cabras em lactação sobre a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes. Dietas com palma forrageira apresentaram menores valores de digestibilidade quando comparadas as dietas sem palma. No que concerne a fonte de gordura, dietas contendo subproduto de coco apresentam médias superiores de digestibilidade de MS, MM, MO, FDN, FDNcp e CHO, quando comparadas as dietas com caroço de algodão (tabela 4).

Tabela 4: Digestibilidade de matéria seca e de nutrientes em cabras leiteiras suplementadas com fontes lipídicas

| Variáveis | FG | | POEM | | EPM | P-valor | | |
|-----------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|--------|---------|
| | SC | CA | Com | Sem | | FG | POEM | FG*POEM |
| DMS(g/kg) | 723,80a | 631,96b | 595,19b | 760,58a | 20,82 | 0,0077 | <,0001 | 0,6568 |
| DPB | 909,24 | 840,41 | 808,09b | 941,57a | 21,63 | 0,0692 | 0,0015 | 0,1862 |
| DEE | 777,54 | 761,86 | 701,86b | 837,54a | 23,43 | 0,7336 | 0,0077 | 0,7555 |
| DMM | 628,19a | 445,70b | 405,09b | 668,79a | 33,25 | 0,0011 | <,0001 | 0,7787 |
| DMO | 735,38a | 657,13b | 615,04b | 777,47a | 20,91 | 0,0350 | 0,0001 | 0,3623 |
| DFDN | 598,88a | 414,83b | 598,88b | 673,83a | 35,16 | <,0001 | <,0001 | 0,0539 |
| DFDNcp | 602,45a | 439,66b | 365,75b | 676,36a | 35,19 | 0,0008 | <,0001 | 0,1092 |
| DCHO | 724,92a | 580,54b | 573,68b | 731,77a | 22,79 | 0,0005 | 0,0002 | 0,6966 |
| DCNF | 753,59 | 705,80 | 681,64b | 777,75a | 20,27 | 0,2390 | 0,0253 | 0,6654 |

FG=fonte de gordura; SC=subproduto de coco; CA=caroço de algodão; POEM = palma forrageira; DMD = digestibilidade de matéria seca; DPB = digestibilidade de proteína bruta; DEE = digestibilidade de extrato etéreo; DMM = digestibilidade de matéria mineral; DMO = digestibilidade de matéria orgânica; DFDN = digestibilidade de fibra em detergente neutro; DFDNcp = digestibilidade de fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína; DCHO = digestibilidade de carboidratos totais; DCNF = digestibilidade de carboidratos não fibrosos.

De acordo com Lima *et al.* (2019); Lopes *et al.* (2019); e Mora-Luna *et al.* (2022), um dos efeitos da adição da palma forrageira a dieta de caprinos e ovinos é a redução do pH ruminal, associado a um aumento da taxa de passagem da digesta no rúmen, reduzindo, dessa forma, a exposição das partículas alimentares à microbiota, pela diminuição do tempo de colonização e degradação. Os altos níveis de carboidratos não fibrosos e a rápida digestão da matéria seca aumentam a concentração de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen, o que culmina na redução do pH ruminal, sendo que em caprinos os valores permanecem ≤ 6 por várias horas. (Santos *et al.*, 2022).

A redução do pH ruminal para níveis abaixo de 6,0 leva a uma redução marginal na digestão da fibra, níveis abaixo de 5,5 comprometem o desenvolvimento de bactérias fibrolíticas, como resultado da sobreposição das bactérias amilolíticas (fermentadoras de CNE) pelas fibrolíticas na competição pelo mesmo substrato (Hoover, 1986; Pessoa *et al.*, 2005; Lopes *et al.*, 2019).

No que se refere ao efeito da fonte de gordura, o caroço de algodão apresenta em sua composição línter e casca, que elevam o teor de fibra da dieta, reduzindo, assim, sua digestibilidade (Give *et al.*, 2000). Acrescente-se que, a presença do caroço de algodão aumenta o teor de celulose e hemicelulose na dieta. Esses carboidratos fibrosos têm taxa de digestão mais lenta no rúmen do que os carboidratos não fibrosos (Nogueira *et al.*, 2020; Araújo *et al.*, 2021).

3.3 Comportamento ingestivo

Observou-se efeito ($P < 0,05$) da fonte de gordura e da adição da palma forrageira sobre a eficiência de ruminação, tendo se apresentado com melhores eficiências as dietas contendo palma forrageira e as com caroço de algodão. Observou-se efeito de interação ($P < 0,05$) entre a palma forrageira e a fonte de gordura sobre o tempo de alimentação (TAL) e a eficiência de alimentação (EAL) da MS (Tabela 5). A associação da palma forrageira às dietas com caroço de algodão reduziu o tempo de alimentação (-37,9 min/d) e, por conseguinte, aumentou sua eficiência de alimentação. A dieta com subproduto de coco associado à palma forrageira apresentou maior tempo de alimentação (+40,6 min/dia), mas a eficiência alimentar para matéria seca não diferiu (Tabela 6).

Tabela 5: Comportamento ingestivo de cabras suplementadas com fontes lipídicas

| Variáveis | FG | | POEM | | EPM | P-valor | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------|---------|--------|---------|
| | SC | CA | Com | Sem | | FG | POEM | FG*POEM |
| TAL (min/d) | 233,9 | 223,1 | 229,2 | 227,8 | 12,5 | 0,5368 | 0,9389 | 0,0316 |
| TRU (min/d) | 393,7 | 382,2 | 380,6 | 395,2 | 18,3 | 0,5662 | 0,4679 | 0,6574 |
| TO (min/d) | 825,0 | 823,0 | 824,1 | 823,9 | 23,5 | 0,9481 | 0,9955 | 0,0870 |
| EAL (MS) | 5,8b | 7,4a | 8,2a | 4,9b | 0,53 | 0,0380 | 0,0002 | 0,0287 |
| ERU (MS) | 3,8b | 4,4a | 5,2a | 3,0b | 0,29 | 0,0462 | <,0001 | 0,3798 |
| EAL (FDN) | 1,3 | 1,4 | 1,2 | 1,5 | 0,20 | 0,6565 | 0,1537 | 0,5554 |
| ERU (FDN) | 0,89 | 0,84 | 0,73 | 0,99 | 0,21 | 0,8344 | 0,2732 | 0,1266 |

FG=fonte de gordura; SC=subproduto de coco; CA=caroço de algodão; POEM = palma forrageira; EPM= erro padrão da média; TAL=tempo em alimentação; TRU=tempo em ruminação; TO=tempo em ócio; ERU=eficiência de ruminação; EAL=eficiência de alimentação; ERU=eficiência de ruminação.

Tabela 6: Desdobramento do efeito da interação entre a fonte de gordura e a palma forrageira sobre o tempo e a eficiência de alimentação de cabras suplementadas com fontes lipídicas

| Fonte de gordura | POEM | |
|--------------------|-------------|-----------|
| | Com Palma | Sem palma |
| | TAL (min/d) | |
| Caroço de algodão | 204,2Ab | 242,1Aa |
| Subproduto de coco | 254,2Aa | 213,6Aa |
| | EAL (MS) | |
| Caroço de algodão | 9,8Aa | 4,9Ba |
| Subproduto de coco | 6,6Ab | 5,0Aa |

Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas) para a mesma variável diferem pelo teste de Tukey (5%). POEM = palma forrageira; TAL=tempo em alimentação; EAL=eficiência de alimentação.

O tempo e eficiência de alimentação apresentam efeitos inversos. No presente estudo, o caroço de algodão foi melhor aceito pelas cabras quando comparado ao subproduto de coco, associado ao teor elevado de carboidratos não fibrosos da palma forrageira favoreceram que os animais despendessem menos tempo se alimentando, o que melhorou a sua eficiência. Cenário contrário foi observado na dieta com subproduto de coco, em que o tempo de alimentação foi maior (+40,6 min/dia), no entanto, não se observou efeito sobre a eficiência alimentar, uma vez que o consumo de matéria seca foi superior em dietas com caroço de algodão.

A maior eficiência de ruminação observada nas dietas contendo caroço de algodão pode estar associado ao maior consumo de matéria seca que foi observado nestas dietas, comparadas as dietas com subproduto de coco.

3.4 Balanço de nitrogênio (N)

Observou-se efeito ($P < 0,05$) da adição da palma forrageira sobre os níveis de N, sendo que dietas com palma forrageira elevaram as quantidades de N consumido, N excretado nas fezes, excretado na urina e reduziu a quantidade do N retido (% consumido). Observou-se ainda efeito ($P < 0,05$) da fonte da gordura sobre os níveis de N, sendo que as cabras alimentadas com as dietas contendo caroço de algodão apresentaram quantidades superiores de N consumido e de N no leite (Tabela 7).

Tabela 7: Balanço de nitrogênio em cabras suplementadas com fontes lipídios

| Variáveis (g/dia) | FG | | POEM | | EPM | P-valor | | |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|---------|-------|---------|
| | SC | CA | Com | Sem | | FG | POEM | FG*POEM |
| N consumido | 41,35b | 46,30a | 50,49a | 37,16b | 1,754 | 0,045 | <,001 | 0,587 |
| N fezes | 4,52 | 5,69 | 8,26a | 1,94b | 0,891 | 0,454 | 0,006 | 0,854 |
| N absorvido | 36,73 | 39,26 | 39,98 | 36,02 | 1,419 | 0,354 | 0,153 | 0,590 |
| N urina | 6,30 | 8,60 | 9,21a | 5,68b | 0,661 | 0,051 | 0,005 | 0,441 |
| N leite | 0,42b | 0,46a | 0,45 | 0,43 | 0,005 | 0,001 | 0,168 | 0,440 |
| N retido | 28,75 | 31,32 | 30,98 | 29,09 | 1,441 | 0,364 | 0,501 | 0,263 |
| N retido (% consumido) | 72,70 | 68,92 | 64,15b | 77,47a | 2,828 | 0,449 | 0,014 | 0,359 |
| N absorvido (% consumido) | 79,29 | 75,90 | 75,14 | 80,05 | 1,772 | 0,376 | 0,205 | 0,713 |

N=nitrogênio; POEM = palma forrageira; FG = fonte de gordura

Dietas contendo palma forrageira resultaram em maiores valores de nitrogênio consumido, o que pode ser associado ao maior consumo de proteína bruta verificado nestas dietas, mas também para as cabras alimentadas com dietas contendo palma forrageira foi observada maior excreção de N via fezes e urina. De acordo com Van Soest (1994), o valor de

N excretado via fezes e urina tem relação direta com a quantidade de N consumido. Proporcionalmente, o valor de N retido (em função do consumido) foi inferior nas dietas contendo palma forrageira. A absorção de amônia é diretamente proporcional a sua concentração no rúmen e aumenta com o aumento do pH do fluido ruminal (Kozloski, 2019). Foi anteriormente discutido que a adição da palma forrageira leva a redução do pH ruminal, o que pode ter refletido na menor absorção e retenção de nitrogênio.

O nitrogênio proveniente da dieta é utilizado pela microbiota ruminal para a síntese de proteína microbiana, e o seu balanço pode ser considerado um índice para avaliar o estado nutricional de proteína no organismo de ruminantes. Em nenhum dos tratamentos observou-se um balanço negativo de nitrogênio, seja como efeito das fontes de gordura ou da adição da palma forrageira nas dietas, podendo-se inferir que não houve influência negativa das dietas sobre o estado nutricional dos animais (Andrade, 2021).

3.5 Metabólitos sanguíneos

Observou-se efeito ($P < 0,05$) da palma sobre os perfis energético, proteico, enzimático e mineral sanguíneos (Tabela 8), a adição de palma forrageira elevou os níveis de triglicerídeos (+5,86 mg/dL), da fosfatase alcalina (FA) (+14,863 U/L), do magnésio (+0,39mg/dL) e de potássio (+0,43 mmol/L); reduziu os valores de creatinina (-0,13 mg/dL), do ácido úrico (-0,06 mg/dL), da alanina aminotransferase (ALT) (-3,02 U/L) e aspartato aminotransferase (AST) (-26,54 U/L). A fonte de gordura teve efeito ($P < 0,05$) sobre o perfil energético, proteico e enzimático do sangue. Dietas contendo caroço de algodão resultaram em maiores concentrações de colesterol (+18,78mg/dL), bilirrubina total (BT) (+0,11 mg/dL), bilirrubina indireta (BI) (+0,11 mg/dL), AST (+14,5 U/L) e FA (+24,75 U/L) quando comparados a dietas contendo subproduto do coco.

Observou-se efeito de interação ($p < 0,05$) entre a palma forrageira e a fonte de gordura sobre os níveis sanguíneos de colesterol (Tabela 9), sendo que a dieta contendo a associação da palma forrageira e o subproduto de coco elevou os níveis de colesterol sanguíneo (+21,54 mg/dL) quando comparada a dieta com subproduto do coco sem a adição de palma forrageira. Na dieta contendo caroço de algodão, a adição de palma forrageira reduziu o teor de colesterol sanguíneo (-21,64 mg/dL).

Tabela 8: Perfil sanguíneo de cabras suplementadas com fontes lipídicas.

| Variáveis | FG | | POEM | | EPM | P-valor | | | Valores referenciais* |
|----------------------------------|--------|---------|--------|--------|-------|---------|-------|---------|-----------------------|
| | SC | CA | Com | Sem | | FG | POEM | FG*POEM | |
| Perfil energético (mg/dL) | | | | | | | | | |
| Colesterol | 96.84b | 115.62a | 106.20 | 106.25 | 4.33 | 0.046 | 0.996 | 0.025 | 80 – 130 |
| Triglicérides | 18.29 | 16.93 | 20.54a | 14.68b | 0.94 | 0.429 | 0.003 | 0.947 | 14,84 ±6,00 |
| Perfil proteico (mg/dL) | | | | | | | | | |
| Creatinina | 0.72 | 0.61 | 0.60b | 0.73a | 0.028 | 0.060 | 0.030 | 0.925 | 0,41 – 0,48 |
| Ácido úrico | 0.09 | 0.07 | 0.05b | 0.11a | 0.012 | 0.547 | 0.033 | 0.080 | 0,3 – 1,0 |
| BT | 0.20b | 0.31a | 0.26 | 0.25 | 0.014 | <.001 | 0.693 | 0.836 | |
| BI | 0.17b | 0.28a | 0.23 | 0.22 | 0.013 | <.001 | 0.420 | 0.954 | |
| Perfil enzimático (U/L) | | | | | | | | | |
| ALT | 14.79 | 16.23 | 14b | 17.02a | 0.636 | 0.243 | 0.022 | 0.058 | 24,0 – 83,0 |
| AST | 70.65b | 85.15a | 64.63b | 91.17a | 3.552 | 0.027 | 0.001 | 0.716 | 167,0 – 513,0 |
| FA | 44.75b | 69.50a | 64.56a | 49.70b | 3.469 | 0.002 | 0.005 | 0.320 | 93 – 386 |
| Perfil mineral | | | | | | | | | |
| Mg (mg/dL) | 2.73 | 2.64 | 2.88a | 2.49b | 0.098 | 0.602 | 0.043 | 0.445 | 2,8 – 3,6 |
| K (mmol/L) | 3.57 | 3.64 | 3.82a | 3.39b | 0.098 | 0.670 | 0.009 | 0.558 | 3,5 – 6,7 |

*(Mundim et al., 2007; Kaneko et al., 2008; Soares, 2017; Andrade, 2021); POEM = palma forrageira; FG = fonte de gordura; BT = Bilirrubina total; BI = Bilirrubina indireta; ALT = alanina aminotransferase; AST = aspartato aminotransferase; FA = fosfatase alcalina; Mg = magnésio; K = Potássio.

Tabela 9: Desdobramento do efeito da interação entre a fonte de gordura e a palma forrageira sobre os níveis de colesterol sanguíneo em cabras suplementadas com fontes lipídicas

| Fonte de gordura | POEM | |
|--------------------|--------------------|----------|
| | Com | Sem |
| | Colesterol (mg/dL) | |
| Caroço de algodão | 104,80Aa | 126,44Aa |
| Subproduto de coco | 107,61Aa | 86,07Ab |

POEM = palma forrageira;

De acordo com (Soares, 2017; Andrade, 2021), o aumento de colesterol em animais em lactação está diretamente relacionado a adição de gorduras à dieta destes. Cenário que se observou no estudo presente em que maiores níveis de colesterol foram observados.

A bilirrubina é uma substância residual que se encontra na bile, a semelhança da fosfatase alcalina encontrada nas células da parede dos ductos biliares, canais que conduzem a bile do interior do fígado para o intestino, onde ela participa da digestão de lipídios (Kaneko et al., 2008; Soares, 2017; Andrade, 2021). O consumo superior de extrato etéreo (+32%) observado nas dietas com caroço de algodão comparado às dietas com o subproduto de coco pode ser a causa do elevado teor da bilirrubina (BT e BI) e da fosfatase alcalina (FA), observado nas dietas com caroço de algodão.

O valor de triglicérides superior observado na dieta contendo palma forrageira comparado às dietas sem palma forrageira pode estar associado ao maior consumo de extrato etéreo observado nestas dietas e o aporte de gordura ao leite, pois de acordo com (Mundim et al., 2007), cerca de dois terços dos triglicérides circulantes são precursores lipídicos sanguíneos utilizados na síntese de gordura do leite.

Os níveis de magnésio plasmático funcionam como indicativo de atendimento das necessidades para crescimento (cabras de primeira cria), manutenção e produção de leite pela dieta ofertada ao animal. Sendo que quando os níveis se encontram baixos pode significar que a dieta não atendeu de forma significativa às necessidades do animal. Dietas com palma forrageira apresentaram maior consumo de NDT e de CNF, logo, maior energia disponível para atender às necessidades do organismo, comparado às dietas sem palma forrageira.

O potássio participa da regulação osmótica e do balanço de água do organismo. A palma forrageira apresenta em sua composição elevados teores de água e, também de K, provavelmente, por isso, os níveis plasmáticos do potássio tenham sido superiores quando comparados às dietas sem palma forrageira. Podendo se assumir que a função osmótica e o balanço hídrico no organismo animal estavam atendidos.

Os níveis de creatinina foram menores em dietas contendo a palma forrageira em relação às dietas sem palma forrageira, provavelmente porque os níveis de creatinina aumentam na circulação como resultado de mobilização da proteína muscular para produção energética, uma vez que as dietas contendo palma forrageira tiveram maior consumo de NDT e não houve necessidade dessa mobilização para atendimento das exigências nutricionais dos animais.

As enzimas alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST) circulantes são indicativos de danos a nível do fígado (Silva *et al.*, 2023), os valores registados no presente estudo encontram-se dentro dos limites estabelecidos por (Kaneko *et al.*, 2008), podendo ser indicativo que as dietas não causaram danos ao fígado (Andrade, 2021).

Apesar das diferenças observadas entre as fontes de gordura, os valores observados para os diferentes parâmetros sanguíneos no presente estudo, encontram-se dentro dos limites observados na literatura (Mundim *et al.*, 2007; Kaneko *et al.*, 2008; Soares, 2017; Andrade, 2021), o que permite inferir que os tratamentos não comprometeram a atividade da microbiota ruminal e do fígado.

Os parâmetros sanguíneos observados com a introdução da palma nas dietas neste estudo diferem dos observados por Silva *et al.* (2023), provavelmente porque as quantidades aqui usadas (25% na MS) tenham sido insuficientes para causar os danos observados por Silva *et al.* (2023) ao introduzir 45% na MS da palma forrageira orelha de elefante.

3.6 Produção de leite

Observou-se efeito ($P < 0,05$) da adição da palma sobre a produção de leite (PL) e produção de leite corrigida para gordura (PLCG), sendo que a adição da palma aumentou a média destes. Observou-se efeito da fonte de gordura ($P < 0,05$) sobre a PLCG, os teores de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e não gordurosos e sobre a densidade do leite, médias superiores foram observados no leite das cabras alimentadas com a dieta contendo caroço de algodão (Tabela 10).

Tabela 10: Produção do leite de cabras suplementadas com fontes lipídicas

| Variáveis | Caroço de algodão | | Subproduto de coco | | EPM | P-valor | | |
|-----------|-------------------|-----------|--------------------|-----------|-------|---------|-------|-----------|
| | Sem palma | Com palma | Sem palma | Com palma | | FG | Palma | FG* Palma |
| CMS (Kg) | 1,32b | 2,11a | 1,15b | 1,84a | 90,8 | 0,020 | <,001 | 0,5861 |
| PL (kg) | 2,04 | 2,68 | 1,8 | 2,39 | 211,6 | 0,066 | 0,002 | 0,8495 |
| PLCG (kg) | 2,04 | 2,76 | 1,69 | 2,22 | 192,5 | 0,002 | <,001 | 0,4424 |
| EFAL | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 1,1 | 0,08 | 0,082 | 0,082 | 0,4942 |

POEM = palma forrageira; FG=fonte de gordura; SC= subproduto de coco; CA= caroço de algodão; EPM= erro padrão da média. FG*POEM = efeito da interação fonte de gordura * Palma forrageira.

No presente estudo, as dietas com palma forrageira apresentaram teores de CNF de 429,92 g/kg MS (SCP) e 416,62 g/kg de MS (CAP) e de NDT de 753,9 e 778,67 g/kg de MS,

respectivamente, superiores às dietas sem palma. Paralelamente, a dieta contendo palma forrageira teve maior consumo de matéria seca (tabela 3), ou seja, maior consumo de energia, o que favoreceu a produção de leite. A palma forrageira, independentemente do gênero, apresenta alto teor de carboidratos não fibrosos (520g/kg de MS), e esta fração apresenta maior degradação ruminal e melhor aproveitamento pelos ruminantes. Paralelo a isso, o valor de NDT da palma é superior à de alguns volumosos bastante utilizados na alimentação de animais leiteiros; ou seja, a palma forrageira apresenta valores energéticos altos. (Santos *et al.*, 2022). Existe relação direta entre o nível de energia da ração, seu consumo e a produção de leite, gordura, proteína e sólidos totais no leite. (Srivastava *et al.*, 1994) .

Araújo *et al.* (2023) observaram maiores níveis de produção de leite em cabras alimentadas com palma forrageira em relação àquelas alimentadas sem palma e associou o fenômeno ao fato de as dietas com palma conterem concentração de NDT (73,87%) e CNF (37,18%), e o seu consumo ter sido igualmente elevado. Resultados diferentes foram alcançados por Goveia (2012); e Monteiro (2017), ao trabalharem com cabras e vacas leiteiras, respectivamente, não tendo observado efeito da palma forrageira sobre a produção de leite. Goveia (2012) associou a falta de efeito da adição da palma a não variação no consumo de matéria seca.

Com relação ao efeito da fonte de gordura sobre a produção de leite e seus constituintes, os animais consumindo dietas contendo subproduto de coco tiveram menor produção de leite, bem como de seus constituintes quando comparada aos animais consumindo dietas contendo caroço de algodão. Esse fenômeno foi causado pelo menor consumo de matéria seca observado nos animais consumindo dietas contendo subproduto de coco, comprometendo a produção de leite.

4. CONCLUSÃO

A associação da palma forrageira com o caroço de algodão constitui alternativa alimentar para as cabras leiteiras, pela aceitação, resultando em um aumento de consumo de matéria seca e produção de leite.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD RAHMAN, M.R.; Z. Hassan; M.S. Hassan; R. Hashim; L.S. Wong; W.Y. Leong; S.H. Syd Jaafar; and S. Salvamani. 2023. Enhanced Goat Milk MUFA Quality via Date Pit Supplementation: A Time-Based Pattern Recognition Analysis Utilizing Agricultural Waste Byproduct. *Int J Food Sci* 2023:1–16. doi:10.1155/2023/1797017.
- ALI, M.A.; M. Sh Thabet; and E.M. Ibrahim. 2019. 66 Effects of flaxseed oil supplementation to lactating goats diet on milk production, composition and fatty acids profiles.
- ALLEN, M.S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J Dairy Sci* 83:1598–1624. doi:10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2.
- ALVES, S.P., and R.J.B. Bessa. 2014. The trans-10,cis-15 18:2: A missing intermediate of trans-10 shifted rumen biohydrogenation pathway?. *Lipids* 49:527–541. doi:10.1007/s11745-014-3897-4.
- ALVES, S.P., P. Vahmani, C. Mapiye, T.A. McAllister, R.J.B. Bessa, and M.E.R. Dugan. 2021. Trans-10 18:1 in ruminant meats: A review. *Lipids* 56:539–562. doi:10.1002/lipd.12324.
- AMORIM, S.O. de. 2015. Características morfológicas e produtivas da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana submetida a diferentes densidades de plantio e intensidades de corte no semiárido pernambucano.
- ANDRADE, R.B. De. 2021. Glicerina bruta na alimentação de cabras leiteiras, tese de doutoramento, Departamento de zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- ARAÚJO, E.A.B. de. 2020. Suplementação com sais de cálcio de ácidos graxos em vacas leiteiras mestiças em programa de IATF. Salvador, 2020, 82p.
- DE ARAÚJO, T.L.D.R., W.L. da Silva, A.S. Berça, A. da S. Cardoso, R.P. Barbero, E.P. Romanzini, and R.A. Reis. 2021. Effects of replacing cottonseed meal with corn dried distillers' grain on ruminal parameters, performance, and enteric methane emissions in young nellore bulls reared in tropical pastures. *Animals* 11. doi:10.3390/ani11102959.
- ARAÚJO, T.P.M. 2020. Palma forrageira na alimentação de cabras leiteiras.
- ASTRUP, H.N., L. Vik-Mo, A. Ekern, and F. Bakke. 1976. Feeding Protected and Unprotected Oils to Dairy Cows. *J Dairy Sci* 59:426–430. doi:10.3168/jds.S0022-0302(76)84223-3.
- BARBOSA, J. dos S.R., N.L. de O. Fonteles, N.J.M. Batista, and M.S. Araujo. 2015. Efeitos das fontes de lipídios na composição do leite: revisão. *Nutri.Time* 12.
- BERCHIELLI, T.T., A.V. Pires, and S.G. Oliveira. 2011a. *Nutrição de Ruminantes*. 2 ed. Funep, Jaboticabal.

BRANDÃO, A.O., and A. Eustáquio Filho. 2020. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: revisão. *Recital: Revista de Educação, ciência e tecnologia de Almenara/MG*.

BUCCIONI, A., M. Decandia, S. Minieri, G. Molle, and A. Cabiddu. 2012. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. *Anim Feed Sci Technol* 174:1–25. doi:10.1016/j.anifeedsci.2012.02.009.

CARDOSO, E.G. 1998. Utilização de subprodutos do algodoeiro na alimentação animal. *ALGODÃO: informações técnicas*. Dourados: EMBRAPA-CPAO; Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1998.

CAVALCANTI, M.C. de A., Â.M.V. Batista, A. Guim, M. de A. Lira, V.L. Ribeiro, and A.C. Ribeiro Neto. 2008. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e palma orelha-de-elefante (*Opuntia* sp.). *Acta Sci. Anim. Sci.* 30:173–179.

CHILLIARD, Y., A. Ferlay, J. Rouel, and G. Lamberet. 2003a. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. Pages 1751–1770 in *Journal of Dairy Science*. American Dairy Science Association.

COSENTINO, C., M.A. Colonna, M. Musto, A. Dimotta, P. Freschi, S. Tarricone, M. Ragni, and R. Paolino. 2021. Effects of dietary supplementation with extruded linseed and oregano in autochthonous goat breeds on the fatty acid profile of milk and quality of Padraccio cheese. *J Dairy Sci* 104:1445–1453. doi:10.3168/jds.2020-18805.

DA COSTA EIFERT, E., R. de Paula Lana, M. Ignez Leão, P. Braga Arcuri, S. de Campos Valadares Filho, W. Machado Leopoldino, J. da Silva Oliveira, and C. Batista Sampaio. 2005. Efeito da Combinação de Óleo de Soja e Monensina na Dieta sobre o Consumo de Matéria Seca e a Digestão em Vacas Lactantes 1.

DAUBER, C., T. Carreras, G. Casarotto Daniel, F. Cabrera, A. Liscano, G. Vicente, A. Britos, S. Carro, C. Cajarville, A. Gámbaro, and I. Vieitez. 2022. Adding sunflower or soybean oil to goat's pasture-based diet improves the lipid profile without changing the sensory characteristics of milk. *J Appl Anim Res* 50:204–212. doi:10.1080/09712119.2022.2056464.

DECANDIA, M., M. Sitzia, A. Cabiddu, D. Kababya, and G. Molle. 2000. The use of polyethylene glycol to reduce the anti-nutritional effects of tannins in goats fed woody species. *Small Ruminant Research* 38:157–164.

DELGADO junior, I.J., K.B. Siqueira, and L.A. Stock. 2020. Produção, composição e processamento de leite de cabra no Brasil. *Circular técnica* 122.

EL-ESSAWY, A.M., U.Y. Anele, A.M. Abdel-Wahed, A.R. Abdou, and I.M. Khattab. 2021. Effects of anise, clove and thyme essential oils supplementation on rumen fermentation, blood metabolites, milk yield and milk composition in lactating goats. *Anim Feed Sci Technol* 271. doi:10.1016/j.anifeedsci.2020.114760.

EL OTMANI, S., Y. Chebli, M. Chentouf, J.L. Hornick, and J.F. Cabaraux. 2021. Effects of olive cake and cactus cladodes as alternative feed resources on goat milk production and quality. *Agriculture (Switzerland)* 11:1–16. doi:10.3390/agriculture11010003.

- FACIOLA, A.P., and G.A. Broderick. 2014a. Effects of feeding lauric acid or coconut oil on ruminal protozoa numbers, fermentation pattern, digestion, omasal nutrient flow, and milk production in dairy cows. *J Dairy Sci* 97:5088–5100. doi:10.3168/jds.2013-7653.
- FERNANDES, M.F., R. de C.R. do E. Queiroga, A.N. Medeiros, R.G. Costa, M.A.D. Bomfim, and A.A. Braga. 2008a. Características físico-químicas e perfil lipídico do leite de cabras mestiças Moxotó alimentadas com dietas suplementadas com óleo de semente de algodão ou de girassol. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:703–710.
- FERREIRA, C.B., L.A. dos SANTOS, V.A. AGUIAR, and S.L. dos S. MEDEIROS. 2009. Utilização de gordura inerte na dieta de ruminantes.
- FONTELES, N.L.D.O., R.T. De Sousa, J.D.L.; Gonçalves, J. dos S.R. Barbosa, S.F. Dos Santos, and M.A.D. Bomfim. 2016. Inclusão de gordura na alimentação de caprinos e seu efeito sobre o perfil lipídico no leite: Revisão.
- FRANCISCO, A.E., J.M. Santos-Silva, A.P. V Portugal, S.P. Alves, and R.J.B. Bessa. 2019. Relationship between rumen ciliate protozoa and biohydrogenation fatty acid profile in rumen and meat of lambs. *PLoS One* 14. doi:10.1371/journal.pone.0221996.
- FREITAS, N.E., M.J. Araújo, R.L. Oliveira, D.P.D. Lanna, C.A.T. Marques, J.N.C. Torreão, C.B. Santos, J.M. Silva Júnior, R.L. Edvan, and L.R. Bezerra. 2020. Production, composition, fatty acid profile and sensory traits of milk from goats fed crude glycerin from waste frying oils used in biodiesel production. *Livest Sci* 238. doi:10.1016/j.livsci.2020.104060.
- FROTA, M.N.L. da, M.S. de S. Carneiro, G.M.C. Carvalho, and R.B. de Araújo Neto. 2015. Palma Forrageira na Alimentação Animal. *Documentos* 233.
- FUKE, G., M.M.E. Novack, L. Cauduro, and J.L. Nörnberg. 2014. Eficácia do ácido linoléico conjugado (CLA) na saúde humana. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* 18:36–46. doi:10.5902/2236117012988.
- GAMA, M.A.S., T.A. de Paula, A.S.C. Véras, S.I. Guido, C.A.V. Borges, R. Antoniassi, F.C.F. Lopes, M.L.M.W. Neves, and M. de A. Ferreira. 2021b. 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. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 105:232–246. doi:10.1111/jpn.13466.
- GAMBLE, J.A., N.R. Ellis, and A.K. Besley. 1939a. COMPOSITION AND PROPERTIES OF GOAT'S MILK AS COMPARED WITH COW'S MILK'.
- GATTAS, G., and G. Brumano. 2005. ÁCIDO LINOLÉICO CONJUGADO (CLA). *Revista Eletrônica Nutritime* 2:164–171.
- GERMANO Costa, R., R. De Cássia, R.E. Queiroga, and R.A.G. Pereira. 2009. *Revista Brasileira de Zootecnia* Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra Influence of feed on the production on quality of goat milk.
- GIVE, D.I., E. Owen, R.F.E. Axford, and H.M. Omed. 2000. *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. CABI Publishing.

- GOVEIA, J.S.S. 2012. Substituição parcial do milho pela palma forrageira em dietas para cabras em lactação, tese de mestrado, Departamento de zootecnia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão.
- GROBAS, S.; and G.G. Mateos. 1996. Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. Madrid, 7 y 8 de Noviembre de 1996. XII Curso de especialización FEDNA influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo.
- GULATI, S.K., E.B. Byers, Y.G. Byers, J.R. Ashes, and T.W. Scott. 1997. Effect of feeding different fat supplements on the fatty acid composition of goat milk. *Animal Feed Science Technology* 66:159–164.
- HOLLMANN, M., and D.K. Beede. 2012a. Comparison of effects of dietary coconut oil and animal fat blend on lactational performance of Holstein cows fed a high-starch diet. *J Dairy Sci* 95:1484–1499. doi:10.3168/jds.2011-4792.
- HOOVER, W.H. 1986. Chemical Factors Involved in Ruminant Fiber Digestion. *J Dairy Sci* 69:2755–2766. doi:10.3168/jds.S0022-0302(86)80724-X.
- JANGOOL, R.H., I.A. A, and F.S. Siddig. 2018. Effect of Feeding Bt Cotton Seed Cake on Nubian Goats Milk Characteristic, Gezira State, Sudan. *Open Academic Journal of Advanced Science and Technology* 2:9–13. doi:10.33094/5.2017.2018.21.9.13.
- JENKINS, T.C. 1993. SYMPOSIUM: ADVANCES IN RUMINANT LIPID METABOLISM Lipid Metabolism in the Rumen.
- JENNESS, R. 1980a. Composition and Characteristics of Goat Milk: Review 1968–1979. *J Dairy Sci* 63:1605–1630. doi:10.3168/jds.S0022-0302(80)83125-0.
- KANEKO, J.J., J.W.; Harvey, and M.L. Bruss. 2008. *Clinical-biochemistry-of-domestic-animals*.
- KELLEY, N.S., N.E. Hubbard, and K.L. Erickson. 2007. Conjugated Linoleic Acid Isomers and Cancer 1,2 - Critical review. *J Nutr* 137:2599–2607.
- KHOLIF, A.E., T.A. Morsy, A.M. Abd El Tawab, U.Y. Anele, and M.L. Galyean. 2016. Effect of Supplementing Diets of Anglo-Nubian Goats with Soybean and Flaxseed Oils on Lactational Performance. *J Agric Food Chem* 64:6163–6170. doi:10.1021/acs.jafc.6b02625.
- KHOLIF, A.E., T.A. Morsy, and M.M. Abdo. 2018. Crushed flaxseed versus flaxseed oil in the diets of Nubian goats: Effect on feed intake, digestion, ruminal fermentation, blood chemistry, milk production, milk composition and milk fatty acid profile. *Anim Feed Sci Technol* 244:66–75. doi:10.1016/j.anifeedsci.2018.08.003.
- KITESSA, S.M., S.K. Gulati, J.R. Ashes, E. Fleck, T.W. Scott, and P.D. Nichols. Utilisation of @sh oil in ruminants II. Transfer of @sh oil fatty acids into goats' milk.
- KONGMUN, P., M. Wanapat, P. Pakdee, C. Navanukraw, and Z. Yu. 2011. Manipulation of rumen fermentation and ecology of swamp buffalo by coconut oil and garlic powder supplementation. *Livest Sci* 135:84–92. doi:10.1016/j.livsci.2010.06.131.

KOZLOSKI, G.V. 2019b. *Bioquímica Dos Ruminantes*. 3a edição. G.V. Kozloski, ed. editora ufsm, Santa Maria.

LANGUIDEY, P.H., and E.C. de Araújo. 1983. Substituição parcial do farelo de algodão pelo farelo de coco na ração concentrada para vacas em lactação. *Comunicado Técnico* 9:1–6.

LIMA, R.N. de, J.H.G.M. Leite, J.G.B. Galvão Junior, A.K.B. de Moura, A.F. de Lima, and P. de O. Lima. 2018. Importância do ácido linoleico conjugado (CLA) em produtos de origem animal. *Revista em Agronegocio e Meio Ambiente* 11:1307–1331. doi:10.17765/2176-9168.2018v11n4p1307-1331.

LIMA, T.J., R.G. Costa, G.R. de Medeiros, A.N. de Medeiros, N.L. Ribeiro, J.S. de Oliveira, R.R. Guerra, and F.F.R. de Carvalho. 2019. Ruminal and morphometric parameters of the rumen and intestines of sheep fed with increasing levels of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). *Trop Anim Health Prod* 51:363–368. doi:10.1007/s11250-018-1697-1.

LIU, H., V. Vaddella, and D. Zhou. 2011. Effects of chestnut tannins and coconut oil on growth performance, methane emission, ruminal fermentation, and microbial populations in sheep. *J Dairy Sci* 94:6069–6077. doi:10.3168/jds.2011-4508.

LOPES, L., D. Cardoso, K. Camargo, T. Silva, J. Souza, J.R. Silva, J. Morais, and T.P. Araújo. 2019. Palma forrageira na alimentação de ruminantes. *Pubvet* 13:1–10. doi:10.31533/pubvet.v13n3a277.1-10.

MACIEL, F.A., K.D.G. Dias, P.H.G. Gasparotto, J.V. Dantas Filho, and J. Cavali. 2020. Produção de leite de vacas da raça girolando alimentadas com dietas com e sem caroço de algodão (*Gossypium hirsutum* L). *Tekhne e Logos* 11:63–74.

MAT, K., Z. Abdul Kari, N.D. Rusli, H. Che Harun, L.S. Wei, M.M. Rahman, H.N. Mohd Khalid, M.H. Mohd Ali Hanafiah, S.A. Mohamad Sukri, R.I.A. Raja Khalif, Z. Mohd Zin, M.K. Mohd Zainol, M. Panadi, M.F. Mohd Nor, and K.W. Goh. 2022. Coconut Palm: Food, Feed, and Nutraceutical Properties. *Animals* 12. doi:10.3390/ani12162107.

MATSUBA, K., A. Padlom, A. Khongpradit, P. Boonsaen, P. Thirawong, S. Sawanon, Y. Suzuki, S. Koike, and Y. Kobayashi. 2019. Selection of plant oil as a supplemental energy source by monitoring rumen profiles and its dietary application in Thai crossbred beef cattle. *Asian-Australas J Anim Sci* 32:1511–1520. doi:10.5713/ajas.18.0946.

MELO, A.A.S. de, M. de A. Ferreira, A.S.C. Vêras, M. de A. Lira, L.E. de Lima, R.A.S. Pessoa, S.V. Bispo, A.D. Cabral, and M. de Azevedo. 2006. Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com caroço de algodão em dieta à base de palma forrageira. *Pesq. agropec. bras* 1165–1171.

MENDES, M. de S. 2019. Efeito de diferentes fontes lipídicas sobre variáveis nutricionais, de produção e composição do leite de cabras localmente adaptadas, Master thesis, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Fortaleza.

Ministério da saúde, H. do coração. 2018. *Alimentação Cardioprotetora. Manual de Orientações Para Profissionais de Saúde Da Atenção Básica*.

- MITSIPOULOU, C., C. Karaiskou, M. Simoni, F. Righi, A.C. Pappas, K. Sotirakoglou, and E. Tsiplakou. 2021. Influence of dietary sesame meal, vitamin E and selenium supplementation on milk production, composition, and fatty acid profile in dairy goats. *Livest Sci* 244. doi:10.1016/j.livsci.2020.104336.
- MONTEIRO, C.C. de F. 2017. Substituição de palma miúda por palma orelha de elefante mexicana para vacas em lactação.
- MORA-LUNA, R.E., A.M. Herrera-Angulo, M.C.B. Siqueira, M.G. da Conceição, J.C.C. Chagas, C.C.F. Monteiro, A.S.C. Vêras, F.F.R. Carvalho, and M.A. Ferreira. 2022. Spineless Cactus Plus Urea and Tifton-85 Hay: Maximizing the Digestible Organic Matter Intake, Ruminant Fermentation, and Nitrogen Utilization of Wethers in Semi-Arid Regions. *Animals* 12. doi:10.3390/ani12030401.
- MOTA, L.R.M.F. da. 2013. O ácido linoleico conjugado (CLA) e a saúde humana.
- M.S. Vilanova, M.T.M. Osório, V. Schmidt, J.C.S. Osório, D.S. Vilanova, and J.D. Kessler. 2012. Perfil de ácidos graxos do leite de cabras leiteiras alimentadas com dieta contendo dois níveis de óleo de arroz. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 64:1755–1760.
- MUNDIM, A. V, A.S. Costa, S.A.P. Mundim, E.C. Guimarães, and F.S. Espindola. 2007. Influência da ordem e estádios da lactação no perfil bioquímico sanguíneo de cabras da raça Saanen [Influence of parity and stage of lactation on the blood biochemical profile of Saanen goats].
- MUSCO, N., R. Tudisco, G. Esposito, P. Iommelli, P. Totakul, B. D’aniello, P. Lombardi, R. Amato, M. Wanapat, and F. Infascelli. 2022. Effects of Linseed Supplementation on Milk Production, Composition, Odd-and Branched-Chain Fatty Acids, and on Serum Biochemistry in Cilentana Grazing Goats. *Animals* 12. doi:10.3390/ani12060783.
- NOGUEIRA, R.G.S., F. Perna Junior, A.S.C. Pereira, E.C.O. Cassiano, R.F. Carvalho, and P.H.M. Rodrigues. 2020a. Methane mitigation and ruminal fermentation changes in cows fed cottonseed and vitamin E. *Sci Agric* 77. doi:10.1590/1678-992x-2018-0247.
- NOGUEIRA, R.G.S., F. Perna Junior, A.S.C. Pereira, and P.H.M. Rodrigues. 2019. Nutrient digestibility and changes in feeding behavior of cattle fed cottonseed and vitamin E. *Sci Agric* 76:112–122. doi:10.1590/1678-992x-2017-0334.
- NOVACK, M.M.E., G. Fuke, and J.L. Nörnberg. 2013. Ácido linoléico conjugado (cla) presente nos produtos lácteos e sua relação com a saúde humana. *Higiene Alimentar* 27:226–227.
- PALMQUIST, D.L., and T.C. Jenkins. 1980. Fat in Lactation Rations: Review. *J Dairy Sci* 63:1–14. doi:10.3168/jds.S0022-0302(80)82881-5.
- PALMQUIST, D.L., and T.C. Jenkins. 2017a. A 100-Year Review: Fat feeding of dairy cows. *J Dairy Sci* 100:10061–10077. doi:10.3168/jds.2017-12924.
- PARK, Y.W. 2004. Goat Milk: Composition, Characteristics. *Encyclopedia of animal science* 474–477.

- PESSOA, R.A.S., M. de A. Ferreira, L.E. Lima, M. de A. Lira, A.S.C. Vêras, A.E.V. Silva, M.Y. Sosa, Ma. Azavedo, K.F. Miranda, F. Silva, and MElo. Airon Aparecido. 2005. Vacas leiteiras submetidas a diferentes estratégias alimentares. digestibilidade e balanço de energia 267.
- POLIZEL, D.M., and L.C.B. SOARES. 2023. Caroço qualidadeCaroço de Algodão: qual a qualidadenutricional nanutricional do coproduto que utilizo naminha minha propriedade?. Milkpiont.
- PROSSER, C.G. 2021a. Compositional and functional characteristics of goat milk and relevance as a base for infant formula. *J Food Sci* 86:257–265. doi:10.1111/1750-3841.15574.
- QUEIROGA, R.D.C.R.E., R.Â.G. Pereira, A.N. De Medeiros, R.G. Costa, M.D.O. Maia, and M.A.D. Bomfim. 2009. Perfil de ácidos graxos do leite de cabras mestiças moxotó suplementadas com óleo de licuri ou de mamona.
- RAPETTI, L., S. Colombini, G. Battelli, B. Castiglioni, F. Turri, G. Galassi, M. Battelli, and G.M. Crovetto. 2021. Effect of linseeds and hemp seeds on milk production, energy and nitrogen balance, and methane emissions in the dairy goat. *Animals* 11. doi:10.3390/ani11092717.
- REIDELBERGER, R.D. 1994. Cholecystokinin and Control of Food Intake¹2. **The journal of nutrition.**
- ROBERTO, J.V.B., B.A. de A. Marques, B.B. de Souza, S.S. de Azevedo, and D.Y.C. de Assis Neto. 2012. Caroço de algodão na dieta de cabras saanen no semiárido paraibano. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim* 13:271–282.
- RODRIGUES, J.P.P., R.M. De Paula, L.N. Rennó, G.P. Costa, V.C.E. Hamade, S.C. Valadares Filho, F.P. Rennó, and M.I. Marcondes. 2019. Effects of soybean oil supplementation on performance, digestion and metabolism of early lactation dairy cows fed sugarcane-based diets. *Animal* 13:1198–1207. doi:10.1017/S1751731118002781.
- SANTOS, G.C. de L., S.G. Neto, and L.R. Bezerra. 2019. Uso de tortas na alimentação de vacas leiteiras: uma revisão Use of cakes to feed dairy cows: a review.
- SANTOS, M.V.F. dos, F.F.R. de Carvalho, and M. de A. Ferreira. 2022. Palma Forrageira: Potencial e Perspectivas. 2a ed. M.V.F. dos Santos, F.F.R. de Carvalho, and M. de A. Ferreira, ed. Recife - PE.
- SCHINGOETHE, D.J. 2017. A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows. *J Dairy Sci* 100:10143–10150. doi:10.3168/jds.2017-12967.
- SCHULTZ, E.B., S. de M. Goulart, I.S. Garcia, R.M. do Amaral, and J.A.S. Grossi. 2019. Torta da polpa de macaúba na dieta de cabras leiteiras. *VETERINÁRIA NOTÍCIAS* 25:67–81. doi:10.14393/vtn-v25n1-2019.5.
- SILVA, F.J.S. da, D.M. de Lima Júnior, V.V.S. de Almeida, A.C. Oliveira, B.D.O. Fernandes, A.P. Souza, F.F.R. de Carvalho, and A.N. de Medeiros. 2022. Coconut fruit pulp by-product in the diet of sheep. *Trop Anim Health Prod* 54. doi:10.1007/s11250-022-03368-4.

SILVA, H.G. de O., A.J.V. Pires, F.F. Silva, C.M. Veloso, G.G.P. Carvalho, A.S. Cezário, and C.C. Santos. 2005. Farelo de Cacau (*Theobroma cacao* L.) e Torta de Dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) na Alimentação de Cabras em Lactação: Consumo e Produção de Leite. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34:1786–1794.

SILVA, J.N., A.C. Araújo, E.P. Santos, J.P. de Holanda Neto, and T.T.L. Alves. 2011. PARAMETROS E DETERMINANTES DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE CAPRINO PARAMETERS AND DETERMINANTS OF PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITY OF GOAT MILK 32–38.

SILVA, M.M.C. da, Ma.T. Rodrigues, C.A.F. Rodrigues, R.H. Branco, M.I. Leão, A.C.M. de Magalhães, and R. da S. Matos. 2007. Efeito da suplementação de lipídios sobre a digestibilidade e os parâmetros da fermentação ruminal em cabras leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36:246–256.

SILVA, T.G.P., L.A. Lopes, F.F.R. de Carvalho, P.C. Soares, A. Guim, V.A. Silva, and M.V. Batista. 2023. Blood biochemical parameters of lambs fed diets containing cactus cladodes. *Arq Bras Med Vet Zootec* 75:48–60. doi:10.1590/1678-4162-12833.

SOARES, Gliére Silmara Leite. Perfil metabólico de cabras leiteiras híidas durante o período de transição. 2017. 79 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Sanidade e Reprodução de Ruminantes) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns.

SOUZA, J. de, C.L. Preseault, and A.L. Lock. 2018. Altering the ratio of dietary palmitic, stearic, and oleic acids in diets with or without whole cottonseed affects nutrient digestibility, energy partitioning, and production responses of dairy cows. *J Dairy Sci* 101:172–185. doi:10.3168/jds.2017-13460.

SOUZA, J.G. de, and C.V.D.M. Ribeiro. 2021a. Biohidrogenação ruminal e os principais impactos no perfil de ácidos graxos da carne: revisão. *Research, Society and Development* 10:e28101321039. doi:10.33448/rsd-v10i13.21039.

SRIVASTAVA, A., N. Singh, and V. Mudgal. 1994. EFFECT OF VARYING LEVELS OF DIETARY ENERGY ON FEED UTILIZATION AND MILK PRODUCTION IN BEETAL GOATS.

TEIXEIRA, R. de C.M. de A., M. del C.B. Molina, E. Zandonade, and J.G. Mill. 2007. Risco Cardiovascular em Vegetarianos e Onívoros: um Estudo Comparativo.

VALENÇA BISPO, S., M. de Andrade Ferreira, A. Sherlânea Chaves Vêras, Â. Maria Vieira Batista, R. Alexandre Silva Pessoa, and M. Pimentel Bleuel. 2007. Correspondências devem ser enviadas *Revista Brasileira de Zootecnia* Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos 1 1902–1909.

VARGAS-BELLO-PÉREZ, E., N.C. Pedersen, J. Khushvakov, Y. Ye, R. Dhakal, H.H. Hansen, L. Ahrné, and B. Khakimov. 2022. Effect of Supplementing Dairy Goat Diets With Rapeseed Oil or Sunflower Oil on Performance, Milk Composition, Milk Fatty Acid Profile, and in vitro Fermentation Kinetics. *Front Vet Sci* 9. doi:10.3389/fvets.2022.899314.

VASTA, V., M. Daghighi, A. Cappucci, A. Buccioni, A. Serra, C. Viti, and M. Mele. 2019. Invited review: Plant polyphenols and rumen microbiota responsible for fatty acid

biohydrogenation, fiber digestion, and methane emission: Experimental evidence and methodological approaches. **J Dairy Sci** 102:3781–3804. doi:10.3168/jds.2018-14985.

YOUSEF, M.A., M.H. Farouk, H.H. Azzaz, M.S.A. Khattab, A.M. Abd El Tawab, and M. El-Sherbiny. 2022. Feeding Corn Oil in a Nanoemulsified Form Alters the Unsaturated Fatty Acids in the Milk of Zaraibi Dairy Goats. **Animals** 12. doi:10.3390/ani12192559.

ZIA, M.A., S.H. Shah, S. Shoukat, Z. Hussain, S.U. Khan, and N. Shafqat. 2022. Physicochemical features, functional characteristics, and health benefits of cottonseed oil: A review. **Brazilian Journal of Biology** 82. doi:10.1590/1519-6984.243511.

CAPÍTULO II

Produção e qualidade do leite de cabras alimentadas com dietas contendo fontes lipídicas e palma forrageira

Produção e qualidade do leite de cabras alimentadas com dietas contendo fontes lipídicas e palma forrageira

Zimba, R.A.C^{1,2,*}; Carvalho, F.F.R¹

¹ – Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco - Brasil

² – Faculdade de Veterinária, Universidade Eduardo Mondlane – Moçambique

* - Autor para correspondência: rabia.canda@uem.mz / racanda18@gmail.com

Resumo: Objetivou-se avaliar a produção, qualidade e perfil de ácidos graxos do leite de cabras suplementadas com caroço de algodão e subproduto de coco associados ou não a palma forrageira. Foram utilizadas 12 cabras multíparas da raça Saanen, com peso corporal médio de $55,0 \pm 8,0$ kg, com 60 dias em leite e produção média diária de $3,3 \pm 0,83$ kg de leite, os animais foram agrupados em quadrado latino (4x4) triplo. Os tratamentos experimentais consistiam em: 1– subproduto de coco sem palma forrageira (SC), 2 – subproduto de coco + palma forrageira (SCP), 3 – caroço de algodão sem palma forrageira (CA), 4 - caroço de algodão com palma forrageira (CAP). Observou-se efeito da palma sobre a produção de leite (PL) e produção de leite corrigida para gordura (PLCG), sendo que a adição da palma forrageira à dieta contendo o caroço de algodão resultou em aumento em 31,19% da PL e 35,44% da PLCG. Na dieta contendo subproduto de coco, a adição da palma forrageira resultou em aumento de 32,38% da PL e 31,19% da PLCG. Observou-se efeito ($P < 0,05$) da fonte de gordura sobre a PLCG, teores de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e sólidos não gordurosos, sendo que médias superiores foram observadas nas dietas com caroço de algodão. O leite proveniente de cabras alimentadas com dietas contendo palma forrageira apresentaram maior concentração de ácidos graxos de cadeia curta, de cadeia média e dos isômeros do C18:2 em relação às dietas sem palma forrageira, ao passo que os teores do C18:0, C18:3 n-3, dos ácidos graxos de cadeia ramificada e do total de ômega 3 foram reduzidos com a adição da palma às dietas. Houve efeito da fonte de gordura sobre o perfil de ácidos graxos, com menores quantidades de C18:0 e dos ácidos graxos de cadeia ramificada para o leite oriundo de cabras que receberam o subproduto do coco e para as que receberam caroço de algodão na dieta maiores quantidades de C18:1 t10 e de ácidos graxos de cadeia média foram observados. Houve interação entre a palma forrageira-fonte de gordura sobre o perfil de ácidos graxos do leite, que resultou em aumento do total ácidos graxos saturados, ácidos graxos de cadeia curta, do índice de aterogenicidade e de trombogenicidade, além de ter reduzido o total de ácidos graxos monoinsaturados e a razão de hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos. A associação da palma forrageira com caroço de algodão resultou em aumento dos ácidos vacênico, linoleico, total de poliinsaturados e de ômega 6, mas estes mesmos compostos foram reduzidos quando a associação da palma forrageira foi com o subproduto de coco. O leite proveniente de cabras suplementadas com a associação de palma forrageira e caroço de algodão, além da maior produção, apresentou qualidades nutricionais superiores fazendo destas duas fontes alimentares alternativas funcionais e eficientes na suplementação de cabras leiteiras, quando comparadas ao uso do subproduto de coco.

Palavras-chave: ácidos graxos, caprinos, leite nutracêutico, lipídeos, resíduo agroindustrial.

Production and quality of milk from goats fed diets containing lipid sources and cladodes cactus

Rabia António Canda Zimba*^{1,2}; Francisco Fernando Ramos de Carvalho¹

*Corresponding author: racanda18@gmail.com, rabia.canda@uem.mz

¹Federal Rural of Pernambuco University - Brazil

²Eduardo Mondlane University – Mozambique

Abstract: The aim of this study was to evaluate the production, quality, and profile of fatty acids in the milk of goats supplemented with cottonseed and coconut by-product associated or not with cladodes cactus. 12 multiparous Saanen goats were used, with an average body weight of 55.0 ± 8.0 kg, with 60 days of lactation and an average daily production of $3,3 \pm 0,83$ kg of milk. The animals were grouped in a triple Latin square (4x4). The experimental treatments consisted of: 1 – coconut by-product without cladodes cactus, 2 – coconut by-product with cladodes cactus, 3 – cotton seeds without cladodes cactus, 4 – cotton seeds with cladodes cactus. Effects of cladodes cactus on milk production (PL) and fat-corrected milk production (PLCG) were observed, with the addition of cladodes cactus to the diet containing cottonseeds resulting in an increase of 31.19% in PL and 35.44% of PLCG. In the diet containing coconut byproduct, the addition of cladodes cactus resulted in an increase of 32.38% in PL and 31.19% in PLCG. An effect of the fat source on PLCG, fat, protein, lactose, total solids, and non-fat solids contents was observed, with higher averages being observed in diets with cottonseed. There were effects of the adding cladodes cactus to diets on the fatty acid profile of milk, where milk from goats fed diets containing cladodes cactus had a higher content of short-chain and medium-chain fatty acids and C18:2 isomers, while the levels of C18:0, C18:3 n-3, branched-chain fatty acids and total omega 3 were reduced with the addition of cladodes cactus to the diets. There was effect of the fat source on the fatty acid profile, the diet containing coconut by-product showed reduced levels of C18:0 and branched-chain fatty acids, in parallel, higher levels of C18:1 t10 and medium-chain fatty acids in relation to a diet containing cottonseed. There was interaction effect between cladodes cactus and fat sources on the fatty acid profile of milk, which resulted to association of cladodes cactus with fat sources in the association of cladodes cactus with fat sources in increase in total saturated fatty acids, short-chain fatty acids, the atherogenicity and thrombogenicity index, in addition to have reduced the sum of monounsaturated fatty acids and the hypocholesterolemic/hypercholesterolemic ratio. The association of cladodes cactus with cottonseed resulted in an increase in vaccenic, linoleic, total polyunsaturated and omega 6 acids, but these same acids were reduced when the cladodes cactus was combined to the coconut by-product. the association of cladodes cactus and cottonseed in diet of the lactating goats promoted the production of a higher quantity of milk, plus presented superior nutritional qualities, making these two sources functional and efficient alternatives in supplementing dairy goats, when compared to coconut byproduct.

Keywords: fatty acids, goats, nutraceutical milk, lipids, agro-industrial residue.

1. INTRODUÇÃO

O leite de cabra apresenta qualidades nutricionais superiores quando comparado ao de vaca, por possuir menores glóbulos de gordura, ácidos graxos de cadeia curta e média em maior quantidade e mais facilmente digestíveis e, também, é hipoalergênico devido ao seu perfil proteico (Gamble *et al.*, 1939b; Jenness, 1980b; Park, 2004; Prosser, 2021b). A suplementação com fontes lipídicas em dietas para cabras leiteiras tem se mostrado com efeito sobre o teor de gordura especialmente sobre o perfil de ácidos graxos do leite produzido, sendo o objetivo principal aumentar o teor do ácido rumênico (CLA C18:2 c9,t11), principal isômero CLA presente no leite de ruminantes, ou o aumento do ácido vacênico (C18:1 t11), precursor endógeno do ácido rumênico (Silva *et al.*, 2011; Lima *et al.*, 2018).

O ácido rumênico (CLA C18:2 c9,t11) CLA foi isolado primeiramente na carne moída bovina (Kelley *et al.*, 2007), tendo sido extensivamente estudado *in vivo* e *in vitro* como um possível anticancerígeno. Como resultado, foi lhe atribuído vários efeitos biológicos tais como: efeitos na prevenção da obesidade, do câncer, do diabetes, ou da aterosclerose, dependendo da dose específica, do isômero ou dos modelos usados (Mota, 2013; Novack *et al.*, 2013; Fuke *et al.*, 2014; Lima *et al.*, 2018).

Os resultados da suplementação lipídica variam de acordo com a fonte e forma de apresentação das fontes de lipídios usadas. As principais determinantes da fonte a se utilizar nas dietas são a sua disponibilidade, composição e preço.

Subprodutos do processamento do coco (*Cocos nucifera*) podem apresentar teor de extrato etéreo de 3% a 70%, variando de acordo com o método de processamento do coco. Os ácidos graxos que o compõem são principalmente o láurico (C12:0), mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e ácido oleico (C18:1). Vacas em lactação suplementadas com óleo ou subproduto de coco tiveram maior concentração de gordura no leite (Astrup *et al.*, 1976; Languidey and Araújo, 1983). Para Mendes (2019), a adição de subproduto de coco a dieta de cabras em lactação levou a redução da produção de leite, produção de leite corrigida para 4% gordura e da lactose.

Da extração da pluma do algodão sobram suas sementes com fibras curtas aderidas, denominadas línter, que é fonte de fibra facilmente digestível para os ruminantes (Cardoso, 1998). O caroço de algodão apresenta cerca de 23% de proteína e 20% de extrato etéreo, o que lhe confere característica proteico-energética. Os seus ácidos graxos são representados

pelo ácido linoleico (C18:2), palmítico (C16:0), oleico (C18:1) e esteárico (C18:0) (FAO; WHO, 2015).

Ao adicionar caroço de algodão à dieta de cabras em lactação, Silva *et al.* (2010) constataram aumento no teor de gordura e redução na produção de leite. Resultado contrário foi alcançado por (Maciel *et al.*, 2020) ao suplementar vacas leiteiras com caroço de algodão, que observaram redução no teor de gordura do leite. No entanto, a adição de caroço de algodão em dietas a base de palma forrageira para vacas leiteiras elevou a produção de leite corrigido para 3,5% de gordura e a produção de gordura do leite (Melo *et al.*, 2006). A adição de óleo de algodão à dieta de cabras Moxotó resultou em incremento do ácido palmítico (C16:0) no leite, sendo o caroço de algodão rico em C16:0, sugere-se que haja uma relação direta entre a quantidade ingerida e a excretada no leite desse ácido graxo. Houve, também, acréscimo dos ácidos graxos C18:0, C18:1, C18:2 e C18:3, e redução dos ácidos de cadeia curta (Fernandes *et al.*, 2008b).

Gama *et al.* (2021) sugerem que a associação de palma forrageira a fontes de ácidos graxos poliinsaturados em dietas para vacas leiteiras favorece o aumento de C18:1 t11 e C18:2 c9,t11 CLA no leite, causado pelo aumento da taxa de passagem e pela presença de compostos fenólicos presentes na palma forrageira.

Face ao exposto, hipotetizou-se que a associação da palma forrageira a fontes de ácidos graxos poliinsaturados na alimentação de cabras em lactação favoreceria a produção de leite de qualidade nutricional superior, pela passagem inerte destes ácidos graxos pelo trato digestório e sua incorporação ao leite, impulsionado por componentes da palma forrageira.

Assim, com o presente estudo objetivou-se a avaliar o efeito da associação da palma forrageira ao caroço de algodão e ao subproduto de coco em dieta para cabras em lactação sobre a produção, características físico-químicas e perfil de ácidos graxos do seu leite.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local, animais e dietas do experimento

Os procedimentos, animais, dietas bem como o local de estudo foram os mesmos descritos no capítulo I. A composição de ácidos graxos de cada um dos ingredientes e das dietas experimentais estão apresentados nas tabelas 1 e 2 respectivamente.

Tabela 1: Perfil de ácidos graxos dos ingredientes das dietas de cabras leiteiras suplementadas com fontes lipídicas

| AG (g/100g de AG) | Ingredientes | | | | | |
|-------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | POEM | Milho | Soja | SC | CA | Feno |
| C8:0 | 0.80 | 0.03 | 0.17 | 6.66 | 0.16 | 0.34 |
| C10:0 | 0.39 | 0.00 | 0.11 | 4.82 | 0.06 | 0.03 |
| C12:0 | 2.69 | 0.05 | 0.03 | 46.39 | 0.18 | 1.88 |
| C14:0 | 1.96 | 0.10 | 0.19 | 19.38 | 0.63 | 0.84 |
| C16:0 | 19.34 | 12.31 | 17.63 | 9.74 | 22.45 | 23.10 |
| C18:0 | 16.87 | 4.86 | 10.28 | 2.14 | 2.87 | 21.74 |
| C18:1c9 | 24.70 | 22.24 | 22.55 | 8.28 | 15.29 | 29.49 |
| C18:1c11 | 1.30 | 1.41 | 1.52 | 0.10 | 0.67 | 1.77 |
| C18:2n-6 | 17.67 | 57.78 | 45.01 | 2.34 | 57.04 | 13.14 |
| C20:0 | 2.26 | 0.36 | 1.00 | 0.06 | 0.21 | 1.58 |
| C18:3n-3 | 1.04 | 0.20 | 0.47 | 0.05 | 0.07 | 0.85 |
| C22:0 | 4.89 | 0.37 | 0.69 | 0.02 | 0.14 | 2.23 |
| C24:0 | 6.08 | 0.29 | 0.35 | 0.03 | 0.22 | 2.99 |

Tabela 2: Perfil de ácidos graxos das dietas experimentais de cabras leiteiras suplementadas com fontes lipídicas

| Ácidos graxos | Tratamentos | | | |
|---------------|-------------|--------|--------|--------|
| | SC | SCP | CA | CAP |
| | (g/kg MS) | | | |
| C8:0 | 5,06 | 6,22 | 1,92 | 3,07 |
| C10:0 | 2,7 | 3,61 | 0,33 | 1,23 |
| C12:0 | 30,93 | 32,97 | 8,04 | 10,06 |
| C14:0 | 13,72 | 16,52 | 5,13 | 7,87 |
| C16:0 | 170,40 | 161,9 | 189,18 | 179,21 |
| C18:0 | 121,8 | 110,55 | 114,74 | 103,6 |
| C18:1c9 | 240,45 | 228,53 | 233,7 | 221,37 |
| C18:1c11 | 14,77 | 13,62 | 13,85 | 12,7 |
| C18:2n-6 | 341,07 | 350,24 | 380,7 | 386,69 |
| C20:0 | 9,22 | 11,02 | 8,54 | 10,36 |
| C18:3n-3 | 4,90 | 5,42 | 4,48 | 5,02 |
| C22:0 | 11,37 | 18,7 | 10,82 | 17,54 |
| C24:0 | 13,60 | 21,35 | 13,55 | 21,29 |

SC=subproduto de coco; SCP= subproduto de coco + palma forrageira; CA= caroço de algodão; CAP= caroço de algodão + palma forrageira.

2.2 Manejo, amostragens e análises laboratoriais

As amostras de leite foram coletadas do 15º ao 17º dia de cada período experimental, sendo as amostras individuais compostas diariamente. Uma alíquota correspondente a 10% de cada ordenha era imediatamente acondicionada a frio e transportada ao laboratório de qualidade de leite do departamento de zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco para análises físicas. O pH do leite foi mensurado com recurso ao potenciômetro digital, para aferição da temperatura (T) e medição da densidade (D) usou-se o termolactodensímetro. A determinação da acidez D`ornic (D°) foi realizada segundo metodologia descrita na Instrução Normativa nº 68 (Brasil, 2006), consistindo na titulação de 10 mL de leite com solução alcalina (NaOH) a 0,1 N, utilizando-se como indicador colorimétrico a fenolftaleína a 1%.

Uma alíquota de 50 mL da produção diária foi acondicionada em um recipiente tipo falcon e armazenados em freezer a uma temperatura de (-20°C), para posterior envio ao Laboratório de qualidade de leite da Universidade Federal do Rio Grande do Norte para as análises de composição química referentes ao teor de gordura, proteína, lactose, ureia, caseína e sólidos totais, realizadas através do equipamento Bentley® 2000 (Bentley 2000, Bentley instrument, Inc. Minnesota, USA). O teor de sólidos não gordurosos (SNG) foi estimado pela diferença entre os sólidos totais e a porcentagem de gordura.

Outra alíquota de 50 mL da amostra composta diária por animal foi acondicionada em frascos estéreis, mantidas em freezer (-20 °C) para possibilitar a sua liofilização e posterior determinação do perfil de ácidos graxos. A liofilização foi feita no Laboratório de nutrição animal da UFRPE com recurso a um liofilizador de bancada e as amostras, posteriormente, conservadas em freezer a (-20 °C) para envio ao laboratório do centro de investigação interdisciplinar em sanidade animal (CIISA) da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de Lisboa.

Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram analisados por cromatografia a gás, usando-se o equipamento Varian 431-GC e espectrofotômetro de massa Varian 220-MS, em uma coluna capilar Zebron ZB-5MS Phenomenex (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). A identificação dos ácidos graxos foi feita a partir do tempo de retenção dos picos de ésteres metílicos, comparação das massas com o padrão certificado por Supelco Analytical® e cálculos das áreas dos picos utilizando o programa computacional Varian-GC Workstation versão 6.9.3. a

quantificação foi feita por normalização das áreas dos ésteres metílicos e os resultados, expressos em percentual de área.

2.3 Análise estatística

O delineamento experimental usado foi o quadrado latino (4x4) triplo simultâneo com arranjo fatorial 2 x 2 (duas fontes de gordura e adição ou não de palma forrageira). Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett para verificar a homoscedasticidade dos dados e o teste de Shapiro-Wilk para verificar a sua normalidade. Uma vez atendidas as premissas, os dados foram submetidos à análise de variância e regressão utilizando o procedimento MIXED do programa estatístico SAS de acordo com o modelo:

$$\hat{Y}_{ijkl} = \mu + C_j(i) + P_k + TSL_l + GS_m + (TSL*GS)_{lm} + E_{ijklm};$$

Em que:

\hat{Y}_{ijkl} = observação; μ = média geral; C = efeito aleatório do animal dentro do quadrado, $j = 1, 2$; P = efeito dos períodos experimentais, $k = 1 \dots 4$; TSL = efeito fixo da fonte de energia, $l = 1, 2$; GS = efeito fixo da palma, $m = 1, 2$; TSL*GS = efeito devido à interação entre TSL e GS; e E = erro residual.

Diferenças significativas foram consideradas para $P < 0,05$. Quando havia interações significativas, o procedimento PLM do SAS e o teste de Tukey foram utilizados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Produção e composição do leite

Houve efeito ($P<0,05$) da palma sobre a produção de leite (PL), produção de leite corrigida para gordura (PLCG), sendo que a adição da palma a dieta contendo o caroço de algodão resultou em aumento de 31,19% na PL e 35,44% na PLCG (Tabela 4). Na dieta contendo subproduto de coco à adição da palma resultou em aumento de 32,38% da PL e 31,19% da PLCG. Observou-se efeito da fonte de gordura ($P<0,05$) sobre a PLCG, teores de gordura, proteína, lactose, sólidos totais e sólidos não gordurosos. Sobre a densidade do leite, médias superiores foram observados na dieta com caroço de algodão.

Tabela 3: Produção e composição do leite cabras leiteiras suplementadas com fontes lipídicas

| Variáveis | Caroço de algodão | | Subproduto de coco | | EPM | P-valor | | |
|-----------|-------------------|-----------|--------------------|-----------|-------|---------|-------|-----------|
| | Sem palma | Com palma | Sem palma | Com palma | | FG | Palma | FG* Palma |
| PL (kg) | 2,04 | 2,68 | 1,8 | 2,39 | 211,6 | 0,066 | 0,002 | 0,8495 |
| PLCG (kg) | 2,04 | 2,76 | 1,69 | 2,22 | 192,5 | 0,002 | <,001 | 0,4424 |
| %Gordura | 3,36 | 3,05 | 2,88 | 2,78 | 0,11 | 0,009 | 0,145 | 0,4190 |
| %Proteína | 2,8 | 2,9 | 2,7 | 2,7 | 0,04 | 0,003 | 0,003 | 0,2973 |
| %Lactose | 4,1 | 4,4 | 4,0 | 4,0 | 0,06 | 0,003 | 0,003 | 0,1789 |
| %SNG | 7,6 | 7,9 | 7,3 | 7,2 | 0,11 | 0,002 | 0,002 | 0,1758 |
| %ST | 10,9 | 11,1 | 10,2 | 10,0 | 0,17 | 0,001 | 0,001 | 0,4092 |
| pH | 6,3 | 6,3 | 6,4 | 6,3 | 0,05 | 0,289 | 0,289 | 0,8781 |
| Acidez* | 0,16 | 0,17 | 0,15 | 0,15 | 0,75 | 0,071 | 0,071 | 0,4552 |
| Densidade | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 1,03 | 0,00 | 0,002 | 0,002 | 0,1121 |
| EFAL | 1,5 | 1,4 | 1,4 | 1,1 | 0,08 | 0,082 | 0,082 | 0,4942 |

FG=fonte de gordura; CA=caroço de algodão; SC=subproduto de coco; EPM= erro padrão da média; PL=produção de leite; PLCG=produção de leite corrigida para gordura (3,5%); SNG = sólidos não gordurosos; ST= sólidos totais; *acidez em % de ácido láctico; EFAL= eficiência alimentar

A palma forrageira, independentemente do gênero, apresenta alto teor de carboidratos não fibrosos (Santos *et al.*, 2022), e esta fração apresenta maior degradação ruminal e melhor aproveitamento pelos ruminantes, resultando em elevação do nível de energia que tem relação direta com consumo e a produção de leite (Srivastava *et al.*, 1994; Araújo, 2020; Andrade, 2021). As dietas com palma forrageira apresentaram teores de CNF de 471,12 g/kg MS (SCP) e 415,31 g/kg de MS (CAP) e de NDT de 759,55 e 752,35 g/kg de MS respectivamente, superiores às dietas sem palma forrageira, o que pode explicar as respostas observadas para o maior consumo de matéria seca e maior produção de leite para os animais alimentados com dietas contendo palma forrageira (CAP=2,111kg e SCP=1,839kg), em relação às dietas sem

palma (CA=1,318kg e SC=1,145kg). O uso de palma forrageira tem aumentado a produção de leite em cabras (Araújo *et al.*, 2023) pelo aumento no consumo de matéria seca e energia.

Com relação ao efeito da fonte de gordura sobre a produção de leite e seus constituintes, os animais consumindo dietas contendo subproduto de coco tiveram produção menor de leite quando comparado aos animais consumindo dietas contendo caroço de algodão. Esse fenômeno foi causado pelo menor consumo de matéria seca observado nos animais consumindo subproduto de coco, resultado da menor aceitação, refletida em maior quantidade de sobras nos cochos. Outro fator associado, provavelmente, é o fato de encontrarse prontamente disponível a gordura do subproduto de coco, interferindo no ambiente ruminal e, também, com implicação na liberação da colecistoquinina no intestino, que contribui para a diminuição na ingestão de matéria seca (Reidelberger, 1994). Redução na ingestão de matéria seca e na produção de leite após ingestão de derivados do coco foram também relatados por alguns autores (Hollmann e Beede, 2012; Faciola e Broderick, 2014; Mendes, 2019; Souza e Ribeiro, 2021; Silva *et al.*, 2022).

O leite proveniente das cabras alimentadas com dietas contendo caroço de algodão apresentou teor de gordura superior em comparação ao leite de cabras que receberam a dieta com subproduto de coco, o que deve ter sido favorecido pelo maior consumo de alimentos e de extrato etéreo. Já a o teor de proteína está diretamente relacionado ao aumento do volume do leite (Fernandes, 2007), o que é coerente com a resposta obtida para o leite das cabras alimentadas com dieta contendo caroço de algodão associado a palma forrageira. O teor de lactose foi igualmente superior nesta dieta, levando a elevação do teor de sólidos não gordurosos, que impactou diretamente na densidade do leite, que foi superior em relação à dieta com caroço de algodão sem palma.

3.2 Perfil de ácidos graxos

Observou-se efeito ($P < 0,05$) da adição da palma forrageira às dietas sobre o perfil de ácidos graxos do leite das cabras suplementadas com fontes lipídicas, onde o leite proveniente de cabras alimentadas com dietas contendo palma forrageira apresentaram maior quantidade de ácidos graxos de cadeia curta, de cadeia média e dos isômeros do C18:2, ao passo que os teores do C18:0, C18:3 n-3, dos ácidos graxos de cadeia ramificada e do total de ômega 3 foram reduzidos com a adição da palma às dietas (Tabela 5). Observou-se, também, efeito da fonte de gordura sobre as médias dos teores dos ácidos graxos, destacando-se o teor reduzido do C18:0 e dos ácidos graxos de cadeia ramificada na dieta contendo subproduto de coco em

relação à dieta contendo caroço de algodão. Paralelamente, os teores do C18:1 t10 e dos ácidos graxos de cadeia média foram maiores no leite das cabras que receberam a dieta com subproduto de coco em relação a dieta contendo caroço de algodão (Tabela 5).

Tabela 4: Efeito da palma e da fonte de gordura sobre o perfil de ácidos graxos do leite

| AG | Caroço de algodão | | Subproduto de coco | | EPM | FG | Efeito | |
|----------------------------|-------------------|-----------|--------------------|-----------|-------|--------|--------|----------|
| | Sem palma | Com palma | Sem palma | Com palma | | | Palma | FG*Palma |
| C6:0 | 2.35 | 2.85 | 2.24 | 2.77 | 0.11 | 0.274 | <0.001 | 0.836 |
| C8:0 | 1.84 | 2.73 | 2.00 | 2.84 | 0.13 | 0.181 | <0.001 | 0.801 |
| C10:0 | 4.73 | 8.11 | 5.29 | 9.31 | 0.38 | 0.008 | <0.001 | 0.303 |
| C18:0 | 21.49 | 18.14 | 11.54 | 7.82 | 0.79 | <0.001 | <0.001 | 0.798 |
| C18:1 t10 | 0.62 | 0.74 | 1.85 | 1.08 | 0.37 | 0.025 | 0.339 | 0.186 |
| C18:2c9,t13_c9,t14 | 0.15 | 0.23 | 0.1 | 0.19 | 0.01 | <0.001 | <0.001 | 0.737 |
| C18:2 t8,c13_c9,t15_c9,t12 | 0.1 | 0.13 | 0.08 | 0.12 | 0.01 | 0.085 | 0.004 | 0.901 |
| C18:2 t9,c12 | 0.02 | 0.04 | 0.03 | 0.05 | 0.004 | 0.115 | 0.002 | 0.635 |
| C18:3 n-3 | 0.18 | 0.14 | 0.22 | 0.14 | 0.01 | 0.11 | <0.001 | 0.129 |
| CLA (C18:2 c9,t11) | 0.38 | 0.40 | 0.65 | 0.43 | 0.08 | 0.054 | 0.191 | 0.096 |
| ∑BCFA | 1.43 | 1.27 | 1.25 | 0.91 | 0.06 | <0.001 | <0.001 | 0.1 |
| ∑Omega3 | 0.25 | 0.22 | 0.30 | 0.228 | 0.02 | 0.095 | 0.001 | 0.055 |
| ∑AGCM | 30.72 | 32.26 | 35.21 | 39.76 | 0.84 | <0.001 | <0.001 | 0.069 |
| Trans10/trans11 | 0.54 | 0.67 | 1.58 | 1.53 | 0.301 | 0.007 | 0.863 | 0.727 |
| SCD | 22.03 | 20.55 | 37.02 | 35.93 | 1.628 | <0.001 | 0.439 | 0.903 |

CA=caroço de algodão; SC=subproduto de coco; POEM= palma forrageira; ∑=somatório; BCFA=ácido graxo de cadeia ramificada; AGCM=ácido graxo de cadeia média; SCD= estearoil-coA dessaturase

Houve interação ($P < 0,05$) entre a adição da palma forrageira e a fonte de gordura sobre o perfil de ácidos graxos do leite (Tabela 5). A associação palma forrageira-subproduto de coco elevou o teor do ácido láurico (C12:0), ácido mirístico (C14:0), ácidos graxos saturados, ácidos graxos de cadeia curta, índice de aterogenicidade e de trombogenicidade no leite das cabras. No entanto, reduziu os níveis do ácido vacênico (C18:1 t11), ácido oleico (C18:2n6), o total de ácidos graxos monoinsaturados, poliinsaturados, ômega 6 e as razões entre os ácidos graxos hipoalergênicos/hiperalergênicos e poliinsaturados/saturados (Tabela 5).

Tabela 5: Efeito de interação da fonte de gordura e palma forrageira sobre o perfil de ácidos graxos de leite de cabras suplementadas com fontes lipídicas

| AG | Caroço de algodão | | Subproduto de coco | | EPM | Efeito FG*Palma |
|------------|-------------------|-----------|--------------------|-----------|-------|--------------------|
| | Sem palma | Com palma | Sem palma | Com palma | | |
| C4:0 | 3.7a | 3.42b | 2.82c | 2.93c | 0.11 | 0.031 |
| C12:0 | 1.97d | 3.35c | 5.71b | 11.85a | 0.4 | <0.001 |
| C14:0 | 5.65d | 8.28c | 10.89b | 15.41a | 0.51 | 0.042 |
| C18:1t11 | 1.22a | 1.32a | 1.14a | 0.64b | 0.15 | 0.045 |
| C18:2n6 | 2.8b | 3.27a | 2.01b | 1.56c | 0.14 | 0.002 |
| ∑Saturados | 67.81c | 71.90b | 65.32d | 77.66a | 1,02 | <0.001 |
| ∑SFAlin | 66.38c | 70.63b | 64.07d | 76.75a | 1.03 | <0.001 |
| ∑MUFA | 28.30b | 23.59c | 31.19a | 19.55d | 0.98 | <0.001 |
| ∑MUFAcis | 25.23a | 20.10b | 27.45a | 16.94c | 1.23 | 0.008 |
| ∑PUFA | 3.89b | 4.52a | 3.49c | 2.80d | 0.17 | <0.001 |
| ∑Omega6 | 2.96b | 3.45a | 2.2c | 1.69d | 0.15 | 0.002 |
| ∑AGCC | 14.79d | 20.79b | 18.46c | 30.48a | 0.92 | <0.001 |
| ∑AGCL | 54.49a | 46.95b | 46.33b | 29.75c | 1.53 | 0.002 |
| IA | 1,53c | 2,17b | 2,25b | 4,46a | 1.01 | <0.001 |
| IT | 3,07c | 3,43b | 2,58d | 3,96a | 0.61 | 0.01 |
| n6:n3 | 12.3b | 15.81a | 7.54c | 7.87c | 0.73 | 0.019 |
| H/H | 0.88a | 0.66b | 0.75b | 0.33c | 0.05 | 0.023 |
| P/S | 0.06ab | 0.06a | 0.05b | 0.04c | 0.003 | <0.001 |

FG=fonte de gordura; CA=caroço de algodão; CAP=Caroço de algodão +palma forrageira; SC=subproduto de coco; SCP=subproduto de coco + palma forrageira; EPM= erro padrão da média; FG*Palma= efeito da interação fonte de gordura * Palma forrageira. ∑=somatório; SFAlin= ácidos graxos saturados lineares; MUFA= ácidos graxos monoinsaturados; MUFAcis= ácidos graxos monoinsaturados cis; PUFA= ácidos graxos poliinsaturados; AGCC=ácido graxo de cadeia curta; AGCL=ácido graxo de cadeia longa; IA = Índice de aterogenicidade $[(C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0) / (\sum \omega 6 + \sum \omega 3 + \sum MUFA)]$; IT = índice de trombogenicidade $[(C14:0 + C16:0 + C18:0) / ((0,5 \times \sum MUFA) + (0,5 \times \sum \omega 6) + (3 \times \sum \omega 3) + (\omega 3 / \omega 6))]$; H/H = razão hipocolesterolêmicos / hipercolesterolêmicos $[(C18:1 c9 + \sum \omega 6 + \sum \omega 3) / (C12:0 + C14:0 + C16:0)]$; P/S= poliinsaturados/saturados; P<0,05; a,b,c,d=médias seguidas da mesma letra não diferem entre si estatisticamente, médias seguidas de letras diferentes diferem entre si estatisticamente.

A associação da palma ao caroço de algodão elevou o teor do ácido linoleico, total de ácidos graxos saturados, poliinsaturados, omega 6, razão ômega 6/ômega 3, ácidos graxos de cadeia curta, índice de aterogenicidade e de trombogenicidade. Por outro lado, reduziu o teor do total de ácidos graxos monoinsaturados e a razão hipoalergênicos/hiperalergênicos (Tabela 5).

A palma forrageira apresenta em sua composição compostos fenólicos que, uma vez no ambiente ruminal, tem potencial de inibir a atividade das espécies bacterianas responsáveis pela etapa final da biohidrogenação (Vasta *et al.*, 2019; El Otmani *et al.*, 2021). Segundo Batista *et al.* (2003) e Gama *et al.* (2021), a palma forrageira apresenta efeito de aumento da

taxa de passagem da digesta ruminal, que é o proposto pela presença de grãos ou partículas alimentares nas fezes dos animais alimentados com cactáceas observado neste trabalho, além de se observar em caprinos taxa de passagem de digesta ruminal superior quando comparada a vaca (Chilliard *et al.*, 2003b). A associação destes três fatores influenciou o perfil de ácidos graxos observados em animais alimentados com palma forrageira.

Em animais alimentados com subproduto de coco e palma forrageira o teor de C12:0 e C14:0 passou de 5,71 e 10,89 para 11,85 e 15,41, aumento de 107,5% e 41,5% respectivamente, lembrando que o coco apresenta em sua composição (46,39% de C12:0 e 19,38% de C14:0). O mesmo leite apresentou maior teor de ácidos graxos saturados e, conseqüentemente, maiores índices de aterogenicidade e de trombogenicidade. Cenário similar foi observado na dieta contendo caroço de algodão, onde a adição da palma potencializou o teor do C18:2n6 no leite, ácido graxo presente em 57,04% no algodão, o seu teor passou de 2,8 para 3,27 (acréscimo de 0,17%). Pode-se presumir que a presença da palma tenha favorecido a incorporação destes ácidos graxos provenientes da dieta no leite através da aceleração da taxa de passagem ruminal.

O leite de cabras alimentadas com caroço de algodão associado à palma forrageira apresentou maior teor de ácidos graxos poliinsaturados e ômega-6; com isso, maior razão poliinsaturados/saturados e ômega-6/ômega-3, apresentando-se como sendo o mais hipoalergênico, na medida em que apresentou maior razão hipoalergênico/hipoalergênico, quando comparado ao leite de cabras alimentadas com subproduto de coco. A clara diferença na magnitude do efeito da palma em função da fonte de gordura, evidencia que o subproduto de coco apresenta gordura majoritariamente rica em AG saturados, principalmente de cadeia média que passam “inertes” pelo ambiente ruminal e vão ao fígado como fonte de energia prontamente disponível. O caroço de algodão, por sua vez, é composto por 72,33% de AGI (57,04% C18:2 n-6 e 15,29% C18:1 c9) e estes, quando submetidos a microbiota ruminal, sofrem biohidrogenação pelos microrganismos. Este fenômeno é comprovado pelo teor de C18:0 entre as fontes de gordura, em que o leite dos animais que receberam dietas com caroço de algodão apresentou teor de C18:0 de 19,81% contra 9,69% do que os que receberam dietas com subproduto de coco.

A palma forrageira protegeu a microflora ruminal dos efeitos deletérios dos AGI e dos AGS de cadeia média provenientes das fontes de gordura, na medida em que os ácidos graxos de cadeia curta tiveram seus teores acrescidos no leite proveniente de cabras consumindo palma forrageira. Ácidos graxos de cadeia curta são formados na glândula mamária através da

síntese de novo e carecem de acetato e β -hidroxibutirato proveniente no metabolismo de carboidratos no rúmen realizado por microrganismos (Bactérias gram⁺, metanogênicas e protozoários) sensíveis a AGI e AGS de cadeia média (Berchielli *et al.*, 2011b; Kozloski, 2019b)

Dietas contendo palma forrageira tiveram teores de isômeros de C18:2 superiores quando comparados às dietas desprovidas de palma, devendo-se, este fato, a interferência em uma das etapas da biohidrogenação, uma vez que estes isômeros são intermediários do processo; esta hipótese é reforçada pelo fato de que o teor de C18:0 nestas dietas se apresentaram menor em relação as dietas sem palma, reforçando o efeito já mencionando da palma forrageira sobre a dinâmica ruminal.

Quando se observa os intermediários da biohidrogenação ruminal, o C18:1 t11 e o C18:1 t10, vê-se que o teor do *trans*11 foi superior no leite das cabras que receberam dietas contendo caroço de algodão sem diferença entre as médias pela adição da palma. No leite das cabras alimentadas com dietas contendo o subproduto de coco, a adição da palma forrageira reduziu o teor do C18:1 t11. Vale lembrar que a elevação do C18:1 t11 é um fator desejado na medida em o *trans*-11 é um precursor endógeno do ácido rumênico (CLA, C18:2 c9, t11) por atividade da Δ 9-dessaturase a nível dos tecidos, incluindo da glândula mamária da cabra (Alves *et al.*, 2021). O *trans*-10 teve seu teor afetado pela fonte de gordura, em que dietas com caroço de algodão apresentaram menores valores, resposta desejável considerando que o *trans*-10 está associado ao acúmulo lipídico nos vasos sanguíneos. Em dietas à base de forragem, a biohidrogenação do C18:2 n-6 e C18:3 n-3 ocorre pela via *trans*-11, ao passo que dietas a base de concentrado favorece a biohidrogenação pela via da *trans*-10 (Alves e Bessa, 2014; Alves *et al.*, 2021). Nenhuma das dietas deste estudo foi composta somente por forragem; no entanto, o caroço de algodão é composto por 57,04g/100g de AG de C18:2 n-6, o que pode ter favorecido a via da *trans*-11 nestes animais. Os maiores valores para o ácido graxo C18:1 t10 observados no leite dos animais alimentados com a dieta contendo subproduto de coco em relação ao da dieta com caroço de algodão, provavelmente, tenham sido causados pelo efeito deletério que os ácidos graxos de cadeia média apresentam sobre as bactérias fibrolíticas no ambiente ruminal, podendo favorecer o desenvolvimento de bactérias amilolíticas que estão associadas a ativação da rota de biohidrogenação que produz o C18:1 t10 (Francisco *et al.*, 2019), o que resultou na maior razão entre *trans*-10/*trans*-11 nas dietas contendo o subproduto em relação as dietas com caroço de algodão.

Com relação a atividade da enzima SCD (estearoil-coA dessaturase), responsável pela síntese do ácido linoleico conjugado (CLA) na glândula mamária, esta foi menor na dieta contendo caroço de algodão em relação a dieta com subproduto de coco, o que se refletiu em menor quantidade de CLA no leite proveniente das cabras alimentadas com caroço de algodão. Este fator pode ter sido causado pela presença do ácido estercúlico no caroço de algodão (Gattas and Brumano, 2005), este que é um potente inibidor da enzima SCD (Zia *et al.*, 2022).

4. CONCLUSÃO

A palma forrageira associada ao caroço de algodão favorece a maior produção de leite e melhora a deposição de ácidos graxos poliinsaturados no leite que o torna com qualidade nutracêutica superior.

A associação da palma forrageira ao subproduto de coco favorece a produção de leite, no entanto leva à deposição de maior quantidade de ácidos graxos hipercolesterolêmicos, tornando-o mais aterogênico e trombogênico.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD RAHMAN, M.R.; Z. Hassan; M.S. Hassan; R. Hashim; L.S. Wong; W.Y. Leong; S.H. Syd Jaafar; and S. Salvamani. 2023. Enhanced Goat Milk MUFA Quality via Date Pit Supplementation: A Time-Based Pattern Recognition Analysis Utilizing Agricultural Waste Byproduct. *Int J Food Sci* 2023:1–16. doi:10.1155/2023/1797017.
- ALI, M.A.; M. Sh Thabet; and E.M. Ibrahim. 2019. 66 Effects of flaxseed oil supplementation to lactating goats diet on milk production, composition and fatty acids profiles.
- ALLEN, M.S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *J Dairy Sci* 83:1598–1624. doi:10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2.
- ALVES, S.P., and R.J.B. Bessa. 2014. The trans-10,cis-15 18:2: A missing intermediate of trans-10 shifted rumen biohydrogenation pathway?. *Lipids* 49:527–541. doi:10.1007/s11745-014-3897-4.
- ALVES, S.P., P. Vahmani, C. Mapiye, T.A. McAllister, R.J.B. Bessa, and M.E.R. Dugan. 2021. Trans-10 18:1 in ruminant meats: A review. *Lipids* 56:539–562. doi:10.1002/lipd.12324.
- AMORIM, S.O. de. 2015. Características morfológicas e produtivas da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana submetida a diferentes densidades de plantio e intensidades de corte no semiárido pernambucano.
- ANDRADE, R.B. De. 2021. Glicerina bruta na alimentação de cabras leiteiras, tese de doutoramento, Departamento de zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- ARAÚJO, E.A.B. de. 2020. Suplementação com sais de cálcio de ácidos graxos em vacas leiteiras mestiças em programa de IATF. Salvador, 2020, 82p.
- DE ARAÚJO, T.L.D.R., W.L. da Silva, A.S. Berça, A. da S. Cardoso, R.P. Barbero, E.P. Romanzini, and R.A. Reis. 2021. Effects of replacing cottonseed meal with corn dried distillers' grain on ruminal parameters, performance, and enteric methane emissions in young nellore bulls reared in tropical pastures. *Animals* 11. doi:10.3390/ani11102959.
- ARAÚJO, T.P.M. 2020. Palma forrageira na alimentação de cabras leiteiras.
- ASTRUP, H.N., L. Vik-Mo, A. Ekern, and F. Bakke. 1976. Feeding Protected and Unprotected Oils to Dairy Cows. *J Dairy Sci* 59:426–430. doi:10.3168/jds.S0022-0302(76)84223-3.
- BARBOSA, J. dos S.R., N.L. de O. Fonteles, N.J.M. Batista, and M.S. Araujo. 2015. Efeitos das fontes de lipídios na composição do leite: revisão. *Nutri.Time* 12.
- BERCHIELLI, T.T., A.V. Pires, and S.G. Oliveira. 2011a. *Nutrição de Ruminantes*. 2 ed. Funep, Jaboticabal.
- BRANDÃO, A.O., and A. Eustáquio Filho. 2020. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: revisão. *Recital: Revista de Educação, ciência e tecnologia de Almenara/MG*.

- BUCCIONI, A., M. Decandia, S. Minieri, G. Molle, and A. Cabiddu. 2012. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. *Anim Feed Sci Technol* 174:1–25. doi:10.1016/j.anifeedsci.2012.02.009.
- CARDOSO, E.G. 1998. Utilização de subprodutos do algodoeiro na alimentação animal. ALGODÃO: informações técnicas. Dourados: EMBRAPA-CPAO; Campina Grande: EMBRAPA-CNPQ, 1998.
- CAVALCANTI, M.C. de A., Â.M.V. Batista, A. Guim, M. de A. Lira, V.L. Ribeiro, and A.C. Ribeiro Neto. 2008. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e palma orelha-de-elefante (*Opuntia* sp.). *Acta Sci. Anim. Sci.* 30:173–179.
- CHILLIARD, Y., A. Ferlay, J. Rouel, and G. Lamberet. 2003a. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk lipid synthesis and lipolysis. Pages 1751–1770 in *Journal of Dairy Science*. American Dairy Science Association.
- COSENTINO, C., M.A. Colonna, M. Musto, A. Dimotta, P. Freschi, S. Tarricone, M. Ragni, and R. Paolino. 2021. Effects of dietary supplementation with extruded linseed and oregano in autochthonous goat breeds on the fatty acid profile of milk and quality of Padraccio cheese. *J Dairy Sci* 104:1445–1453. doi:10.3168/jds.2020-18805.
- DA COSTA EIFERT, E., R. de Paula Lana, M. Ignez Leão, P. Braga Arcuri, S. de Campos Valadares Filho, W. Machado Leopoldino, J. da Silva Oliveira, and C. Batista Sampaio. 2005. Efeito da Combinação de Óleo de Soja e Monensina na Dieta sobre o Consumo de Matéria Seca e a Digestão em Vacas Lactantes 1.
- DAUBER, C., T. Carreras, G. Casarotto Daniel, F. Cabrera, A. Liscano, G. Vicente, A. Britos, S. Carro, C. Cajarville, A. Gámbaro, and I. Vieitez. 2022. Adding sunflower or soybean oil to goat's pasture-based diet improves the lipid profile without changing the sensory characteristics of milk. *J Appl Anim Res* 50:204–212. doi:10.1080/09712119.2022.2056464.
- DECANDIA, M., M. Sitzia, A. Cabiddu, D. Kababya, and G. Molle. 2000. The use of polyethylene glycol to reduce the anti-nutritional effects of tannins in goats fed woody species. *Small Ruminant Research* 38:157–164.
- DELGADO junior, I.J., K.B. Siqueira, and L.A. Stock. 2020. Produção, composição e processamento de leite de cabra no Brasil. *Circular técnica* 122.
- EL-ESSAWY, A.M., U.Y. Anele, A.M. Abdel-Wahed, A.R. Abdou, and I.M. Khattab. 2021. Effects of anise, clove and thyme essential oils supplementation on rumen fermentation, blood metabolites, milk yield and milk composition in lactating goats. *Anim Feed Sci Technol* 271. doi:10.1016/j.anifeedsci.2020.114760.
- EL OTMANI, S., Y. Chebli, M. Chentouf, J.L. Hornick, and J.F. Cabaraux. 2021. Effects of olive cake and cactus cladodes as alternative feed resources on goat milk production and quality. *Agriculture (Switzerland)* 11:1–16. doi:10.3390/agriculture11010003.
- FACIOLA, A.P., and G.A. Broderick. 2014a. Effects of feeding lauric acid or coconut oil on ruminal protozoa numbers, fermentation pattern, digestion, omasal nutrient flow, and milk production in dairy cows. *J Dairy Sci* 97:5088–5100. doi:10.3168/jds.2013-7653.

- FERNANDES, M.F., R. de C.R. do E. Queiroga, A.N. Medeiros, R.G. Costa, M.A.D. Bomfim, and A.A. Braga. 2008a. Características físico-químicas e perfil lipídico do leite de cabras mestiças Moxotó alimentadas com dietas suplementadas com óleo de semente de algodão ou de girassol. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37:703–710.
- FERREIRA, C.B., L.A. dos SANTOS, V.A. AGUIAR, and S.L. dos S. MEDEIROS. 2009. Utilização de gordura inerte na dieta de ruminantes.
- FONTELES, N.L.D.O., R.T. De Sousa, J.D.L.; Gonçalves, J. dos S.R. Barbosa, S.F. Dos Santos, and M.A.D. Bomfim. 2016. Inclusão de gordura na alimentação de caprinos e seu efeito sobre o perfil lipídico no leite: Revisão.
- FRANCISCO, A.E., J.M. Santos-Silva, A.P. V Portugal, S.P. Alves, and R.J.B. Bessa. 2019. Relationship between rumen ciliate protozoa and biohydrogenation fatty acid profile in rumen and meat of lambs. *PLoS One* 14. doi:10.1371/journal.pone.0221996.
- FREITAS, N.E., M.J. Araújo, R.L. Oliveira, D.P.D. Lanna, C.A.T. Marques, J.N.C. Torreão, C.B. Santos, J.M. Silva Júnior, R.L. Edvan, and L.R. Bezerra. 2020. Production, composition, fatty acid profile and sensory traits of milk from goats fed crude glycerin from waste frying oils used in biodiesel production. *Livest Sci* 238. doi:10.1016/j.livsci.2020.104060.
- FROTA, M.N.L. da, M.S. de S. Carneiro, G.M.C. Carvalho, and R.B. de Araújo Neto. 2015. Palma Forrageira na Alimentação Animal. *Documentos* 233.
- FUKE, G., M.M.E. Novack, L. Cauduro, and J.L. Nörnberg. 2014. Eficácia do ácido linoléico conjugado (CLA) na saúde humana. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* 18:36–46. doi:10.5902/2236117012988.
- GAMA, M.A.S., T.A. de Paula, A.S.C. Vêras, S.I. Guido, C.A.V. Borges, R. Antoniassi, F.C.F. Lopes, M.L.M.W. Neves, and M. de A. Ferreira. 2021b. 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. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 105:232–246. doi:10.1111/jpn.13466.
- GAMBLE, J.A., N.R. Ellis, and A.K. Besley. 1939a. COMPOSITION AND PROPERTIES OF GOAT'S MILK AS COMPARED WITH COW'S MILK'.
- GATTAS, G., and G. Brumano. 2005. ÁCIDO LINOLÉICO CONJUGADO (CLA). *Revista Eletrônica Nutritime* 2:164–171.
- GERMANO Costa, R., R. De Cássia, R.E. Queiroga, and R.A.G. Pereira. 2009. *Revista Brasileira de Zootecnia* Influência do alimento na produção e qualidade do leite de cabra Influence of feed on the production on quality of goat milk.
- GIVE, D.I., E. Owen, R.F.E. Axford, and H.M. Omed. 2000. *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*. CABI Publishing.
- GOVEIA, J.S.S. 2012. Substituição parcial do milho pela palma forrageira em dietas para cabras em lactação, tese de mestrado, Departamento de zootecnia, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

- GROBAS, S.; and G.G. Mateos. 1996. Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo. Madrid, 7 y 8 de Noviembre de 1996. XII Curso de especialización FEDNA influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo.
- GULATI, S.K., E.B. Byers, Y.G. Byers, J.R. Ashes, and T.W. Scott. 1997. Effect of feeding different fat supplements on the fatty acid composition of goat milk. *Animal Feed Science Technology* 66:159–164.
- HOLLMANN, M., and D.K. Beede. 2012a. Comparison of effects of dietary coconut oil and animal fat blend on lactational performance of Holstein cows fed a high-starch diet. *J Dairy Sci* 95:1484–1499. doi:10.3168/jds.2011-4792.
- HOOVER, W.H. 1986. Chemical Factors Involved in Ruminant Fiber Digestion. *J Dairy Sci* 69:2755–2766. doi:10.3168/jds.S0022-0302(86)80724-X.
- JANGOOL, R.H., I.A. A, and F.S. Siddig. 2018. Effect of Feeding Bt Cotton Seed Cake on Nubian Goats Milk Characteristic, Gezira State, Sudan. *Open Academic Journal of Advanced Science and Technology* 2:9–13. doi:10.33094/5.2017.2018.21.9.13.
- JENKINS, T.C. 1993. SYMPOSIUM: ADVANCES IN RUMINANT LIPID METABOLISM Lipid Metabolism in the Rumen.
- JENNESS, R. 1980a. Composition and Characteristics of Goat Milk: Review 1968–1979. *J Dairy Sci* 63:1605–1630. doi:10.3168/jds.S0022-0302(80)83125-0.
- KANEKO, J.J., J.W.; Harvey, and M.L. Bruss. 2008. Clinical-biochemistry-of-domestic-animals.
- KELLEY, N.S., N.E. Hubbard, and K.L. Erickson. 2007. Conjugated Linoleic Acid Isomers and Cancer 1,2 - Critical review. *J Nutr* 137:2599–2607.
- KHOLIF, A.E., T.A. Morsy, A.M. Abd El Tawab, U.Y. Anele, and M.L. Galyean. 2016. Effect of Supplementing Diets of Anglo-Nubian Goats with Soybean and Flaxseed Oils on Lactational Performance. *J Agric Food Chem* 64:6163–6170. doi:10.1021/acs.jafc.6b02625.
- KHOLIF, A.E., T.A. Morsy, and M.M. Abdo. 2018. Crushed flaxseed versus flaxseed oil in the diets of Nubian goats: Effect on feed intake, digestion, ruminal fermentation, blood chemistry, milk production, milk composition and milk fatty acid profile. *Anim Feed Sci Technol* 244:66–75. doi:10.1016/j.anifeedsci.2018.08.003.
- KITESSA, S.M., S.K. Gulati, J.R. Ashes, E. Fleck, T.W. Scott, and P.D. Nichols. Utilisation of fish oil in ruminants II. Transfer of fish oil fatty acids into goats' milk.
- KONGMUN, P., M. Wanapat, P. Pakdee, C. Navanukraw, and Z. Yu. 2011. Manipulation of rumen fermentation and ecology of swamp buffalo by coconut oil and garlic powder supplementation. *Livest Sci* 135:84–92. doi:10.1016/j.livsci.2010.06.131.
- KOZLOSKI, G.V. 2019b. *Bioquímica Dos Ruminantes*. 3a edição. G.V. Kozloski, ed. editora ufsm, Santa Maria.
- LANGUIDEY, P.H., and E.C. de Araújo. 1983. Substituição parcial do farelo de algodão pelo farelo de coco na ração concentrada para vacas em lactação. *Comunicado Técnico* 9:1–6.

- LIMA, R.N. de, J.H.G.M. Leite, J.G.B. Galvão Junior, A.K.B. de Moura, A.F. de Lima, and P. de O. Lima. 2018. Importância do ácido linoleico conjugado (CLA) em produtos de origem animal. *Revista em Agronegocio e Meio Ambiente* 11:1307–1331. doi:10.17765/2176-9168.2018v11n4p1307-1331.
- LIMA, T.J., R.G. Costa, G.R. de Medeiros, A.N. de Medeiros, N.L. Ribeiro, J.S. de Oliveira, R.R. Guerra, and F.F.R. de Carvalho. 2019. Ruminal and morphometric parameters of the rumen and intestines of sheep fed with increasing levels of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). *Trop Anim Health Prod* 51:363–368. doi:10.1007/s11250-018-1697-1.
- LIU, H., V. Vaddella, and D. Zhou. 2011. Effects of chestnut tannins and coconut oil on growth performance, methane emission, ruminal fermentation, and microbial populations in sheep. *J Dairy Sci* 94:6069–6077. doi:10.3168/jds.2011-4508.
- LOPES, L., D. Cardoso, K. Camargo, T. Silva, J. Souza, J.R. Silva, J. Morais, and T.P. Araújo. 2019. Palma forrageira na alimentação de ruminantes. *Pubvet* 13:1–10. doi:10.31533/pubvet.v13n3a277.1-10.
- MACIEL, F.A., K.D.G. Dias, P.H.G. Gasparotto, J.V. Dantas Filho, and J. Cavali. 2020. Produção de leite de vacas da raça girolando alimentadas com dietas com e sem caroço de algodão (*Gossypium hirsutum* L). *Tekhne e Logos* 11:63–74.
- MAT, K., Z. Abdul Kari, N.D. Rusli, H. Che Harun, L.S. Wei, M.M. Rahman, H.N. Mohd Khalid, M.H. Mohd Ali Hanafiah, S.A. Mohamad Sukri, R.I.A. Raja Khalif, Z. Mohd Zin, M.K. Mohd Zainol, M. Panadi, M.F. Mohd Nor, and K.W. Goh. 2022. Coconut Palm: Food, Feed, and Nutraceutical Properties. *Animals* 12. doi:10.3390/ani12162107.
- MATSUBA, K., A. Padlom, A. Khongpradit, P. Boonsaen, P. Thirawong, S. Sawanon, Y. Suzuki, S. Koike, and Y. Kobayashi. 2019. Selection of plant oil as a supplemental energy source by monitoring rumen profiles and its dietary application in Thai crossbred beef cattle. *Asian-Australas J Anim Sci* 32:1511–1520. doi:10.5713/ajas.18.0946.
- MELO, A.A.S. de, M. de A. Ferreira, A.S.C. Vêras, M. de A. Lira, L.E. de Lima, R.A.S. Pessoa, S.V. Bispo, A.D. Cabral, and M. de Azevedo. 2006. Desempenho leiteiro de vacas alimentadas com caroço de algodão em dieta à base de palma forrageira. *Pesq. agropec. bras* 1165–1171.
- MENDES, M. de S. 2019. Efeito de diferentes fontes lipídicas sobre variáveis nutricionais, de produção e composição do leite de cabras localmente adaptadas, Master thesis, Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Fortaleza.
- Ministério da saúde, H. do coração. 2018. Alimentação Cardioprotetora. Manual de Orientações Para Profissionais de Saúde Da Atenção Básica.
- MITSIPOULOU, C., C. Karaiskou, M. Simoni, F. Righi, A.C. Pappas, K. Sotirakoglou, and E. Tsiplakou. 2021. Influence of dietary sesame meal, vitamin E and selenium supplementation on milk production, composition, and fatty acid profile in dairy goats. *Livest Sci* 244. doi:10.1016/j.livsci.2020.104336.
- MONTEIRO, C.C. de F. 2017. Substituição de palma miúda por palma orelha de elefante mexicana para vacas em lactação.

MORA-LUNA, R.E., A.M. Herrera-Angulo, M.C.B. Siqueira, M.G. da Conceição, J.C.C. Chagas, C.C.F. Monteiro, A.S.C. Vêras, F.F.R. Carvalho, and M.A. Ferreira. 2022. Spineless Cactus Plus Urea and Tifton-85 Hay: Maximizing the Digestible Organic Matter Intake, Ruminal Fermentation, and Nitrogen Utilization of Wethers in Semi-Arid Regions. *Animals* 12. doi:10.3390/ani12030401.

MOTA, L.R.M.F. da. 2013. O ácido linoleico conjugado (CLA) e a saúde humana.

M.S. Vilanova, M.T.M. Osório, V. Schmidt, J.C.S. Osório, D.S. Vilanova, and J.D. Kessler. 2012. Perfil de ácidos graxos do leite de cabras leiteiras alimentadas com dieta contendo dois níveis de óleo de arroz. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, 64:1755–1760.

MUNDIM, A. V, A.S. Costa, S.A.P. Mundim, E.C. Guimarães, and F.S. Espindola. 2007. Influência da ordem e estádios da lactação no perfil bioquímico sanguíneo de cabras da raça Saanen [Influence of parity and stage of lactation on the blood biochemical profile of Saanen goats].

MUSCO, N., R. Tudisco, G. Esposito, P. Iommelli, P. Totakul, B. D’aniello, P. Lombardi, R. Amato, M. Wanapat, and F. Infascelli. 2022. Effects of Linseed Supplementation on Milk Production, Composition, Odd-and Branched-Chain Fatty Acids, and on Serum Biochemistry in Cilentana Grazing Goats. *Animals* 12. doi:10.3390/ani12060783.

NOGUEIRA, R.G.S., F. Perna Junior, A.S.C. Pereira, E.C.O. Cassiano, R.F. Carvalho, and P.H.M. Rodrigues. 2020a. Methane mitigation and ruminal fermentation changes in cows fed cottonseed and vitamin E. *Sci Agric* 77. doi:10.1590/1678-992x-2018-0247.

NOGUEIRA, R.G.S., F. Perna Junior, A.S.C. Pereira, and P.H.M. Rodrigues. 2019. Nutrient digestibility and changes in feeding behavior of cattle fed cottonseed and vitamin E. *Sci Agric* 76:112–122. doi:10.1590/1678-992x-2017-0334.

NOVACK, M.M.E., G. Fuke, and J.L. Nörnberg. 2013. Ácido linoléico conjugado (cla) presente nos produtos lácteos e sua relação com a saúde humana. *Higiene Alimentar* 27:226–227.

PALMQUIST, D.L., and T.C. Jenkins. 1980. Fat in Lactation Rations: Review. *J Dairy Sci* 63:1–14. doi:10.3168/jds.S0022-0302(80)82881-5.

PALMQUIST, D.L., and T.C. Jenkins. 2017a. A 100-Year Review: Fat feeding of dairy cows. *J Dairy Sci* 100:10061–10077. doi:10.3168/jds.2017-12924.

PARK, Y.W. 2004. Goat Milk: Composition, Characteristics. *Encyclopedia of animal science* 474–477.

PESSOA, R.A.S., M. de A. Ferreira, L.E. Lima, M. de A. Lira, A.S.C. Vêras, A.E.V. Silva, M.Y. Sosa, Ma. Azavedo, K.F. Miranda, F. Silva, and MElo. Airon Aparecido. 2005. Vacas leiteiras submetidas a diferentes estratégias alimentares. digestibilidade e balanço de energia 267.

POLIZEL, D.M., and L.C.B. SOARES. 2023. Caroço qualidadeCaroço de Algodão: qual a qualidadenutricional nanutricional do coproduto que utilizo naminha minha propriedade?. *Milkpiont*.

PROSSER, C.G. 2021a. Compositional and functional characteristics of goat milk and relevance as a base for infant formula. *J Food Sci* 86:257–265. doi:10.1111/1750-3841.15574.

QUEIROGA, R.D.C.R.E., R.Â.G. Pereira, A.N. De Medeiros, R.G. Costa, M.D.O. Maia, and M.A.D. Bomfim. 2009. Perfil de ácidos graxos do leite de cabras mestiças moxotó suplementadas com óleo de licuri ou de mamona.

RAPETTI, L., S. Colombini, G. Battelli, B. Castiglioni, F. Turri, G. Galassi, M. Battelli, and G.M. Crovetto. 2021. Effect of linseeds and hemp seeds on milk production, energy and nitrogen balance, and methane emissions in the dairy goat. *Animals* 11. doi:10.3390/ani11092717.

REIDELBERGER, R.D. 1994. Cholecystokinin and Control of Food Intake¹2. **The journal of nutrition.**

ROBERTO, J.V.B., B.A. de A. Marques, B.B. de Souza, S.S. de Azevedo, and D.Y.C. de Assis Neto. 2012. Carço de algodão na dieta de cabras saanen no semiárido paraibano. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim* 13:271–282.

RODRIGUES, J.P.P., R.M. De Paula, L.N. Rennó, G.P. Costa, V.C.E. Hamade, S.C. Valadares Filho, F.P. Rennó, and M.I. Marcondes. 2019. Effects of soybean oil supplementation on performance, digestion and metabolism of early lactation dairy cows fed sugarcane-based diets. *Animal* 13:1198–1207. doi:10.1017/S1751731118002781.

SANTOS, G.C. de L., S.G. Neto, and L.R. Bezerra. 2019. Uso de tortas na alimentação de vacas leiteiras: uma revisão Use of cakes to feed dairy cows: a review.

SANTOS, M.V.F. dos, F.F.R. de Carvalho, and M. de A. Ferreira. 2022. Palma Forrageira: Potencial e Perspectivas. 2a ed. M.V.F. dos Santos, F.F.R. de Carvalho, and M. de A. Ferreira, ed. Recife - PE.

SCHINGOETHE, D.J. 2017. A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows. *J Dairy Sci* 100:10143–10150. doi:10.3168/jds.2017-12967.

SCHULTZ, E.B., S. de M. Goulart, I.S. Garcia, R.M. do Amaral, and J.A.S. Grossi. 2019. Torta da polpa de macaúba na dieta de cabras leiteiras. *VETERINÁRIA NOTÍCIAS* 25:67–81. doi:10.14393/vtn-v25n1-2019.5.

SILVA, F.J.S. da, D.M. de Lima Júnior, V.V.S. de Almeida, A.C. Oliveira, B.D.O. Fernandes, A.P. Souza, F.F.R. de Carvalho, and A.N. de Medeiros. 2022. Coconut fruit pulp by-product in the diet of sheep. *Trop Anim Health Prod* 54. doi:10.1007/s11250-022-03368-4.

SILVA, H.G. de O., A.J.V. Pires, F.F. Silva, C.M. Veloso, G.G.P. Carvalho, A.S. Cezário, and C.C. Santos. 2005. Farelo de Cacau (*Theobroma cacao* L.) e Torta de Dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) na Alimentação de Cabras em Lactação: Consumo e Produção de Leite. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34:1786–1794.

SILVA, J.N., A.C. Araújo, E.P. Santos, J.P. de Holanda Neto, and T.T.L. Alves. 2011. PARAMETROS E DETERMINANTES DA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DO LEITE CAPRINO PARAMETERS AND DETERMINANTS OF PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITY OF GOAT MILK 32–38.

- SILVA, M.M.C. da, Ma.T. Rodrigues, C.A.F. Rodrigues, R.H. Branco, M.I. Leão, A.C.M. de Magalhães, and R. da S. Matos. 2007. Efeito da suplementação de lipídios sobre a digestibilidade e os parâmetros da fermentação ruminal em cabras leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36:246–256.
- SILVA, T.G.P., L.A. Lopes, F.F.R. de Carvalho, P.C. Soares, A. Guim, V.A. Silva, and M.V. Batista. 2023. Blood biochemical parameters of lambs fed diets containing cactus cladodes. *Arq Bras Med Vet Zootec* 75:48–60. doi:10.1590/1678-4162-12833.
- SOARES, Gliére Silmara Leite. Perfil metabólico de cabras leiteiras híidas durante o período de transição. 2017. 79 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Sanidade e Reprodução de Ruminantes) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns.
- SOUZA, J. de, C.L. Preseault, and A.L. Lock. 2018. Altering the ratio of dietary palmitic, stearic, and oleic acids in diets with or without whole cottonseed affects nutrient digestibility, energy partitioning, and production responses of dairy cows. *J Dairy Sci* 101:172–185. doi:10.3168/jds.2017-13460.
- SOUZA, J.G. de, and C.V.D.M. Ribeiro. 2021a. Biohidrogenação ruminal e os principais impactos no perfil de ácidos graxos da carne: revisão. *Research, Society and Development* 10:e28101321039. doi:10.33448/rsd-v10i13.21039.
- SRIVASTAVA, A., N. Singh, and V. Mudgal. 1994. EFFECT OF VARYING LEVELS OF DIETARY ENERGY ON FEED UTILIZATION AND MILK PRODUCTION IN BEETAL GOATS.
- TEIXEIRA, R. de C.M. de A., M. del C.B. Molina, E. Zandonade, and J.G. Mill. 2007. Risco Cardiovascular em Vegetarianos e Onívoros: um Estudo Comparativo.
- VALENÇA BISPO, S., M. de Andrade Ferreira, A. Sherlânea Chaves Vêras, Â. Maria Vieira Batista, R. Alexandre Silva Pessoa, and M. Pimentel Bleuel. 2007. Correspondências devem ser enviadas *Revista Brasileira de Zootecnia* Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos 1 1902–1909.
- VARGAS-BELLO-PÉREZ, E., N.C. Pedersen, J. Khushvakov, Y. Ye, R. Dhakal, H.H. Hansen, L. Ahrné, and B. Khakimov. 2022. Effect of Supplementing Dairy Goat Diets With Rapeseed Oil or Sunflower Oil on Performance, Milk Composition, Milk Fatty Acid Profile, and in vitro Fermentation Kinetics. *Front Vet Sci* 9. doi:10.3389/fvets.2022.899314.
- VASTA, V., M. Daghighi, A. Cappucci, A. Buccioni, A. Serra, C. Viti, and M. Mele. 2019. Invited review: Plant polyphenols and rumen microbiota responsible for fatty acid biohydrogenation, fiber digestion, and methane emission: Experimental evidence and methodological approaches. *J Dairy Sci* 102:3781–3804. doi:10.3168/jds.2018-14985.
- YOUSEF, M.A., M.H. Farouk, H.H. Azzaz, M.S.A. Khattab, A.M. Abd El Tawab, and M. El-Sherbiny. 2022. Feeding Corn Oil in a Nanoemulsified Form Alters the Unsaturated Fatty Acids in the Milk of Zaraibi Dairy Goats. *Animals* 12. doi:10.3390/ani12192559.
- ZIA, M.A., S.H. Shah, S. Shoukat, Z. Hussain, S.U. Khan, and N. Shafqat. 2022. Physicochemical features, functional characteristics, and health benefits of cottonseed oil: A review. *Brazilian Journal of Biology* 82. doi:10.1590/1519-6984.243511.

ANEXOS



1. Imagem de fezes de cabras alimentadas com dietas sem POEM.



2. Imagem de fezes de cabras alimentadas com dietas contendo POEM, de notar a presença de grãos de milho e soja componentes do concentrado ofertado.

