



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MAYARA SILVA DE ARAÚJO

PARÂMETROS NUTRICIONAIS, COMPOSIÇÃO E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS
DO LEITE DE CABRAS ALIMENTADAS COM LÍQUIDO DA CASCA DA
CASTANHA DO CAJU

FORTALEZA

2022

MAYARA SILVA DE ARAÚJO

PARÂMETROS NUTRICIONAIS, COMPOSIÇÃO E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO
LEITE DE CABRAS ALIMENTADAS COM LÍQUIDO DA CASCA DA CASTANHA DO
CAJU

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal do Ceará (UFC) como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Zootecnia. Área de concentração: Nutrição de Ruminantes.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Elzania Sales Pereira

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A69p Araújo, Mayara Silva de.
Parâmetros nutricionais, composição e perfil de ácidos graxos do leite de cabras alimentadas com líquido da casca da castanha do caju / Mayara Silva de Araújo. – 2022.
54 f.
- Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2022.
Orientação: Profª. Dra. Elzania Sales Pereira.
1. Aditivos. 2. Biohidrogenação. 3. Cabras leiteiras. 4. Proteína bruta microbiana. 5. Ácido linoléico conjugado. I. Título.

CDD 636.08

MAYARA SILVA DE ARAÚJO

PARÂMETROS NUTRICIONAIS, COMPOSIÇÃO E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO
LEITE DE CABRAS ALIMENTADAS COM LÍQUIDO DA CASCA DA CASTANHA DO
CAJU

Tese apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Zootecnia, da Universidade
Federal do Ceará (UFC) como requisito
parcial para obtenção do título de Doutora em
Zootecnia. Área de concentração: Nutrição de
Ruminantes.

Aprovado em: 29/07/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Elzania Sales Pereira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof^ª. Dra. Andréa Pereira Pinto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Aderson Martins Viana Neto
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Luciano Pinheiro da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Aníbal Coutinho do Rêgo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

*À minha família, em especial à minha mãe,
Aurani Araújo, exemplo de FORÇA,
CORAGEM e GARRA, minha maior
inspiração.*

*À minha tia, **Rita Lopes** (In Memoriam) por
tanto carinho e amor.*

Aos meus mestres,

À Zootecnia,

Aos Animais.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

À Deus pela dádiva da vida, saúde e força a mim concedida.

À minha família, meus pais, Aurani Silva de Araújo e Marcos Antônio Carneiro de Araújo, pela educação, apoio e incondicional amor.

Aos meus irmãos, Aurymaicon Araújo, Maydson Araújo, Mayane Araújo e Matheus Araújo, pelo suporte, torcida e por serem incentivadores dos meus projetos.

À Universidade Federal do Ceará – UFC, instituição do qual me orgulho de fazer parte e por contribuir para a minha formação profissional.

À Embrapa Caprinos e Ovinos, na pessoa do Dr. Marco Aurélio Delmondes Bomfim pela parceria e por ter disponibilizado os animais para a execução da pesquisa.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

À minha orientadora, Profa. Elzania Sales Pereira, mulher de fibra, forte, competente, profissional de excelência, agradeço a oportunidade concedida, os direcionamentos e orientações repassadas.

A banca examinadora, Profa. Andrea Pereira, Prof. Anibal Coutinho, Prof. Aderson e Prof. Luciano Pinheiro, pela disponibilidade, contribuições, correções e sugestões de melhoria e aperfeiçoamento do estudo.

À coordenação da pós-graduação, especialmente à Francisca das Chagas Gomes Beserra, por todo empenho, atenção, paciência e suporte.

Aos profissionais do Laboratório de Nutrição Animal (LANA), por toda ajuda, apoio e colaboração durante as análises.

Ao laboratório de Laticínios do Departamento de Engenharia de Alimentos da UFC, e aos seus grandes colaboradores: Profa. Juliane Doering, Gizele Almada e Lívia Machado pela disponibilidade de utilização do laboratório, acompanhamento e apoio durante as análises laboratoriais e aos diversos momentos compartilhados, vocês são especiais e inspiração por tamanho profissionalismo e generosidade.

Aos colegas de experimento, Saulo, Catarina, Clarice, Judite, Joshua, Ramon, Américo, Letícia, Martina e Bárbara pelo empenho, dedicação, compromisso, determinação e amizade durante e após a execução da pesquisa.

Aos colegas de pós-graduação, Marcilio Mendes, Denise Azevedo, Juliana Rodrigues, Monalisa Eva, Nielyson Batista, Thiago Araújo, Dayanne Sousa, Vinicius Sena, Andreza Andrade, Samuel França, Leila Tavares e Valquíria Sousa por inúmeros momentos de

trabalho e de descontração vividos durante essa jornada, gratidão.

Aos amigos sinceros e de afeto recíproco, gratidão pela amizade, companheirismo, paciência e força que me foi dada, especialmente nos momentos de fragilidade.

Aos funcionários da Universidade Federal do Ceará, professores e colegas da pós-graduação, que gentilmente me abraçaram de forma fraterna e possibilitaram a realização deste trabalho.

A todos que contribuíram para que essa conquista fosse alcançada.

Gratidão!

“Portanto, não percam a coragem, pois
ela traz uma grande recompensa”.
(Hebreus 10:35)

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão crescente do líquido da casca da castanha do caju na dieta de cabras leiteiras sobre o desempenho animal, produção e qualidade do leite caprino. Foram utilizadas um total de 8 cabras Saanen entre a segunda e terceira ordem de lactação com peso corporal (PC) médio de $54,30 \pm 9,45$ kg, com média de produção leiteira de $2,41 \pm 0,56$ kg leite/dia. Os animais foram distribuídos em um quadrado latino duplo 4 x 4. As dietas experimentais consistiram em uma dieta controle (T1) sem inclusão de líquido da casca da castanha do caju (LCC g/kg na matéria seca) e com inclusões de 5 g (T2), 15 g (T3) e 20 g (T4) de LCC/kg na matéria seca (MS). Os consumos de MS (CMS kg/dia; %PC; g/kg^{0,75}PC), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB, kg/dia; %PC; g/kg^{0,75}PC), fibra em detergente neutro (CFDN, kg/dia; %PC; g/kg^{0,75}PC), carboidratos totais (CCT), carboidratos não-fibrosos (CCNF), energia digestível (CED, P = 0,750), energia metabolizável (CEM, P = 0,749) e energia líquida para lactação (CELL, P = 0,805) expressos em Mcal/kg de MS, assim como os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes não foram influenciados (P > 0,05) pela inclusão de LCC. No entanto, o consumo de extrato etéreo (CEE) aumentou linearmente (P < 0,001) com a inclusão de LCC. A absorção dos derivados de purinas (AbsDP), excreção total de (DP) (mmol/dia) e síntese de proteína bruta microbiana (PBmic) (g/dia) apresentaram resposta quadrática com o aumento dos níveis de LCC. A composição do leite não sofreu influência (P > 0,05) pela inclusão de LCC, entretanto, o nitrogênio uréico do leite (NUL) (mg/dL) apresentou resposta linear (P < 0,001). Os ácidos graxos (C15:0 [P = 0,021]; C17:0 [P = 0,029]; C18:0 [P = 0,045]; C18:1- *trans* 9 [P = 0,001] e C18:3- n3 [P = 0,007]) presentes no leite, bem como a soma parcial dos ácidos graxos ômega 3 ($\Sigma n3$) e as relações PUFA/SFA, n6:n3, n3:n6 e PUFA/MUFA apresentaram crescimento linear (P < 0,05) com a inclusão do LCC. Assim, o líquido da casca da castanha do caju surge como uma estratégia promissora, atuando como um aditivo eficaz para a formulação de planos alimentares destinados a cabras lactantes, com o objetivo de aumentar a concentração de ácidos graxos bioativos no leite, potencializando seus benefícios nutricionais. Os resultados reforçam a hipótese de que a inclusão de LCC na alimentação de ruminantes leiteiros pode modificar o perfil lipídico do leite de forma benéfica para a saúde humana sem comprometer suas variáveis nutricionais.

Palavras-chave: aditivos; biohidrogenação; cabras leiteiras; proteína bruta microbiana; ácido linoléico conjugado.

ABSTRACT

The aim was to evaluate the effects of increasing levels of cashew nutshell liquid (CNSL) inclusion in the diet of dairy goats on animal performance, milk yield, and goat milk quality. A total of eight Saanen goats in their second to third lactation, with an average body weight (BW) of 54.30 ± 9.45 kg and an average milk yield of 2.41 ± 0.56 kg/day, were used. The animals were allocated in a 4×4 double Latin square design. The experimental diets consisted of a control diet (T1) with no CNSL inclusion (g/kg dry matter [DM]) and diets with the inclusion of 5 g (T2), 15 g (T3), and 20 g (T4) of CNSL per kg of DM. The intake of DM (DMI, kg/day; %BW; g/kg^{0.75} BW), organic matter (OMI), crude protein (CPI, kg/day; %BW; g/kg^{0.75} BW), neutral detergent fiber (NDFI, kg/day; %BW; g/kg^{0.75} BW), total carbohydrates (TCI), and non-fibrous carbohydrates (NFCI), as well as digestible energy (DEI, P = 0.750), metabolizable energy (MEI, P = 0.749), and net energy for lactation (NELI, P = 0.805) expressed in Mcal/kg of DM, and nutrient digestibility coefficients, were not influenced (P > 0.05) by CNSL inclusion. However, ether extract intake (EEI) increased linearly (P < 0.001) with CNSL inclusion. The absorption of purine derivatives (PDA), total purine excretion (TPE, mmol/day), and microbial crude protein synthesis (MCPS, g/day) exhibited a quadratic response to increasing CNSL levels. Milk composition was not affected (P > 0.05) by CNSL inclusion, although milk urea nitrogen (MUN, mg/dL) showed a linear response (P < 0.001). Fatty acids such as (C15:0 [P = 0.021]; C17:0 [P = 0.029]; C18:0 [P = 0.045]; C18:1- *trans* 9 [P = 0.001] e C18:3- n3 [P = 0.007]) and C18:3-n3 (P = 0.007), along with the partial sum of omega-3 fatty acids ($\Sigma n3$) and the PUFA/SFA, n6:n3, n3:n6, and PUFA/MUFA ratios, exhibited a linear increase (P < 0.05) with CNSL inclusion. Therefore, cashew nutshell liquid emerges as a promising strategy, acting as an effective feed additive for dairy goats, aiming to enhance the concentration of bioactive fatty acids in milk and improve its nutritional benefits. The results support the hypothesis that CNSL inclusion in dairy ruminant diets can beneficially alter milk lipid profile for human health without compromising nutritional variables.

Keywords: additives; biohydrogenation; dairy goats; microbial crude protein; conjugated linoleic acid.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Proporções de ingredientes, composição química e perfil de ácidos graxos (AG) das dietas experimentais	29
Tabela 2 – Efeito da inclusão do líquido da casca da castanha do caju no consumo e digestibilidade dos nutrientes	37
Tabela 3 – Efeito da inclusão do líquido da casca da castanha do caju na excreção de derivados de purinas em cabras leiteiras.....	38
Tabela 4 – Efeito da inclusão do líquido da casca da castanha do caju na produção e composição do leite de cabras.....	39
Tabela 5 – Efeito da inclusão do líquido da casca da castanha do caju no perfil de ácidos graxos do leite de cabras.....	40
Tabela 6 – Efeito da inclusão do líquido da casca da castanha do caju no somatório de ácidos graxos, relações, índices lipídicos e atividade de enzimas no leite de cabras.....	41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	13
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Produção e composição do leite de cabra	15
2.2	Aditivos na nutrição de ruminantes	16
2.3	Líquido da casca da castanha do caju	17
2.4	Modulação da fermentação ruminal e síntese de proteína microbiana.....	19
2.5	Biohidrogenação e perfil de ácidos graxos no leite.....	21
3	PARÂMETROS NUTRICIONAIS, COMPOSIÇÃO E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE DE CABRAS ALIMENTADAS COM LÍQUIDO DA CASCA DA CASTANHA DO CAJU.....	24
3.1	INTRODUÇÃO	26
3.2	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.2.1	<i>Animais, delineamento experimental e dietas.....</i>	28
3.2.2	<i>Consumo e digestibilidade dos nutrientes</i>	31
3.2.3	<i>Síntese da proteína microbiana.....</i>	31
3.2.4	<i>Produção de leite de cabras.....</i>	32
3.2.5	<i>Amostragens e análises químicas</i>	33
3.2.6	<i>Perfil de ácidos graxos do leite de cabra</i>	34
3.2.7	<i>Análises estatísticas</i>	35
4	RESULTADOS	36
4.1	<i>Consumo e digestibilidade dos nutrientes</i>	36
4.2	<i>Derivados de Purina.....</i>	38
4.3	<i>Produção e composição do leite de cabras.....</i>	38
4.4	<i>Perfil de ácidos graxos do leite</i>	39
5	DISCUSSÃO	42
6	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO GERAL

A busca por práticas agropecuárias sustentáveis e a crescente preocupação com a saúde e a qualidade de vida têm impulsionado mudanças significativas na produção de alimentos de origem animal (Leroy et al., 2022; Willett et al., 2019; Toral et al., 2018; Poore & Nemecek, 2018). Nesse contexto, o leite de cabra destaca-se como uma alternativa nutricionalmente superior, devido à sua alta digestibilidade e perfil lipídico diferenciado (Marques de Almeida & Haenlein, 2017; Gantner et al., 2015; Silanikove et al., 2010). O leite de cabra e seus derivados representam uma das principais fontes de ácido linoleico conjugado (CLA) na dieta humana (Bessa et al., 2000), conferindo-lhe propriedades funcionais benéficas à saúde.

A melhoria da qualidade dos produtos de origem animal também reflete a adoção de estratégias nutricionais inovadoras, incluindo o uso de aditivos dietéticos, que podem otimizar a eficiência microbiana e modular o perfil de ácidos graxos do leite e da carne. Os aditivos podem atuar na modulação da fermentação ruminal, influenciando as rotas de biohidrogenação e, conseqüentemente, a composição lipídica dos produtos de origem animal (Van Soest et al., 1994). Embora os antibióticos ionóforos sejam comumente utilizados como aditivos, eles podem apresentar desvantagens, como comprometer a segurança alimentar (Tedeschi et al., 2011), devido ao potencial de aparecimento residual no leite e alimentos derivados (Jayalakshmi & Sumithra., 2017), além de promover o aumento da disseminação da resistência antimicrobiana (Callaway et al., 2023., Benchaar et al., 2008).

Diante desses desafios, os óleos essenciais, especialmente extratos vegetais, têm sido investigados como aditivos alternativos para modular a microbiota ruminal (Calsamiglia et al., 2007; Kobayashi et al., 2016), além dos seus efeitos antimicrobianos terem potencial de impactar a composição e a produção do leite (Benchaar et al., 2007; Tassoul et al., 2009; Tager et al., 2011). Com isso, estratégias alimentares têm sido adotadas para modificar a composição lipídica do leite de cabra, visando otimizar seus benefícios nutricionais, com ênfase na modulação do perfil de ácidos graxos (Bernard et al., 2016; Schettino et al., 2017). No Brasil, a ampla disponibilidade de óleos essenciais torna o líquido da casca da castanha do caju (LCC) um potencial aditivo a ser incluído na suplementação de cabras leiteiras, devido à sua riqueza em compostos bioativos, como compostos fenólicos e antioxidantes (Gaitán-Jiménez et al., 2022; Oliveira et al., 2011; Mazzeto & Lomonaco, 2009).

O LCC apresenta potencial para melhorar o perfil de ácidos graxos do leite, aumentando a proporção de ácidos graxos insaturados e compostos benéficos à saúde humana.

Além dos benefícios nutricionais, seu uso na alimentação de caprinos representa uma abordagem sustentável ao agregar valor a um subproduto da indústria da castanha de caju, reduzindo desperdícios agroindustriais e promovendo modelos produtivos mais responsáveis ambientalmente. No entanto, os impactos da suplementação com LCC sobre a produção e o perfil de ácidos graxos do leite de cabra ainda são pouco conhecidos. Assim, através do atual estudo, objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão do LCC na dieta de cabras leiteiras sobre os parâmetros nutricionais, produtivos e na modulação do perfil de ácidos graxos do leite.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção e composição do leite de cabra

A indústria de leite caprino tem apresentado um crescimento contínuo, impulsionada por estudos que demonstram as propriedades medicinais, nutricionais, imunológicas e biológicas dos seus produtos derivados (Park et al., 2007). Além disso, o leite de cabra é amplamente recomendado como alternativa ao leite bovino, especialmente para indivíduos que possuem distúrbios digestivos ou qualquer tipo de intolerância ao leite (Chávári et al., 2020). Caracterizado por um elevado valor nutricional, o leite caprino contém concentrações expressivas de macronutrientes essenciais, incluindo proteínas, lipídios e carboidratos, além de fornecer vitaminas e minerais em quantidades significativas (Zenebe et al., 2014). O perfil lipídico presente no leite de cabra apresenta maior digestibilidade em comparação ao do leite bovino, devido ao menor diâmetro dos glóbulos de gordura e ao elevado teor de ácidos graxos de cadeia curta e média. Adicionalmente, destaca-se pela presença de ácido linoleico conjugado em quantidades superiores (Turkmen, 2017), bem como por compostos bioativos que desempenham funções imunomoduladoras e contribuem para a prevenção de diversas patologias (Zenebe et al., 2014). Embora a composição nutricional e a produção do leite de cabra apresentem similaridades com as do leite bovino, diversos fatores podem influenciar sua composição, incluindo aspectos genéticos, fisiológicos e nutricionais (Park, 2017). Dessa forma, o crescente interesse nesse setor reflete não apenas sua importância nutricional, mas também seu potencial no desenvolvimento e na função cerebral, além de sua capacidade de reduzir a incidência de trombozes, aterosclerose e outras doenças cardiovasculares em humanos (Shahidi e Ambigaipalan, 2018; Gómez-Cortés et al., 2018).

A integração dos manejos reprodutivo, sanitário e o manejo nutricional é fundamental para um sistema de produção eficiente (Simões *et al.*, 2021). Do ponto de vista nutricional, as dietas devem ser formuladas para atender as exigências energéticas, proteicas, vitamínicas e de minerais nas diferentes fases produtivas do animal (McGrath *et al.*, 2018). O uso de estratégias alimentares desempenham papel importante nos sistemas de produção animal, influenciando diretamente na saúde, produtividade e qualidade dos produtos de origem animal (Vlaicu e Untea, 2024), que aliado ao uso estratégico de aditivos nutricionais, pode otimizar o metabolismo dos animais, melhorar a eficiência alimentar (BR-LEITE, 2024), potencializar o desempenho animal, manipular a fermentação ruminal mitigando desafios metabólicos durante o ciclo produtivo dos animais (Osmari et al., 2015; Calsamiglia et al.,

2007), bem como influenciar na composição e no perfil de ácidos graxos do leite (Ferreira de Jesus et al., 2016).

Uma das estratégias nutricionais é a utilização de diferentes fontes lipídicas na dieta de ruminantes como potenciais modificadores da fermentação ruminal (Chilliard et al., 2007), o que pode promover alteração na rota do hidrogênio pelos microorganismos ruminais, além de promover aumento no teor energético da dieta e reduzir a metanogênese (Brask *et al.*, 2013; Pereira *et al.*, 2016; Rodrigues *et al.*, 2018). Em seu trabalho, Santos (2018) observou que a inclusão de ácido ricinoleico e líquido da casca da castanha do caju (LCC) resultou em uma maior produção de propionato no rúmen e, consequentemente, uma maior produção total de ácidos graxos voláteis (AGVs), além de uma redução na proporção de acetato em relação aos demais AGVs.

Pereira *et al.* (2010) relataram que a inclusão de óleo de rícino como um suplemento na alimentação de cabras leiteiras modificou os teores da composição química do leite, em especial os níveis de gordura, além de acentuar características sensoriais. Do contrário, a suplementação de óleos vegetais na dieta não afetou as características sensoriais do queijo oriundo do leite caprino, o que pode ter ocorrido devido a fatores tecnológicos resultantes do processo de fabricação.

2.2 Aditivos na nutrição de ruminantes

Os aditivos desempenham um papel essencial na nutrição de ruminantes ao modificar a atividade microbiana ruminal, promovendo maior eficiência digestiva e otimizando a conversão alimentar (Hutjens, 1991; França, 2011; Carvalho, 2022). Esses compostos são amplamente utilizados para melhorar o aproveitamento dos nutrientes, reduzir a excreção de metabólitos indesejáveis e minimizar perdas energéticas associadas à fermentação ruminal. Além disso, sua inclusão na dieta contribui na redução dos custos de produção e para a manutenção da qualidade e sustentabilidade dos sistemas produtivos (Sakamura et al., 2014).

Entre os principais aditivos empregados na alimentação de ruminantes, destacam-se os ionóforos, compostos antimicrobianos que atuam seletivamente sobre a microbiota do rúmen. Esses promovem a inibição do crescimento de bactérias Gram-positivas, favorecendo populações Gram-negativas que aumentam a produção de propionato em detrimento de ácido acético e ácido láctico, reduzindo, assim, a produção de metano entérico (Berchielli et al., 2011). Esse mecanismo de ação resulta em maior eficiência na utilização de energia pelos ruminantes e menor impacto ambiental decorrente da fermentação entérica (Russell e Strobel, 1989;

McGuffey et al., 2001). Além dos ionóforos, aditivos não ionóforos, antibióticos e probióticos têm sido amplamente estudados e empregados com o objetivo de modular a fermentação ruminal e otimizar o desempenho animal. Probióticos, como leveduras e bactérias ácido-láticas promovem a estabilização do ambiente ruminal, favorecendo a degradação da fibra e melhorando a absorção de nutrientes (Chaucheyras-Durand et al., 2010). Os prebióticos, por sua vez, estimulam seletivamente o crescimento de microrganismos benéficos, potencializando a fermentação ruminal e a saúde intestinal dos animais (Callaway et al., 2008).

A inclusão desses aditivos torna-se ainda mais relevante em dietas com alta proporção de concentrado, pois auxilia na mitigação de distúrbios metabólicos, como acidose ruminal, ao modular a fermentação dos carboidratos e reduzir a variação excessiva do pH ruminal (Diaz et al., 2015). A busca por alternativas naturais aos antibióticos convencionais também tem impulsionado o desenvolvimento de novos aditivos, como extratos vegetais, óleos essenciais e taninos, que apresentam propriedades antimicrobianas e antioxidantes, promovendo benefícios similares aos ionóforos sem os efeitos adversos relacionados ao seu uso prolongado (Benchaar et al., 2008; Calsamiglia et al., 2007). O uso estratégico de aditivos nutricionais na alimentação de ruminantes representa uma ferramenta valiosa para aprimorar a eficiência produtiva, garantir a sustentabilidade dos sistemas de produção e contribuir para a saúde animal, sendo essencial o avanço das pesquisas para otimizar suas aplicações e potencializar seus benefícios.

2.3 Líquido da casca da castanha do caju (LCC)

O líquido da casca da castanha do caju (LCC) é considerado um óleo essencial reconhecido por suas propriedades antimicrobianas (Adetunji et al., 2020) e por sua atividade antioxidante, sendo rico em lipídios fenólicos. Além disso, pode ser incorporado às dietas de ruminantes, atuando como uma fonte de energia e antioxidante natural (Araujo et al., 2023). Possui em sua composição os ácidos anacárdico, cardol e cardanol, onde os mesmos apresentam comprovadas atividades antimicrobianas e antioxidantes, o qual vem aumentando as pesquisas como um possível aditivo na dieta de ruminantes (Benchaar *et al.*, 2008; Watanabe et al., 2010; Shinkai et al., 2012; Branco et al., 2015; Oh et al., 2017; Aderinboye et al., 2018; Konda et al., 2019; Maeda et al., 2021; Su et al., 2021; Araujo et al., 2023). De forma específica, o ácido anacárdico é composto por fenólicos biossintetizados a partir de ácidos graxos, constituem cerca de 70 a 90% do LCC natural e apresenta propriedades cáusticas e irritantes. O cardol apresenta estrutura semelhante ao ácido anacárdico, apresentando uma segunda hidroxila no anel

aromático e compoendo cerca de 10% do LCC (Mazzetto *et al.*, 2009). O cardanol é um componente monofenólico do LCC que possui insaturações e inúmeras aplicações como: aditivos antioxidantes, estabilizantes, lubrificantes e polímeros, além de elevada atividade antimicrobiana e antitumoral (Mazzetto *et al.*, 2009; Palvannan & Balagurunathan, 2012). O LCC também possui alto teor de lipídios totais sendo em sua maioria considerada como ácidos graxos insaturados (82,1%), onde 98,6% desses são compostos de ácidos oléico, linoléico e ácidos graxos essenciais. Dessa forma, o LCC é considerado um óleo funcional devido suas funções e características seletivas no organismo animal (Gandra *et al.*, 2022; Michailoff *et al.*, 2020). Os compostos presentes no LCC podem intervir em vários processos bioquímicos, como inibir o desenvolvimento de um grupo específico de bactérias, modular o perfil de ácidos graxos ruminais, além de reduzir a metanogênese e perdas metabólicas. Além de agir como aditivos melhorando o metabolismo microbiano, favorecendo o aumento das concentrações de propionato no rúmen e a digestibilidade total da dieta (Kang *et al.*, 2018; Jayeola *et al.*, 2018; Michailoff *et al.*, 2020).

O uso do LCC como aditivo tem sido relatado por reduzir as emissões entéricas de metano (CH₄) em 18–73% em estudos *in vitro* (Watanabe *et al.*, 2010; Danielsson *et al.*, 2014, Maeda *et al.*, 2021) e em 19,3–38,3% *in vivo* (Shinkai *et al.*, 2012; Konda *et al.*, 2019; Maeda *et al.*, 2021), além de efeitos como mitigação de metano e aumento do propionato em vacas secas Holandesas colocadas em uma câmara de respiração de circuito aberto (Shinkai *et al.*, 2012), não apresentando efeitos adversos sobre o consumo e digestibilidade da ração e na produção de leite (Coutinho *et al.*, 2014), esses efeitos também foram relatados em ovelhas (Kang *et al.*, 2018). Além disso, a adição do LCC pode reduzir distúrbios metabólicos (como acidose láctica) em animais alimentados com dietas ricas em grãos, uma vez que o LCC inibe o crescimento da *Streptococcus bovis*, bactérias produtoras de lactato, e diminui a viscosidade do fluido ruminal, evitando timpanismo. A praticidade aliada à essas características pode tornar o LCC como aditivo potencial em sistemas de confinamento de bovinos de corte, caracterizados principalmente pelo fornecimento de dietas com alto teor de carboidratos fermentescíveis (Oh *et al.*, 2017).

Ainda não há um consenso sobre os níveis ideais de inclusão do LCC na alimentação de diferentes categorias e espécies de ruminantes, o que resulta em uma ampla variabilidade de respostas reportadas na literatura. Ramos *et al.* (2021) avaliaram a suplementação de LCC em dietas para cordeiros nos níveis de 0; 7,5; 15 e 22,5 g/kg de matéria seca (MS) e observaram que a inclusão em níveis moderados, entre 7,5 e 15 g/kg MS, promoveu melhoras significativas no consumo de matéria seca (CMS), no ganho médio diário (GMD) e

no peso corporal ao abate. Aderinboye et al. (2018) observaram que a suplementação de LCC em dietas para cabras, nos níveis de 0, 5, 10 e 15 ml/kg, resultou em um aumento significativo na digestibilidade da proteína *in vivo*. Esse efeito foi atribuído à maior eficiência de utilização da proteína, especialmente na inclusão de 15 ml/kg de MS, sugerindo que o LCC pode inibir a degradação proteica no rúmen e potencializar o fluxo de proteínas não degradáveis no rúmen para o intestino. Por outro lado, os efeitos do LCC sobre a digestibilidade variam de acordo com a espécie animal, a composição da dieta e a concentração do aditivo. Diaz (2013), ao avaliar diferentes níveis de concentrado (200, 400, 600, 800 e 1000 g/kg de MS) e de LCC (0; 0,3; 0,6 e 1,2 kg/kg de MS), além de uma dieta controle baseada exclusivamente em silagem de milho, verificou que a inclusão do LCC técnico acima de 0,5 g/kg de MS reduziu a digestibilidade *in vitro* da matéria seca. De forma semelhante, Osmari et al. (2017) não observaram efeitos significativos no consumo e na digestibilidade total dos nutrientes em bovinos alimentados com dietas de alto teor de grãos contendo LCC (0; 300; 600 e 1200 mg de LCC/kg de MS do concentrado). No entanto, o aditivo utilizado nesses experimentos era composto predominantemente por cardanol e cardol, sem a presença de ácido anacárdico, o que pode ter influenciado os resultados. Apesar disso, o LCC promoveu um aumento no pH ruminal, embora não tenha alterado significativamente a concentração de amônia ruminal. Estudos conduzidos por Oh et al. (2017) indicam que os compostos bioativos do LCC podem interferir em processos bioquímicos no rúmen, modulando a microbiota ruminal, inibindo o crescimento de determinados grupos de bactérias e alterando o perfil de ácidos graxos. Além disso, a inclusão do LCC na dieta pode reduzir a produção de gás metano, diminuindo as perdas metabólicas associadas à fermentação entérica.

Esses achados sugerem que a suplementação com LCC, dentro de uma faixa específica, pode potencializar o desempenho produtivo dos animais, resultando em maior peso final e, conseqüentemente em maior eficiência produtiva. No entanto, estudos adicionais são necessários para determinar as concentrações ótimas e os possíveis efeitos a longo prazo dessa estratégia nutricional em diferentes espécies e sistemas de produção.

2.4 Modulação da fermentação ruminal e síntese de proteína microbiana

A compreensão da diversidade microbiana e da dinâmica ruminal é essencial não apenas para otimizar a eficiência energética e produtiva de ruminantes, mas também para reduzir a emissão de gases de efeito estufa, contribuindo para sistemas de produção mais sustentáveis (Hassan et al., 2020). Dentre os compostos bioativos com potencial modulador da

fermentação ruminal, os compostos fenólicos destacam-se devido à sua capacidade de atuar em baixas concentrações. Estudos demonstram que, quando administrados em doses adequadas, esses compostos podem suprimir populações de protozoários, estimular o crescimento de bactérias e fungos específicos, aumentar a produção de propionato e reduzir a metanogênese, resultando em um perfil lipídico mais favorável no leite e na carne, por meio da modulação da biohidrogenação ruminal (Patra et al., 2012). Os compostos fenólicos presentes no LCC possuem um mecanismo de ação que inibe bactérias produtoras de substratos para a metanogênese, ao mesmo tempo em que favorece o crescimento de populações microbianas associadas à produção de propionato e succinato, como as dos gêneros *Prevotella* e *Succinivibrio*. Esse efeito antimicrobiano do LCC promove uma alteração na composição da microbiota ruminal, resultando em menor síntese de metano e maior produção de propionato, uma vez que ambas as vias competem pelo hidrogênio metabólico disponível no rúmen (Watanabe et al., 2010; Shinkai et al., 2012; Ungerfeld, 2015; Oh et al., 2017; Konda et al., 2019; Su et al., 2021). No entanto, alguns estudos não observaram efeitos significativos da suplementação de LCC sobre a microbiota e a fermentação ruminal, sendo essa variação possivelmente atribuída ao uso do LCC técnico, que parece ter funcionalidade reduzida (Branco et al., 2015; Su et al., 2021).

A degradação dos componentes da dieta pelos microrganismos ruminais resulta principalmente na produção de AGVs e trifosfato de adenosina (ATP), o qual promove o crescimento microbiano. A proteína microbiana sintetizada no rúmen representa entre 50% e 80% da proteína disponível para absorção no intestino delgado dos ruminantes, sendo uma fonte essencial de aminoácidos para a síntese proteica do leite e da carne (Firkins et al., 2007). Entretanto, a proteína microbiana ruminal pode ser insuficiente para atender às demandas nutricionais de animais de alta produção, tornando necessária a suplementação proteica, prática que pode elevar os custos da alimentação e aumentar a excreção de nitrogênio no ambiente, devido à baixa eficiência de utilização desse elemento (Benchaar et al., 2008). Os protozoários ruminais desempenham um papel negativo na retenção de nitrogênio, pois são capazes de digerir um grande número de bactérias, reduzindo o fluxo líquido de proteína microbiana do rúmen para o duodeno. Além disso, apresentam elevada atividade proteolítica e de desaminação, contribuindo para a conversão de aminoácidos em amônia, que pode ser excretada em fezes e urina. A remoção seletiva desses protozoários no rúmen pode aumentar a eficiência do metabolismo do nitrogênio, elevando o fluxo de proteína microbiana para o intestino e reduzindo perdas metabólicas (Benchaar et al., 2008; Wang et al., 2012). Os compostos fenólicos demonstram potencial para modular a microbiota ruminal e reduzir populações de

protozoários, melhorando a utilização de nitrogênio na dieta e aumentando o fluxo de proteína microbiana para o intestino delgado. Esse efeito pode estar associado à inibição da desaminação e à redução da atividade de bactérias produtoras de amônia, como observado por Calsamiglia et al. (2007) e Patra et al. (2012).

A digestibilidade aparente total da proteína em bovinos pode ser influenciada pelos níveis de inclusão do LCC, sendo que doses de 2 a 4 g/dia demonstraram aumentar o fluxo de nitrogênio para o intestino delgado, reduzindo a fermentação de peptídeos e aminoácidos no rúmen, o que, por consequência, diminui a concentração de amônia ruminal, especialmente em dietas com alto teor de grãos ou contendo fontes de nitrogênio não proteico (Coneglian, 2009; Osmari et al., 2015). Entretanto, os efeitos do LCC sobre a eficiência de utilização do nitrogênio ainda não são conclusivos. De Jesus et al. (2016), ao avaliar a inclusão de uma mistura de LCC e óleo de rícino (Essential®) em vacas leiteiras, não observaram impacto significativo na eficiência de síntese de proteína microbiana. Da mesma forma, Branco et al. (2015), avaliando o LCC técnico na dieta de vacas, não verificaram efeito sobre a excreção de derivados de purinas e a síntese de proteína microbiana. El-Zaiat et al. (2020) investigaram o uso de nitrato encapsulado (EN) combinado com LCC na dieta de cordeiros Santa Inês e também não identificaram alterações na excreção e absorção de derivados de purinas. Além disso, Michailof et al. (2020) avaliaram diferentes níveis de óleos funcionais extraídos da mamona e do LCC na dieta de ovinos e não encontraram efeitos sobre o balanço de nitrogênio ou sobre a síntese de proteína microbiana. Resultados divergentes foram encontrados por Gandra et al. (2022), que relataram que a inclusão de óleo de mamona e LCC na dieta de vacas Jersey impactou significativamente o balanço de nitrogênio, promovendo maior excreção e absorção de derivados de purinas. Essa inconsistência nos achados científicos indica que os efeitos do LCC sobre o metabolismo de nitrogênio e a síntese proteica microbiana podem depender de múltiplos fatores, como a composição da dieta, o nível de inclusão do aditivo e as características específicas da microbiota ruminal dos animais avaliados.

Essas divergências indicam uma necessidade de mais estudos para uma melhor elucidação dos mecanismos de ação do LCC, além de estabelecer diretrizes mais precisas quanto à sua aplicação na nutrição de ruminantes, especialmente no que se refere à eficiência da utilização de nitrogênio e ao seu impacto sobre a sustentabilidade dos sistemas de produção animal.

2.5 Biohidrogenação e perfil de ácidos graxos no leite

A biohidrogenação ruminal é um processo no qual as bactérias ruminais reduzem ácidos graxos insaturados para suas formas mais saturadas, influenciando diretamente o perfil lipídico do leite. A modulação desse processo tem sido estudada como uma estratégia para melhorar a qualidade nutricional do leite, aumentando a concentração de ácidos graxos benéficos, como o ácido linoleico conjugado (CLA). O LCC é um subproduto agroindustrial rico em compostos fenólicos, como ácido anacárdico, cardanol e cardol, conhecidos por suas propriedades antimicrobianas. Esses compostos podem alterar a microbiota ruminal, reduzindo a atividade de bactérias envolvidas na biohidrogenação, resultando em mudanças no perfil de ácidos graxos do leite (Watanabe et al., 2010).

O processo de biohidrogenação ruminal ocorre em três etapas principais: (1) isomerização do ácido linoleico (C18:2) e do ácido α -linolênico (C18:3), formando intermediários como o CLA; (2) hidrogenação parcial, convertendo intermediários insaturados em ácidos graxos trans, como o ácido trans-11 vaccênico; e (3) hidrogenação completa, resultando na formação de ácidos graxos saturados, como o ácido esteárico (C18:0). As bactérias Gram-positivas *Butyrivibrio fibrisolvens* e *Clostridium proteoclasticum* são os principais microrganismos envolvidos nesse processo. Estudos indicam que o LCC pode inibir seletivamente essas bactérias Gram-positivas (Himejima & Kubo, 1991; Kubo et al., 1993), reduzindo a biohidrogenação completa e favorecendo o acúmulo de ácidos graxos insaturados no rúmen. Essa inibição parcial pode aumentar a concentração de intermediários da biohidrogenação, como o CLA e o ácido vaccênico, facilitando sua absorção e incorporação ao leite (Watanabe et al., 2010). A modulação do processo de biohidrogenação ruminal pode influenciar diretamente a composição lipídica do leite. Estudos sugerem que a inclusão de compostos fenólicos na dieta de ruminantes pode reduzir a saturação lipídica, aumentando a concentração de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados no leite, além de favorecer a retenção de ácidos graxos essenciais, como o ácido linoleico (C18:2) e o ácido α -linolênico (C18:3). A suplementação com LCC pode reduzir a produção de metano ruminal, redirecionando o fluxo de hidrogênio para outras vias metabólicas, como a síntese de ácidos graxos voláteis e a biohidrogenação incompleta de lipídeos (Shinkai et al., 2012), contribuindo para um maior acúmulo de ácidos graxos insaturados no leite e aumentando seu valor nutricional.

Em estudos conduzidos por Watanabe et al. (2010), observou-se um aumento na concentração de ácido vaccênico e CLA no leite de animais suplementados com dietas contendo LCC, atribuído à redução da conversão desses intermediários em ácido esteárico devido à

inibição da ação de *Butyrivibrio spp.* Coutinho et al. (2014), ao avaliarem os efeitos da suplementação com LCC em dietas para vacas leiteiras, relataram que não houve alteração significativa na produção e composição do leite, embora tenha sido observado um aumento linear na concentração de ácidos graxos C13:1 n-5 e C16:1 n-7, assim como uma redução na concentração de ácido caprótico. Branco et al. (2015) investigaram os efeitos do LCC técnico na dieta de vacas em lactação e verificaram redução na concentração dos ácidos graxos C4:0, C14:0 iso e C18:0, além de um aumento na concentração de C13:0.

A indústria do leite caprino tem se consolidado como um setor promissor, impulsionado não apenas pelo seu alto valor nutricional e propriedades funcionais, mas também pelo avanço de estratégias de manejo e nutrição voltadas à otimização da produção. O aprimoramento das dietas, com a inclusão de fontes lipídicas e aditivos nutricionais, demonstra impacto significativo na eficiência alimentar, no metabolismo dos animais e na qualidade do leite produzido. Além disso, as evidências científicas sugerem que a modulação da fermentação ruminal pode influenciar diretamente na composição do leite, melhorando seu perfil lipídico e potencializando suas propriedades benéficas. Assim, a adoção de práticas nutricionais inovadoras e o desenvolvimento contínuo de pesquisas são fundamentais para o crescimento sustentável do setor, garantindo produtos de alta qualidade e contribuindo para a saúde dos consumidores.

3 PARÂMETROS NUTRICIONAIS, COMPOSIÇÃO E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE DE CABRAS ALIMENTADAS COM LÍQUIDO DA CASCA DA CASTANHA DO CAJU

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão crescente do líquido da casca da castanha do caju na dieta de cabras leiteiras sobre o desempenho animal, produção e qualidade do leite caprino. Foram utilizadas um total de 8 cabras Saanen entre a segunda e terceira ordem de lactação com peso corporal (PC) médio de $54,30 \pm 9,45$ kg, com média de produção leiteira de $2,41 \pm 0,56$ kg leite/dia. Os animais foram distribuídos em um quadrado latino duplo 4 x 4. As dietas experimentais consistiram uma dieta controle (T1) sem inclusão de líquido da casca da castanha do caju (LCC g/kg na matéria seca) e com inclusões de 5 g (T2), 15 g (T3) e 20 g (T4) de LCC/kg na matéria seca (MS). Os consumos de MS (CMS kg/dia; %PC; g/kg^{0,75}PC), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB, kg/dia; %PC; g/kg^{0,75}PC), fibra em detergente neutro (CFDN, kg/dia; %PC; g/kg^{0,75}PC), carboidratos totais (CCT) e carboidratos não-fibrosos (CCNF), energia digestível (CED, P = 0,750), energia metabolizável (CEM, P = 0,749) e energia líquida para lactação (CELL, P = 0,805) expressos em Mcal/kg de MS, assim como o coeficiente de digestibilidade dos nutrientes, não foram influenciados (P > 0,05) pela inclusão de LCC. No entanto, o consumo de extrato etéreo (CEE) aumentou linearmente (P < 0,001) com a inclusão de LCC. A absorção dos derivados de purinas (AbsDP), excreção total de (DP) (mmol/dia) e síntese de proteína bruta microbiana (PBmic) (g/dia) apresentaram resposta quadrática com o aumento dos níveis de LCC. A composição do leite não sofreu influência (P > 0,05) pela inclusão de LCC, entretanto, o nitrogênio uréico do leite (NUL) (mg/dL) apresentou resposta linear (P < 0,001). Os ácidos graxos (C15:0 [P = 0,021]; C17:0 [P = 0,029]; C18:0 [P = 0,045]; C18:1- *trans* 9 [P = 0,001] e C18:3- n3 [P = 0,007]) presentes no leite, bem como a soma parcial dos ácidos graxos ômega 3 ($\Sigma n3$) e as relações PUFA/SFA, n6:n3, n3:n6 e PUFA/MUFA apresentaram crescimento linear (P < 0,05) com a inclusão do LCC. Portanto, a adição de LCC não impactou os parâmetros nutricionais analisados. No entanto, induziu modificações no perfil lipídico do leite, aprimorando sua composição e tornando-a mais favorável à saúde humana.

Palavras-chave: aditivos; biohidrogenação; cabras leiteiras; proteína bruta microbiana; ácido linoléico conjugado.

NUTRITIONAL PARAMETERS, COMPOSITION, AND FATTY ACID PROFILE OF MILK FROM GOATS FED WITH CASHEW NUT SHELL LIQUID

ABSTRACT

The aim was to evaluate the effects of increasing levels of cashew nutshell liquid (CNSL) inclusion in the diet of dairy goats on animal performance, milk yield, and goat milk quality. A total of eight Saanen goats in their second to third lactation, with an average body weight (BW) of 54.30 ± 9.45 kg and an average milk yield of 2.41 ± 0.56 kg/day, were used. The animals were allocated in a 4×4 double Latin square design. The experimental diets consisted of a control diet (T1) with no CNSL inclusion (g/kg dry matter [DM]) and diets with the inclusion of 5 g (T2), 15 g (T3), and 20 g (T4) of CNSL per kg of DM. The intake of DM (DMI, kg/day; %BW; g/kg^{0.75} BW), organic matter (OMI), crude protein (CPI, kg/day; %BW; g/kg^{0.75} BW), neutral detergent fiber (NDFI, kg/day; %BW; g/kg^{0.75} BW), total carbohydrates (TCI), and non-fibrous carbohydrates (NFCI), as well as digestible energy (DEI, $P = 0.750$), metabolizable energy (MEI, $P = 0.749$), and net energy for lactation (NELI, $P = 0.805$) expressed in Mcal/kg of DM, and nutrient digestibility coefficients, were not influenced ($P > 0.05$) by CNSL inclusion. However, ether extract intake (EEI) increased linearly ($P < 0.001$) with CNSL inclusion. The absorption of purine derivatives (PDA), total purine excretion (TPE, mmol/day), and microbial crude protein synthesis (MCPS, g/day) exhibited a quadratic response to increasing CNSL levels. Milk composition was not affected ($P > 0.05$) by CNSL inclusion, although milk urea nitrogen (MUN, mg/dL) showed a linear response ($P < 0.001$). Fatty acids such as C15:0 ($P = 0.021$), C17:0 ($P = 0.029$), C18:0 ($P = 0.045$), C18:1-trans 9 ($P = 0.001$), and C18:3-n3 ($P = 0.007$), along with the partial sum of omega-3 fatty acids ($\Sigma n3$) and the PUFA/SFA, n6:n3, n3:n6, and PUFA/MUFA ratios, exhibited a linear increase ($P < 0.05$) with CNSL inclusion. Therefore, the addition of CNSL did not affect the analyzed nutritional parameters. However, it induced modifications in the milk lipid profile, enhancing its composition and making it more beneficial to human health.

Keywords: additives; biohydrogenation; dairy goats; microbial crude protein; conjugated linoleic acid.

3.1 INTRODUÇÃO

Animais ruminantes são de grande importância para a agricultura global e gestão de recursos naturais (NRC 2007). Com isso, estratégias nutricionais são elaboradas visando seu impacto no crescimento do animal (Teixeira *et al.*, 2017), produção de leite (Chilliard *et al.*, 2007) e concentração de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) na carne e leite de cabras (Santos-Silva *et al.*, 2016). A inclusão de óleos funcionais nas dietas de ruminantes (Watanabe *et al.* 2010) e seus efeitos no perfil lipídico do leite são de grande interesse. Os ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) contidos na gordura do leite, particularmente o ácido rumênico (C18:2-c9 t11) e seu precursor ácido vacênico (C18:1-t11), apresentam efeitos potencialmente benéficos para a saúde humana (Dilzer; Park, 2012). Aditivos podem ser potenciais modificadores da fermentação ruminal devido sua influência na microbiota ruminal (Ebeid *et al.*, 2020), além de promover melhor digestão de nutrientes e possíveis alterações na composição do leite (Tawab *et al.*, 2021).

O metabolismo lipídico no rúmen, particularmente a biohidrogenação de PUFAs, é um dos principais determinantes do perfil de ácidos graxos de produtos de origem ruminante (Santos-Silva *et al.*, 2016). Diferentes estratégias dietéticas foram avaliadas com o intuito de aumentar os níveis desses PUFAs potencialmente benéficos no leite. O líquido da casca da castanha de caju (LCC) pode ser utilizado como aditivo alternativo nos planos de alimentação de ruminantes em lactação como estratégia para maximizar a produção leiteira, levando em consideração o custo-benefício devido sua disponibilidade como subproduto da indústria da castanha de caju no Brasil e no mundo (Danielsson *et al.*, 2014). Em geral, o LCC natural é composto por ácido anacárdico (71,7 - 82,0%), cardol (13,8 - 20,1%) e cardanol (1,6 - 9,2%) (Mazzeto; Lomonaco, 2009). Estes compostos fenólicos podem afetar os níveis de ácido linoleico conjugado (CLA) C18:2-c9 t11, bem como reduzir o total de ácidos graxos saturados (SFA) e aumentar os níveis de isômeros trans no leite bovino (Branco *et al.*, 2015). Além disso, estudos com ovinos deslanados Santa Inês (El-Zaiat *et al.*, 2020) e cruzados Dorper x Santa Inês (Ramos *et al.*, 2021) mostraram que o LCC influenciou diretamente na composição e qualidade da carne ovina.

O impacto do LCC no perfil de ácidos graxos do leite de cabra não é bem conhecido. Portanto, hipotetizamos que a inclusão do LCC na dieta de cabras em lactação influencia no processo de biohidrogenação, aumentando os níveis de CLA (i.e., isômero C18:2-c9 t11) e seus precursores, principalmente o ácido rumênico C18:1-t11, no leite caprino, os quais são considerados benéficos à saúde humana, principalmente devido suas propriedades

anticarcinogênicas, antioxidantes e anti-inflamatórias (Bessa *et al.*, 2000).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão crescente do líquido da casca da castanha de caju na dieta de cabras leiteiras sobre o desempenho animal, produção e qualidade do leite caprino.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, Ceará, Brasil. Os protocolos (nº 1898051018) foram conduzidos em conformidade com as normas éticas do Comitê de Ética em Pesquisa Animal da Universidade Federal do Ceará.

3.2.1 Animais, delineamento experimental e dietas

Foram utilizadas 08 cabras da raça Saanen entre a segunda e terceira ordem de lactação com peso corporal (PC) médio de $54,30 \pm 9,4$ kg, produzindo $2,41 \pm 0,56$ kg de leite/dia. O delineamento experimental adotado foi em quadrado latino duplo 4×4 . As dietas experimentais consistiram em quatro dietas: uma dieta controle (T1) sem inclusão de LCC; e com inclusões de 5g (T2); 15g (T3) e 20g (T4) de líquido da casca da castanha do caju por g/kg na matéria seca. O LCC utilizado foi o natural, obtido a partir da extração da casca da castanha do caju com álcool etílico 99,5° GL conforme metodologia descrita por Trevisan *et al.* (2006).

As dietas totais foram formuladas com 16% de proteína bruta (PB) para atender as exigências nutricionais de cabras em início da lactação com produção de 2,0 kg de leite/dia (NRC, 2007). Para a ração total misturada (RTM), o feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*) foi utilizado como o volumoso exclusivo e a relação volumoso: concentrado foi de 600: 400 g/ kg de matéria seca (MS). As rações concentradas consistiram em milho grão moído, farelo de soja, calcário calcítico e fosfato bicálcico (Tabela 1).

O experimento teve duração de 76 dias e foi dividido em quatro períodos de 19 dias cada, sendo 14 dias de adaptação às dietas experimentais e cinco dias para amostragem e coleta de dados. As cabras foram distribuídas em baias individuais (9,0 m²) providas de comedouro e bebedouro, com consumo de comida e água *ad libitum*. Os animais foram pesados ao início e final de cada período experimental para determinação do PC médio.

Tabela 1 - Proporções de ingredientes, composição química e perfil de ácidos graxos (AG) das dietas experimentais.

Ingredientes (g/kg MS)	Níveis de inclusão de LCC ¹			
	0	5	15	20
Feno de Tifton 85	600	600	600	600
Milho grão moído	222,24	217,24	207,24	202,24
Farelo de soja	168,15	168,15	168,15	168,15
Fosfato bicálcico	4,93	4,93	4,93	4,93
Calcário calcítico	4,68	4,68	4,68	4,68
LCC	0,00	5,00	15,00	20,00
Composição química das dietas experimentais (g/kg MS)				
Matéria seca	912,24	909,48	926,85	932,54
Proteína bruta	178,10	174,41	164,54	162,54
Extrato etéreo	33,29	35,17	46,93	48,15
Matéria mineral	51,53	50,15	48,41	49,37
Fibra em detergente neutro	421,35	434,22	435,82	425,05
FDNcp ²	332,66	353,36	341,20	335,81
Fibra em detergente ácido	192,75	194,50	189,00	193,69
Carboidratos totais	737,10	740,40	740,20	740,00
Carboidratos não-fibrosos	444,05	462,94	452,67	446,50
Nutrientes digestíveis totais	741,93	764,52	758,52	719,71
Perfil de ácidos graxos das dietas experimentais (mg/100 g de AG)				
C6:0	1,65	0,14	0,15	0,00
C8:0	0,21	0,16	0,20	0,13
C10:0	11,25	1,02	1,09	0,48
C12:0	0,92	0,78	0,97	0,60
C14:0	3,31	4,78	3,62	2,39
C16:0	141,79	154,86	153,01	149,62

C16:1	2,59	3,05	8,31	6,41
C18:0	27,44	32,15	31,81	31,99
C18:1-c9	235,71	253,82	279,20	279,52
C18:2-n6	449,13	478,76	465,98	473,08
C18:3-n3	22,96	24,76	21,09	22,04
C20:4-n6	0,00	1,21	0,00	0,00

¹Inclusão de 0, 5, 15 e 20 g de líquido da casca da castanha de caju (LCC, g/kg MS da RTM) nas dietas experimentais de caprinos. ²FDNcp, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas. ³Perfil de ácidos graxos do LCC natural (100 g de AG total: 0,16 mg de C6:0, 0,50 mg de C8:0, 0,25 mg de C10:0, 1,30 mg de C12:0, 4,06 mg de C14:0, 129,53 mg de C16:0, 20,63 mg de C16:1, 35,79 mg de C18:0, 175,22 mg de C18:1-c9, 177,93 mg de C18:2-n6, 16,43 mg de C18:3-n3. C6:0, ácido capróico; C8:0, ácido caprílico; C10:0, ácido cáprico; C12:0, ácido láurico; C14:0, ácido mirístico; C16:0, ácido palmítico; C16:1, ácido palmitoléico; C18:0, ácido esteárico; C18:1-c9, ácido cis-oleico; C18:2-n6, ácido linoleico; C18:3-n3, ácido linolênico; C20:4-n6, ácido araquidônico.

3.2.2 Consumo e digestibilidade dos nutrientes

As dietas experimentais foram fornecidas duas vezes ao dia após a ordenha (08:00h e 16:00h). A coleta e pesagem de sobras eram realizadas diariamente antes do primeiro fornecimento das dietas experimentais com o intuito de ajuste do CMS. As dietas experimentais e sobras foram amostradas e congeladas a -20° C para posteriores análises químicas.

Amostras de fezes foram coletadas durante três dias consecutivos, no 15°, 16° e 17° dia de cada período experimental às 8:00h no primeiro dia, 12:00h no segundo dia e 16:00h no terceiro dia. Posteriormente foram homogeneizadas, formando uma amostra composta de fezes por animal e então pesadas, armazenadas em sacos plásticos e congeladas em freezer a -20 °C. Amostras das RTM, fezes, sobras e ingredientes foram pesadas em sacos de náilon e incubadas no rúmen de uma vaca adulta recebendo RTM composta por feno de capim tifton 85 como volumoso (60%) e milho grão moído, farelo de soja, fosfato bicálcico e calcário calcítico como concentrado (40%) por um período de 240h. O coeficiente de digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes foi determinado utilizando a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) como marcador interno, para estimar a excreção de matéria seca fecal conforme metodologia descrita por Ørskov e McDonald (1979).

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados usando a equação proposta por Weiss (1993): $NDT = PBd + CNFd + FDNcpd + EEd \times 2,25$, em que: PBd = proteína bruta digestível; CNFd = carboidrato não fibroso digestível; FDNcpd = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas digestível e EEd = extrato etéreo digestível. Os valores de NDT foram convertidos em energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) de acordo com as equações preconizadas pelo NRC (2001): $ED \text{ (Mcal/kg)} = 0,04409 \times NDT \text{ (\%)}$; $EM \text{ (Mcal/kg)} = 1,01 \times ED \text{ (Mcal/kg)} - 0,45$. A energia líquida para a lactação foi estimada seguindo a equação proposta pelo NRC (2001): $EL_{\text{lactação}} \text{ (Mcal/kg)} = (0,0929 \times G) + (0,0547 \times P) + (0,0395 \times L)$, onde: G, P e L representa gordura, proteína e lactose do leite, respectivamente.

3.2.3 Síntese da proteína microbiana

Amostras de urina spot foram coletadas no 15° dia de cada período experimental, aproximadamente quatro horas após o primeiro fornecimento das dietas experimentais. Foram utilizadas bolsas de colostomia de 65 mm adaptadas à vulva das cabras. As coletas foram

realizadas através de micção espontânea. Alíquotas de 5 mL de urina foram diluídas em 45 mL de solução contendo ácido sulfúrico (0,036 N) e armazenadas a -20 °C para quantificação dos derivados de purina (DP), creatinina e para estimar a síntese de proteína bruta microbiana (PBmic). A concentração de creatinina na urina foi determinada por meio de kits comerciais (Labtest, Lagoa Santa, MG, Brasil) e analisada utilizando método do picrato alcalino (Henry *et al.*, 1974).

A excreção de creatinina foi utilizada para estimar o volume urinário, conforme a seguinte equação: Volume urinário (L) = $26,05 \times PC$ (kg)/concentração de creatinina na amostra de urina (mg/L), onde o valor de 26,05 mg/kg correspondeu à quantidade diária de creatinina em cabras determinada por Fonseca (2004). A excreção de ácido úrico foi determinada usando um teste colorimétrico enzimático com lipase de fator de compensação (Barham; Trinder, 1972; Fossati *et al.*, 1980). A alantoína excretada no leite e urina foi determinada pelo método colorimétrico (Fujihara *et al.*, 1987). As excreções de xantina e hipoxantina foram determinadas a partir da conversão enzimática do ácido úrico (Chen; Gomes, 1992). A excreção total de derivados de purinas foi estimada pelo somatório das quantidades obtidas de ácido úrico, xantina e hipoxantina e alantoína excretadas na urina e no leite. O fluxo intestinal de nitrogênio microbiano e derivados de purina absorvidos (AbsPD) foram estimados usando equações propostas por Chen e Gomes (1992): $Y = 0,84X + (0,150 \times PC^{0,75}e^{-0,25X})$, onde Y é o fluxo intestinal de DP (mmol/dia), X corresponde à AbsDP (mmol/dia), 0,84 representa a recuperação de purinas absorvidas, $PC^{0,75}$ representa o peso corporal metabólico. O fluxo intestinal de nitrogênio microbiano (NM) foi estimado a partir das purinas microbianas absorvidas, segundo a equação de Chen e Gomes (1992): MN (g/dia) = $70X / (0,116 \times 0,83 \times 1000) = 0,727X$, onde MN é nitrogênio microbiano (gN/dia), assumindo que a concentração de N de purinas é 70 mg N/mmol, e a razão N purina: N total nas bactérias é de 0,116 e a digestibilidade das purinas microbianas é 0,83. Os valores obtidos para NM foram multiplicados pelo fator de 6,25 para se obter a proteína bruta microbiana (PBmic). A eficiência da síntese de proteína microbiana (ESPM) foi estimada a partir da relação entre a PBmic/consumo de NDT expresso em kg/dia.

3.2.4 Produção de leite de cabras

Ao início da ordenha, o teste da caneca telada era realizada para observação da presença ou não de grumos com o intuito de detectar mastite subclínica. Os primeiros jatos de leite eram descartados e então, os tetos dos animais eram higienizados utilizando solução pré-dipping (solução iodada). As cabras eram pontualmente ordenhadas às 06:30 h e 15:30h,

antes do fornecimento das dietas. Após a ordenha, pós-dipping era realizado utilizando solução glicerizada. Diariamente, realizava-se o controle da produção leiteira (peso e volume) do leite. As amostras de leite foram coletadas a cada 15 dias, proporcionalmente à produção de cada ordenha, posteriormente foram homogeneizadas, amostradas em quadruplicatas e armazenadas em garrafas plásticas esterilizadas e colocadas em freezer a -20 °C para posteriores análises.

3.2.5 Amostragens e análises químicas

Amostras de ingredientes, concentrado, feno, sobra e fezes foram coletados do 15º ao 19º dia de cada período experimental. Posteriormente, compostas de cada amostra foram feitas representando cada período. Subsequentemente, estas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas e, então, moídas em moinho Willey mill (TE-650; Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brasil) utilizando-se peneira com crivos de um milímetro, acondicionadas em potes plásticos e congeladas a -20° C para posteriores análises.

As análises das amostras coletadas foram realizadas de acordo com os métodos descritos pela Associação Oficial de Química Analítica (AOAC, 1990), para de matéria seca (MS; método 967.03), matéria mineral (MM; método 942.05), proteína bruta (PB; método 981.10), extrato etéreo (EE; método 920.39) e fibra em detergente ácido (FDA; método 913.18). As análises de fibra em detergente neutro (FDN) foram realizadas conforme Van Soest *et al.* (1991), usando alfa-amilase termoestável sem utilizar sulfito de sódio e corrigida para cinza residual (MERTENS, 2002) e compostos nitrogenados residuais (Licitra; Hernandez; Van Soest, 1996).

Os teores de carboidratos totais (CHOT) foram obtidos de acordo com Sniffen *et al.* (1992), a partir da fórmula: $CHOT (\%) = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$ e os carboidratos não fibrosos (CNF) conforme a equação proposta por Weiss (1993): $CNF (\%) = 100 - (\%FDN_{cp} + \%PB + \%EE + \%MM)$, sendo FDN_{cp} a fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas.

Amostras de leite foram descongeladas para a determinação do teor de nitrogênio total e a proteína do leite foi determinada pelo método de Micro-Kjedahl, onde o teor de proteína foi calculado como a porcentagem de nitrogênio total multiplicada por 6,38 (Método 991,20; AOAC, 2005). O teor de gordura nas amostras de leite foi determinado pelo método de Gerber (protocolo 433/IV, IAL, 2005) e o teor de glicídios redutores de lactose (protocolo 432/IV) de acordo com as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2005). A atividade

ácida foi determinada pelo método 947.05 (AOAC, 2005), por titulação do ponto final e expressa em graus Dornic (°D).

Amostras de leite (10 mL) foram previamente diluídas com 5 mL de solução de ácido tricloroacético a 25% e filtradas em papel filtro. O filtrado resultante foi usado para determinar o nitrogênio ureico do leite (NUL). Para análise de ácidos graxos (AG), as amostras de leite foram misturadas com solução de azida sódica (0,8%, p/vol) usada como conservante (0,05 g/L), depois congeladas em nitrogênio líquido e refrigeradas para análise de ácidos graxos.

3.2.6 Perfil de ácidos graxos do leite de cabra

Para determinar o perfil de ácidos graxos, amostras de leite foram previamente liofilizadas e posteriormente usadas para preparar os ésteres metílicos de ácidos graxos (FAMES) via transesterificação direta usando hidróxido de potássio (2M) em metanol, de acordo com Rego *et al.* (2009). As amostras foram analisadas utilizando um cromatógrafo a gás (Shimadzu GC 2010 – Plus, Shimadzu, Kyoto, Japão) equipado com um detector de ionização de chama e uma coluna capilar (SP2560, 100 m × 0,25 mm, df 0,20 µm de espessura; Supelco®, Bellefonte, PA, EUA). A temperatura do forno da coluna foi a seguinte: temperatura inicial foi mantida por 80°C, aumentada a 11°C/min a 180°C e a 5°C/min a 220°C e depois mantida por 19 min. Os resultados foram corrigidos com fator teórico de correção do detector de ionização de chama e expressos em mg/g de ácidos graxos totais. As concentrações de ácidos graxos (AGS), ácidos graxos insaturados (AGEs), ácidos graxos monoinsaturados (AGM), ácidos graxos poliinsaturados (AGP), n6 e n3 foram calculadas com base no perfil de ácidos graxos do leite. Para determinar a qualidade nutricional da fração lipídica, foram calculadas a soma dos ácidos graxos desejáveis (AD) (Rhee, 2000). Em seguida, foram determinados o índice de trombogenicidade (IT), o índice de aterogenicidade (AI) (Ulbricht; Southgate, 1991) e a razão entre os ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (h/H) (Santos-Silva *et al.*, 2002). A atividade de enzimas envolvidas no metabolismo lipídico, como $\Delta 9$ dessaturase em C16, em C18 e elongase, foi calculada de acordo com os métodos descritos por Malau-Aduli *et al.* (1997).

3.2.7 Análises estatísticas

A análise estatística foi realizada utilizando o procedimento MIXED do sistema de análise estatística SAS.

O modelo estatístico utilizado foi: $Y_{ijkl} = \mu + T_i + S_j + P_k + A_l + \varepsilon_{ijkl}$, onde Y_{ijkl} é a variável dependente; μ é a constante; T_i é o efeito fixo da dieta; S_j é o efeito fixo do quadrado; P_k é o efeito fixo do período dentro do quadrado; A_l é o efeito aleatório da cabra dentro do quadrado e ε_{ijkl} é o erro do modelo. Os efeitos das concentrações do LCC foram avaliados por contrastes polinomiais, lineares e quadráticos. O nível de significância adotado no estudo foi de 5% ($P \leq 0,05$).

4 RESULTADOS

4.1 Consumo e digestibilidade dos nutrientes

Os consumos de MS (kg/dia, %PC e g/kg^{0,75} PC), matéria orgânica (MO, kg/dia), PB (kg/dia), FDN (kg/dia, %PC e g/kg^{0,75} PC), FDN (kg/dia), CNF (kg/dia) e NDT (kg/dia) não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos diferentes níveis de inclusões do líquido da casca da castanha do caju. No entanto, o consumo de extrato etéreo expresso em kg/dia, aumentou linearmente ($P < 0,001$) com os níveis de inclusão do LCC. Os consumos de energia digestível (CED), energia metabolizável (CEM) e energia líquida para lactação (CELL) (Mcal/kg de MS) não foram influenciados pelas dietas experimentais (Tabela 2). Os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes não foram afetados pela inclusão do LCC ($P > 0,05$) (Tabela 2).

Tabela 2 - Efeito da inclusão do líquido da casca da castanha do caju no consumo e digestibilidade dos nutrientes.

Variáveis	Níveis de inclusão de LCC						P-Valor		
	0	5	15	2	EPM	Linear	Quadrático		
CMS (kg/dia)	2,28	2,16	2,14	2,19	0,116	0,442	0,396		
CMS (%PC)	4,05	3,96	4,10	3,71	0,265	0,228	0,517		
CMS (g/kg ^{0,75} PC)	114,08	110,59	114,20	112,52	7,036	0,975	0,881		
CMO (kg/dia)	1,91	1,77	1,78	1,82	0,200	0,482	0,387		
CPB (kg/dia)	0,42	0,38	0,36	0,38	0,028	0,107	0,176		
CEE (kg/dia)	0,07	0,08	0,10	0,11	0,006	<0001	0,780		
CFDN (kg/dia)	0,96	0,95	0,91	0,92	0,049	0,330	0,829		
CFDN (%PC)	1,60	1,64	1,69	1,64	0,133	0,672	0,667		
CFDN (g/kg ^{0,75} PC)	47,94	48,55	46,52	46,88	2,724	0,543	0,958		
CCT (kg/dia)	1,68	1,60	1,57	1,61	0,085	0,414	0,424		
CCNF (kg/dia)	0,95	0,82	0,82	0,90	0,085	0,344	0,057		
CNDT (kg/dia)	1,67	1,65	1,60	1,61	0,101	0,556	0,835		
CED (Mcal/kg)	3,27	3,37	3,30	3,27	0,049	0,750	0,197		
CEM (Mcal/kg)	2,68	2,76	2,70	2,68	0,040	0,749	0,197		
CELL (Mcal/kg)	0,52	0,48	0,49	0,51	0,022	0,805	0,217		
Coefficiente de digestibilidade, %									
Matéria seca	61,72	64,44	63,62	61,26	1,912	0,784	0,167		
Matéria orgânica	65,75	68,00	65,61	63,10	1,898	0,203	0,206		
Proteína bruta	69,94	71,10	67,04	67,22	1,826	0,102	0,773		
Extrato etéreo	67,92	69,52	74,97	70,10	2,320	0,186	0,123		
FDN	54,54	60,07	54,04	54,31	2,530	0,431	0,250		
CT	60,74	64,23	60,86	58,59	2,134	0,265	0,172		

¹Inclusão de 0, 5, 15 e 20 g de líquido da casca da castanha de caju (LCC, g/kg MS) nas dietas experimentais; CMS = consumo de matéria seca; CMO = consumo de matéria orgânica; CPB = consumo de proteína bruta; CEE= consumo de extrato etéreo; CFDN = consumo de fibra em detergente neutro; CCT = consumo de carboidratos totais; CCNF = consumo de carboidratos não fibrosos; CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais; CED = consumo de energia digestível; CEM = consumo de energia metabolizável; CELL = consumo de energia líquida para lactação; FDN = fibra em detergente neutro; CT = carboidratos totais; EPM = erro padrão da média.

4.2 Derivados de Purina

O volume urinário (L/dia), excreção de creatinina (mmol/dia; mmol/kg PC/dia; mmol/kg^{0,75}PC), as excreções de alantoína na urina e leite, ácido úrico e xantina-hipoxantina (mmol /dia) e eficiência de síntese de proteína microbiana (g/kg NDT) não foram afetadas pela inclusão de LCC ($P > 0,05$). No entanto, a absorção dos derivados de purinas (mmol/dia, $P = 0,053$), total de derivados de purinas (mmol/dia; mmol/kg^{0,75}PC, $P = 0,053$) e síntese de proteína microbiana (g/dia, $P = 0,053$) apresentaram respostas quadráticas (Tabela 3).

Tabela 3 - Efeito da inclusão do líquido da casca da castanha do caju no balanço de nitrogênio e excreção de derivados de purinas em cabras leiteiras.

Variáveis	Níveis de inclusão de LCC					P-Valor	
	0	5	15	2	EPM	Linear	Quadrático
Alantoína	7,02	8,25	8,29	6,81	0,720	0,833	0,068
Ácido úrico	3,06	3,21	3,24	3,00	0,400	0,906	0,595
Xantina e Hipoxantina	3,61	3,97	4,03	3,78	0,476	0,772	0,503
Alantoína do leite	0,17	0,17	0,15	0,16	0,021	0,392	0,819
AbsDP (mmol/dia)	16,09	19,18	18,66	15,20	1,631	0,619	0,053
DP Total (mmol/dia)	13,58	16,14	15,71	12,88	1,344	0,633	0,053
DP Total (mmol/PC ^{0,75})	0,78	0,88	0,84	0,80	0,057	0,943	0,217
PBmic (g/dia)	73,12	87,17	84,78	69,07	7,411	0,619	0,053
ESPBmic (g/kg NDT)	70,95	73,02	73,58	69,60	7,188	0,909	0,663

¹Inclusão de 0, 5, 15 e 20 g de líquido da casca da castanha de caju (LCC, g/kg MS) nas dietas experimentais. AbsPD = absorção dos derivados de purina; DP = derivados de purina; PBmic = síntese de proteína bruta microbiana; ESPBmic = eficiência de síntese de proteína bruta microbiana.

4.3 Produção e composição do leite de cabras

A inclusão de LCC não influenciou ($P > 0,05$) a produção de leite (kg/dia), produção de leite corrigido para 4% de gordura (PLCG 4%, kg/dia), bem como os constituintes do leite (proteína, gordura e lactose kg/dia), pH e acidez expressa em (°D). No entanto, verificou-se resposta linear ($P < 0,001$) para NUL (mg/dL) com a inclusão do líquido da casca da castanha do caju (Tabela 4).

Tabela 4 - Efeito da inclusão do líquido da casca da castanha do caju na produção e composição do leite de cabras.

Variáveis	Níveis de inclusão de LCC					P-Valor	
	0	5	15	2	EPM	Linear	Quadrático
Produção (kg/dia)	2,52	2,38	2,29	2,38	0,232	0,475	0,589
PLCG 4% (kg/dia)	1,03	0,97	0,93	0,97	0,096	0,469	0,547
Gordura (g/dia)	48,69	47,75	40,62	53,59	7,857	0,755	0,273
Proteína (g/dia)	72,23	78,88	78,56	76,06	10,434	0,733	0,618
Lactose (g/dia)	75,86	75,05	73,29	69,96	12,257	0,609	0,898
pH	6,72	6,76	6,74	6,67	0,050	0,454	0,250
Acidez (°D)	18,29	16,01	16,06	15,90	1,063	0,105	0,269
NUL (mg/dL)	10,22	10,07	10,86	10,31	0,097	<0,001	0,003

¹Inclusão de 0, 5, 15 e 20 g de líquido da casca da castanha de caju (LCC, g/kg MS) nas dietas experimentais.

PLCG 4% – Produção de leite corrigida para 4% de gordura.

4.4 Perfil de Ácidos Graxos do Leite

Vários picos de ácidos graxos foram observados durante a leitura, no entanto, foram identificados 22 ácidos graxos no leite de cabras recebendo dietas contendo diferentes níveis do líquido da casca da castanha do caju. As inclusões de LCC nas dietas não afetaram ($P > 0,05$) as concentrações dos ácidos graxos C4:0, C6:0, C8:0, C10:0, C12:0, C13:0, C14:0, C14:1, C16:0, C16:1, C18:1-t11, C18:1-c9, C18:1-c11, C18:2-n6, C18:2-c9t11, C18:2-t10c12 e C20:4-n6. Contudo, foi observada resposta linear para os ácidos graxos C15:0 ($P = 0,021$), C17:0 ($P = 0,029$), C18:0 ($P = 0,045$), C18:1-t9 ($P = 0,001$) e C18:3-n3 ($P = 0,007$) com a inclusão do LCC. Um grupo de ácidos graxos não identificados apresentou aumento linear ($P < 0,001$) com a inclusão do LCC (Tabela 5).

Tabela 5 - Efeito da inclusão do líquido da casca da castanha do caju no perfil de ácidos graxos do leite de cabras.

Variáveis	Níveis de inclusão de LCC					P-Valor	
	0	5	15	2	EPM	Linear	Quadrático
C4:0	5,67	5,52	5,44	5,32	0,213	0,115	0,908
C6:0	11,00	10,58	10,49	10,19	0,513	0,112	0,886
C8:0	18,35	17,50	17,45	17,70	1,042	0,519	0,519
C10:0	83,88	80,19	84,10	83,79	3,490	0,735	0,544
C12:0	47,03	43,89	47,01	49,47	1,817	0,122	0,098
C13:0	1,99	1,81	1,95	2,12	0,115	0,284	0,112
C14:0	132,31	125,40	128,46	131,73	3,388	0,924	0,137
C14:1	4,59	5,06	4,34	4,43	0,277	0,242	0,434
C15:0	10,39	10,79	10,81	11,25	0,267	0,021	0,918
C16:0	336,39	316,44	331,62	327,14	17,040	0,784	0,564
C16:1	11,25	11,58	11,73	11,74	0,623	0,247	0,727
C17:0	9,62	10,23	9,87	10,27	0,171	0,029	0,559
C18:0	67,73	72,04	63,41	62,00	5,382	0,045	0,477
C18:1- <i>trans</i> 9	2,87	2,94	3,41	3,51	0,157	0,001	0,925
C18:1- <i>trans</i> 11	6,34	5,42	5,35	6,04	0,596	0,633	0,123
C18:1- <i>cis</i> 9	177,07	189,42	167,96	172,87	7,208	0,166	0,545
C18:1- <i>cis</i> 11	3,14	3,36	2,96	3,04	0,248	0,451	0,733
C18:2- n6	22,46	24,33	21,56	22,70	2,021	0,683	0,802
C18:3- n3	3,75	4,36	3,06	3,46	0,411	0,007	0,700
C18:2- <i>cis</i> 9 <i>trans</i> 11	3,68	3,28	4,16	3,71	0,312	0,425	0,931
C18:2- <i>trans</i> 10 <i>cis</i> 12	0,53	0,54	0,44	0,67	0,117	0,538	0,357
C20:4- n6	1,45	1,66	1,57	1,50	0,179	0,922	0,404
Ni	44,38	46,68	51,38	52,06	2,245	<0,001	0,653

¹Inclusão de 0, 5, 15 e 20 g de líquido da casca da castanha de caju (LCC, g/kg MS) nas dietas experimentais. Ni = ácidos graxos não identificados.

O LCC não afetou ($P > 0,05$) as somas parciais de ácidos graxos saturados (Σ AGS), insaturados (Σ AGI), monoinsaturados (Σ MI), poliinsaturados (Σ PI) e ômega 6 (Σ n6). No entanto, a soma parcial de ômega 3 (Σ n3) apresentou resposta linear ($P = 0,007$). As relações de poliinsaturados/saturados (P/S, $P = 0,036$), n6:n3 ($P = 0,009$) e n3:n6 ($P = 0,005$) apresentaram resposta linear, enquanto a relação PI/MI reduziu linearmente ($P = 0,035$) com o aumento dos níveis de inclusão do LCC. As relações INS/S, MI/S e h/H não foram influenciados pelo LCC ($P > 0,05$). Não houve efeito ($P > 0,05$) do LCC nos índices de aterogenicidade e de trombogenicidade, bem como nas atividades enzimáticas (Δ^9 dessaturase C16, Δ^9 dessaturase C18 e Elongase) (Tabela 6).

Tabela 6 - Efeito da inclusão do líquido da casca da castanha do caju no somatório de ácidos graxos, relações, índices lipídicos e atividade de enzimas do leite de cabras.

Variáveis	Níveis de inclusão de LCC					P-Valor	
	0	5	15	2	EPM	Linear	Quadrático
Somatório AG							
Saturados	717,62	698,78	718,21	679,49	24,74	0,289	0,650
Insaturados	237,40	251,93	224,81	232,48	9,503	0,176	0,672
Monoinsaturados	205,47	217,97	195,64	201,96	7,816	0,226	0,648
Polinsaturados	32,10	34,10	30,95	30,98	2,433	0,353	0,601
Σ n6	23,96	25,97	23,17	24,33	2,096	0,752	0,776
Σ n3	3,75	4,36	3,06	3,46	0,411	0,007	0,700
Relações AG							
PI/S	0,045	0,049	0,039	0,042	0,003	0,036	0,946
INS/S	0,332	0,362	0,311	0,326	0,019	0,261	0,649
PI/MI	0,160	0,154	0,148	0,147	0,009	0,035	0,690
MI/S	0,287	0,313	0,271	0,284	0,016	0,321	0,648
h/H	0,40	0,45	0,37	0,39	0,030	0,188	0,597
n6:n3	6,42	6,29	7,39	7,13	0,421	0,009	0,842
n3:n6	0,16	0,16	0,14	0,14	0,009	0,005	0,998
Índices lipídicos							
IA	3,46	3,21	3,72	3,58	0,201	0,087	0,727
IT	3,80	3,54	4,10	3,86	0,226	0,172	0,946
Atividade Enzimática							
Δ^9 dessaturase C16	3,28	3,50	3,33	3,55	0,162	0,080	0,995
Δ^9 dessaturase C18	72,36	73,14	73,87	73,74	2,117	0,415	0,774
Elongase	30,55	32,43	29,36	30,79	1,339	0,556	0,838

¹Inclusão de 0, 5, 15 e 20 g de líquido da casca da castanha de caju (LCC, g/kg MS) nas dietas experimentais. PI/S=relação polinsaturado/saturado; INS/S= relação insaturado/saturado; PI/MI=relação polinsaturado/monoinsaturado; MI/S = relação monoinsaturado/saturado; n-6:n-3 = relação n-6:n-3; n-3:n-6 = relação n-3:n-6.

5 DISCUSSÃO

A inclusão do LCC nas dietas não restringiu o CMS, indicando assim que os animais aceitaram as dietas. Os caprinos são selecionadores intermediários, ou seja, selecionam e escolhem os alimentos (Goetsch *et al.*, 2009) com base em suas características sensoriais, pois suas cavidades orais desempenham um papel fundamental no reconhecimento e decisão para ingerir ou rejeitar determinado alimento (Ginane *et al.*, 2011). Os fatores que controlam o consumo alimentar são complexos e multifatoriais, não havendo consenso quanto à regulação desta atividade em ruminantes (Van Soest, 1994), particularmente em caprinos. É importante destacar que, em nosso estudo, o consumo de FDN (%PC) ficou entre 1,60 à 1,69%, o que é superior a 1,2% do PC sugerido por Mertens (1987), pois o teor dessa fração limita o consumo por enchimento ruminal, o que nos leva a supor que a limitação por enchimento não foi o que reduziu o consumo de FDN, uma vez que não houve diferenças em sua digestibilidade. Neste caso, provavelmente houve uma limitação em função do teor energético da dieta, visto que a regulação fisiológica das cabras em lactação ocorreu com densidade energética da dieta entre 2,68 e 2,76 Mcal/kg EM. Os efeitos do EE da dieta sobre a ingestão voluntária não dependem exclusivamente do nível de inclusão lipídica, mas também da forma física, saturação de ácidos graxos, bem como da proporção relativa de fibra presente na dieta (Pereira *et al.*, 2014). O LCC utilizado apresentou alto teor de lipídios totais, resultando em aumento da ingestão de EE de cabras em lactação. Olagoke *et al.*, (2015) ao trabalhar com diferentes níveis de líquido da casca da castanha de caju (0, 5, 10 e 15ml/kgMS) na alimentação de cabras WAD, constataram que o consumo e a digestibilidade dos nutrientes não foram influenciados pela inclusão dietética de LCC até 15ml/kg de MS, o que corrobora com os dados obtidos em nosso estudo.

A excreção de derivados de purina é utilizada para estimar a proteína microbiana em ruminantes. A síntese de proteína microbiana é relativamente dependente da disponibilidade de carboidratos e nitrogênio no rúmen (NRC, 2001). Portanto, os níveis de proteína e energia no rúmen devem estar em sincronia para que a síntese de proteína microbiana seja bem-sucedida em qualidade e velocidade de degradação (Chen; Gomes, 1992). As dietas forneceram energia suficiente para a síntese de proteína microbiana, e a quantidade de proteína sintetizada foi significativamente maior com a inclusão de 5 g LCC/kg MS. Nossos resultados também confirmam que o LCC pode ser adicionado à dieta de pequenos ruminantes sem prejudicar o desempenho produtivo. Isso foi relatado para vacas leiteiras (Branco *et al.*, 2015), em que o uso do líquido da casca da castanha de caju não reduziu o CMS e não influenciou na produção de leite.

A fermentação ruminal pode ser monitorada pelo teor de nitrogênio uréico do leite devido a sua resposta sobre a eficiência da proteína microbiana (Broderick E Clayton, 1997), além de indicar a adequação dos níveis de relação proteína: energia da dieta (Bittante, 2022). O LCC natural é composto por cardanol, cardol, ácido anacárdico e 6-metil cardol (1,2, 11,3, 64,9 e 2,0% em peso, respectivamente) (Lubi; Thachil, 2000). O ácido anacárdico contido no LCC reduz a concentração de amônia por inibir o crescimento de bactérias proteolíticas e desaminantes no rúmen (Kobayashi *et al.*, 2016), o que pode minimizar o nitrogênio uréico do leite. Em nosso estudo, a excreção de NUL (mg/dL) foi menor para os animais alimentados com a dieta contendo 5 g de LCC/kg MS. Em nosso estudo, fêmeas com menor teor de NUL apresentaram alta ingestão energética (2,76 Mcal EM/kg MS/dia), síntese de proteína bruta microbiana (87,17 g/dia), absorção (19,18 g/dia) e excreção (16,14 mmol/dia) de DP.

Diferenças no perfil de ácidos graxos do leite de cabra podem indicar alterações na microbiota ruminal, como alterações nos teores de ácidos graxos de cadeia ímpar (AGCI) do leite, que são considerados potenciais biomarcadores da modulação da fermentação ruminal e fluxo duodenal de biomassa microbiana (Vlaeminck *et al.*, 2015). Em nosso estudo, a inclusão de 20 g de LCC/kg MS apresentou maiores concentrações de C13:0, C15:0 e C17:0 (2,12, 11,25 e 10,27 mg/g de AG total, respectivamente) no leite de cabra. Os AGCI são característicos de produtos lácteos de ruminantes, originados principalmente por lipídios de membrana bacteriana (Lopez *et al.*, 2019) e síntese de novo a partir de propionato na glândula mamária (Falchero *et al.*, 2010). Estudos epidemiológicos mostraram que altos níveis de AGCI (C15:0 e C17:0) no sangue de camundongos podem proporcionar benefícios à saúde, diminuindo os riscos de doenças metabólicas (Ampong *et al.*, 2022). Assim, além de influenciar a fermentação ruminal, a inclusão de LCC pode melhorar o perfil de AG por aumentar principalmente C15:0 e C17:0 no leite de cabra em lactação. A qualidade tecnológica e o valor nutricional do leite caprino estão diretamente relacionados ao seu perfil lipídico, que é um dos componentes mais importantes na indústria de laticínios (Chilliard *et al.*, 2003). Em nosso estudo, C18:0 (62,00 mg/g de AG total) foi menor no leite de cabras alimentadas com dietas contendo 20 g de LCC/kg MS enquanto a concentração de trans- isômero do ácido elaídico foi maior (C18: 1-t9, 3,51 mg/g AG total). O LCC possui atividade surfactante (Kubo *et al.*, 2003; Watanabe *et al.*, 2010; Oh *et al.*, 2017), influenciando na defaunação e seleção da população da microbiota ruminal (Oh *et al.*, 2017) devido ao caráter anfipático do ácido anacárdico sobre a membrana bacteriana, reduzindo a saturação de PUFA. Bessa *et al.*, (2000) relataram que, o aumento dos isômeros trans é entendido como uma autoproteção bacteriana, causando uma redução na fluidez da membrana devido ao estresse tóxico da dieta.

A falta de resposta sobre o isômero trans vacênico (C18:1-t11) presente no leite de cabra pode ser devido ao seu papel como precursor do ácido rumênico (C18:2-c9t11) um isômero do CLA formado por dessaturação na glândula mamária e tecido adiposo (Bauman *et al.*, 1999).

Sabe-se que os alimentos derivados de ruminantes são a principal fonte de CLA na dieta humana (Bessa *et al.*, 2000), portanto, esforços de pesquisa visam aumentar o teor de CLA no leite e carne desses animais (Zongo *et al.*, 2021). O C18:2-c9t11 e C18:2-t10c12 são os isômeros naturais mais importantes do CLA devido suas atividades biológicas (Kennedy *et al.*, 2010). O ácido rumênico apresenta propriedades anticarcinogênicas (Jensen; Lammi- Keefe, 2001), além de influenciar positivamente no crescimento muscular (Shahidi; Senanayake, 2008), enquanto que o isômero C18:2-t10c12 está correlacionado com a redução da gordura do leite (cerca de 78%), inibindo o metabolismo lipídico e a síntese *de novo* na glândula mamária, além de reduzir as percentagens de AG de cadeia curta e média (Baumgard *et al.*, 2000; 2002). Em nosso estudo, os níveis do LCC não foram suficientes para expressar uma influência na secreção de ambos os isômeros do CLA.

Dietas ricas em ácidos graxos poliinsaturados podem ser utilizadas como estratégia nutricional para aumentar o teor de PUFA do leite (Pérez *et al.*, 2020), uma vez que são considerados essenciais por não serem sintetizados no organismo do animal (Chilliard *et al.*, 2003). O ácido α -linolênico (C18:3 n-3) é um precursor de n-3 PUFAs como o ácido eicosapentaenóico (EPA, C20:5 n-3) e o ácido docosahexaenóico (DHA, C22:6 n-3). Estes AG têm um papel importante nos processos metabólicos e inflamatórios (Serhan E Chiang, 2008), na sensibilidade à insulina e na homeostase da glicose (Flachs *et al.*, 2014), assim como na prevenção de doenças coronárias (Póti *et al.*, 2015) e diabetes mellitus (Muley *et al.*, 2014). Em nosso estudo, observamos que cabras que receberam 5 g de LCC/kg MS na dieta apresentaram maior excreção de C18:3 n-3 (4,36 mg/g AG total) no leite. Este resultado é diretamente proporcional aos níveis destes ácidos graxos nas dietas experimentais.

Os produtos lácteos nem sempre apresentam uma dose-resposta linear na prevenção de doenças, principalmente quando classificados pelo teor de gordura (Rice *et al.*, 2013). O principal fator determinante de suas características nos efeitos positivos e nutracêuticos para humanos é a composição e qualidade lipídica (Yoshimura *et al.*, 2018). Nossos resultados mostraram que a inclusão de LCC influenciou a qualidade do leite caprino com a maior soma de n-3 (4,36) e relação PUFA/SFA (0,05); razões mais baixas de PUFA/MUFA (0,148) e n-6:n-3 (3,21). Essas respostas estão intrinsecamente relacionadas à qualidade lipídica do leite e seus potenciais efeitos sobre a saúde humana (Pilarczyk *et al.*, 2015; Moallem, 2018). Os baixos valores da razão n-3:n-6 (0,14) e do índice de aterogenicidade (IA, 3,21) podem indicar um

melhor perfil desses ácidos graxos contra doenças aterogênicas (Idamokoro *et al.*, 2019). Além disso, a ingestão de produtos com menor IA também podem reduzir os níveis de colesterol total e LDL-C no plasma sanguíneo humano (Yuchenko *et al.*, 2018).

A suplementação de dietas para caprinos leiteiros com líquido da casca da castanha de caju pode ser uma estratégia promissora para modular a biohidrogenação ruminal e melhorar o perfil lipídico do leite. A inibição seletiva de bactérias Gram-positivas envolvidas na biohidrogenação pode favorecer a retenção de ácidos graxos insaturados e compostos intermediários, aumentando assim os teores de CLA e ácidos graxos poliinsaturados. No entanto, mais estudos são necessários para compreender melhor os efeitos do LCC na microbiota ruminal e na absorção de ácidos graxos no organismo das cabras. Caso sua eficácia seja comprovada, o seu uso pode representar uma alternativa sustentável para a pecuária, contribuindo para a melhoria da qualidade do leite e agregando valor nutricional ao produto final.

6 CONCLUSÃO

O líquido da casca da castanha do caju em dietas de cabras em lactação não influencia as variáveis nutricionais e produtivas dos animais. No entanto, influenciou no perfil lipídico do leite sendo favorável à saúde humana. O LCC pode ser uma estratégia a ser utilizada nos planos alimentares de ruminantes leiteiros, visando potencializar a concentração de ácidos graxos bioativos no leite.

REFERÊNCIAS

- ADERINBOYE, R. Y.; *et al.* Effect of dietary inclusion of cashew nut shell liquid on *in vitro* and *in vivo* protein digestibility and utilization in West African dwarf goats. **Nigerian Journal of Animal Production**, [s. l.], v. 45, n. 1, p. 325-334, 2018.
- ADETUNJI, A. P.; ADERINBOYE, R. Y.; ADEBAYO, K. O.; OJO, V. O.; IDOWU, P. A.; MTILENI, B. Effect of cashew nut shell liquid at varying inclusion levels on rumen fermentation and methane production *in vitro*. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, v. 8, n. 2, p. 82-87, 2020.
- AMPONG, I.; *et al.* Odd chain fatty acid metabolism in mice after a high fat diet. **Int J Biochem Cell Biol**, [s. l.], v. 143, p. 106135, 2022.
- AOAC. **Official Methods of Analysis**. 15th edition. Washington, DC: AOAC International, 1990.
- AOAC. **Official Methods of Analysis**. 18th edition. Arlington, VA: AOAC International, 2005.
- ARAÚJO, D.; *et al.* Effect of technical cashew nut shell liquid on growth, physicochemical and fatty acid composition of lamb meat. **Small Ruminant Research**, v. 227, p. 107070, 2023.
- BAUMAN, D. E.; *et al.* Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. **Proc Am Soc Anim Sci**, 1999.
- BAUMGARD, L. H.; *et al.* Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. **Am J Physiol**, [s. l.], p. 278: R179-R184, 2000.
- BAUMGARD, L. H.; *et al.* *Trans*-10, *cis*-12 conjugated linoleic acid decreases lipogenic rates and expression of genes involved in milk lipid synthesis in dairy cows. **J Dairy Sci**, [s. l.], v. 85, p. 2155-2163, 2002.
- BENCHAAAR, C.; PETIT, H. V.; BERTHIAUME, R.; WHYTE, T. D.; CHOUINARD, P. Y. Effects of addition of essential oils and monensin premix on digestion, ruminal fermentation, milk production, and milk composition in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 11, p. 4352-4364, 2006.
- BENCHAAAR, C.; *et al.* A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. **Animal Feed Science and Technology**, [s. l.], v. 145, n. 1-4, p. 209-228, 2008.
- BENCHAAAR, C.; PETIT, H. V.; BERTHIAUME, R.; OUELLET, D. R.; CHIQUETTE, J.; CHOUINARD, P. Y. Effects of essential oils on digestion, ruminal fermentation, rumen microbial populations, milk production, and milk composition in dairy cows fed alfalfa silage or corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 2, p. 886-897, 2007.
- BERNARD, L.; TORAL, P.; ROUEL, J.; CHILLIARD, Y. Effects of extruded linseed and level and type of starchy concentrate in a diet containing fish oil on dairy goat performance and milk fatty acid composition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 222, p. 31-42, 2016.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP - Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão, 2011.

BESSA, R. J. B.; *et al.* Reticulo-rúmen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. **Livestock Production Science**, [s. l.], v. 63, p. 201-211, 2000.

BITTANTE, G. Effects of breed, farm intensiveness, and cow productivity on infrared predicted milk urea. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 105, p.5084-5096, 2022.

BRANCO, A. F.; *et al.* Effect of technical cashew nutshell liquid on rumen methane emission and lactation performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 98, p. 4030-4040, 2015.

BRASK, M.; *et al.* Methane production and digestion of different physical forms of rapeseed as fat supplements in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 96, n. 4, p. 2356-2365, 2013.

BR-LEITE. **Exigências nutricionais de zebuínos leiteiros e cruzados**, 1ª ed. Viçosa: UFV Suprema Gráfica Ltda, 2024.

BRODERICK, G. A.; CLAYTON, M. K. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 80, p. 2964-2971, 1997.

CALLAWAY, T. R.; *et al.* Practical applications of probiotics in beef cattle production. In: **Direct-Fed Microbials and Prebiotics for Animals: Science and Mechanisms of Action**. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 301-322.

CALSAMIGLIA, S.; *et al.* Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 90, n. 6, p. 2580-2595, 2007.

CARVALHO, J. G. B. **Índices zootécnicos e morfometria intestinal de bovinos suplementados com a parede celular de *Saccharomyces cerevisiae***. 2022. 42 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

CHAUCHEYRAS-DURAND, F.; *et al.* Effects of active dry yeasts on the rumen microbial ecosystem: Past, present and future. **Animal Feed Science and Technology**, v. 145, n. 1-4, p. 5-26, 2008.

CHÁVARI, A. C. T. *et al.* Yield, composition, and fatty acid profile of milk from Anglo Nubian goats fed a diet supplemented with vegetable oils. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, 2020.

CHEN, X. B.; GOMES, J. M. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives: an overview of the technical details**. Bucksburn: Rowett Research Institute, 1992.

CHILLIARD, Y.; *et al.* A Review of Nutritional and Physiological Factors Affecting Goat Milk Lipid Synthesis and Lipolysis. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 86, p. 1751-1770, 2003.

CHILLIARD, Y.; *et al.* Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. **European Journal of Lipid Science and Technology**, [s. l.], v. 109, p. 828-855, 2007.

CONEGLIAN, S. M. **Uso de óleos essenciais de mamona e cajú em dietas de bovinos**. 2009. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

COUTINHO, D.A. *et al.* Intake, digestibility of nutrientes, milk production and composition in dairy cows fed on diets containing cashew nut shell liquid. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.36, n.3, p.311-316, 2014.

DANIELSSON, R.; *et al.* Effects on enteric methane production and bacterial and archaeal communities by the addition of cashew nut shell extract or glycerol An *in vitro* evaluation. **Journal of Dairy Science**, 97(9), 5729-5741, 2014.

DE JESUS, E. F.; *et al.* Influence of a blend of functional oils or monensin on nutrient intake and digestibility, ruminal fermentation and milk production of dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 219, p. 59-67, 2016.

DIAZ, T. G. Intake, digestibility of nutrients, milk production and composition in dairy cows fed on diets containing cashew nutshell liquid. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, [s. l.], v. 36, p. 311-316, 2013.

DIAZ, T. G.; *et al.* Líquido da casca da castanha de caju em dietas para ruminantes. **Revista Campo Digital**, [s. l.], v. 10, n. 1, 2015.

DILZER, A.; PARK, Y. Implication of conjugated linoleic acid (CLA) in human health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s. l.], v. 52, p. 488-513, 2012.

EBEID, H. M.; *et al.* *Moringa Oleifera* Oil Modulates Rumen Microflora to Mediate *In Vitro* Fermentation Kinetics and Methanogenesis in Total Mix Rations. **Current Microbiology**, [s. l.], v. 77, p. 1271-1282, 2020.

EL-ZAIAT, H. M.; ARAUJO, R. C.; LOUVANDINI, H.; PATIÑO, H. O.; ABDALLA, A. L. Effects of dietary replacement of urea with encapsulated nitrate and cashew nut shell liquid on nutrient digestibility, nitrogen balance, and carcass characteristics in growing lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 266, p. 114515, 2020.

FALCHERO, L.; *et al.* Variation in fatty acid composition of milk and cheese from cows grazed on two alpine pastures. **Dairy Science & Technology**, v. 90, n. 6, p. 657-672, 2010.

FIRKINS, J. L.; *et al.* Ruminal nitrogen metabolism: perspectives for integration of microbiology and nutrition for dairy. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 90, p. E1-E16, 2007.

FLACHS, P.; *et al.* The effect of n-3 fatty acids on glucose homeostasis and insulin sensitivity. **Physiological Research**, [s. l.], v. 63, p. S93-S118, 2014.

FOSSATI, P.; *et al.* Use of 3,5-dichloro-2-hydroxybenzenesulfonic acid/4-aminophenazone chromogenic system in direct enzymic assay of uric acid in serum and urine. **Clinical Chemistry**, [s. l.], v. 26, p. 227-231, 1980.

FRANÇA, R. A. **Utilização de leveduras vivas (*Saccharomyces cerevisiae*) na nutrição de ruminantes - uma revisão**. FAZU em Revista, Uberaba, v. 8, n. 1, p. 187-195, 2011.

FUJIHARA, T.; *et al.* The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. **Journal of Agricultural Science**, [s. l.], v. 109, p. 7-12, 1987.

GAITÁN-JIMÉNEZ, S. Y.; *et al.* Cashew (*Anacardium occidentale*) nut-shell liquid as antioxidant in bulk soybean oil. **Molecules**, v. 27, n. 24, p. 8733, 2022.

GANDRA, J. R.; *et al.* Effects of ricinoleic acid from castor oil and cashew nutshell liquid on nutrient digestibility and ruminal fermentation in dairy heifers. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 23, p. e21442022, 2022.

GANTNER, V.; *et al.* The overall and fat composition of milk of various species. **Mljekarstvo**, v. 65, n. 4, p. 223-231, 2015.

GINANE, C.; *et al.* Perception and hedonic value of basic tastes in domestic ruminants. **Physiology & Behavior**, [s. l.], v. 104, p. 666-674, 2011.

GOETSCH, A.; *et al.* Invited review: Feeding behavior of goats. **Journal of Animal Science**, [s. l.], v. 88, p. 361-373, 2009.

HASSAN, F. U.; *et al.* Phytogenic additives can modulate rumen microbiome to mediate fermentation kinetics and methanogenesis through exploiting diet-microbe interaction. **Frontiers in Veterinary Science**, [s. l.], v. 7, p. 575801, 2020.

HENRY, R. J.; *et al.* **Clinical Chemistry: Principles and Techniques**. New York: Harper & Row, 1974.

HUTJENS, M. F. **Feed additives**. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, v. 7, n. 2, p. 525-540, 1991.

IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005.

IDAMOKORO, E. M.; *et al.* Comparative fatty-acid profile and atherogenicity index of milk from free grazing Nguni, Boer and non-descript goats in South Africa. **Pastoralism**, [s. l.], v. 9, 2019.

JAYALAKSHMI, K.; SUMITHRA, A. Review on antibiotic residues in animal products and its impact on environments and human health. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 5, p. 1446-1451, 2017.

JAYEOLA, C. O.; *et al.* Production of Bioactive Compounds From Waste. In: **Therapeutic, Probiotic, and Unconventional Foods**. [s. l.]: Academic Press, p. 317-340, 2018.

JENSEN, R. G.; LAMMI-KEEFE, C. The anticarcinogenic conjugated fatty acid c9, t11-c18:2, or rumenic acid, in human milk: amounts and effects. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, [s. l.], v. 501, p. 153-160, 2001.

KANG, S.; *et al.* Rumen responses to dietary supplementation with cashew nut shell liquid and its cessation in sheep. **Animal Science Journal**, [s. l.], v. 89, n. 11, p. 1549-1555, 2018.

KENNEDY, A.; *et al.* Antiobesity mechanisms of action of conjugated linoleic acid. **Journal of Nutritional Biochemistry**, [s. l.], v. 21, p. 171-179, 2010.

KOBAYASHI, Y.; *et al.* Use of Asian selected agricultural byproducts to modulate rumen microbes and fermentation. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, [s. l.], v. 7, p. 70, 2016.

KONDA, S.; *et al.* Effect of cashew nut shell liquid feeding on fermentation and microbiota in the rumen of Thai native cattle and swamp buffaloes. **Livestock Science**, [s. l.], v. 226, p. 99-106, 2019.

KUBO, I.; *et al.* Structure-antibacterial activity relationship of anacardic acids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 41, p. 1016-1019, 1993.

KUBO, I.; NIHEI, K. I.; TSUJIMOTO, K. Antibacterial action of anacardic acids against methicillin resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 51, p. 7624-7628, 2003.

LEROY, F.; *et al.* Animal board invited review: Animal source foods in healthy, sustainable, and ethical diets - An argument against drastic limitation of livestock in the food system. **Animal**, v. 16, n. 3, p. 100457, 2022.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, [s. l.], v. 57, p. 347-358, 1996.

LOPEZ, A.; *et al.* Fatty acid profile in goat milk from high- and low-input conventional and organic systems. **Animals**, v. 9, n. 7, p. 452, 2019.

LUBI, M. C.; TACHILL, E. T. Cashew nut shell liquid (CNSL) - A versatile monomer for polymer synthesis. **Designed Monomers and Polymers**, [s. l.], v. 3, p. 123-153, 2000.

MAEDA, K.; *et al.* Network analysis and functional estimation of the microbiome reveal the effects of cashew nut shell liquid feeding on methanogen behaviour in the rumen. **Microbial Biotechnology**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 277-290, 2021.

MALAU-ADULI, A. E. O.; *et al.* Comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. **Australian Journal of Agricultural Research**, [s. l.], v. 48, p. 715-722, 1997.

MARQUES DE ALMEIDA, M.; HAENLEIN, G. F. **Goat Milk: 2.1 Production of Goat Milk**. In: **Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals**, p. 11-41, 2017.

MAZZETTO, S. E.; LOMONACO, D. **Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial**. Química Nova, [s. l.], v. 32, p. 732-741, 2009.

MCGRATH, J.; *et al.* Nutritional strategies in ruminants: A lifetime approach. **Research in Veterinary Science**, v. 116, p. 28-39, 2018.

MCGUFFEY, R. K.; *et al.* Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. E194-E203, 2001.

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, [s. l.], v. 64, p. 1548-1558, 1987.

MERTENS, D. R.; *et al.* Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, [s. l.], v. 85, p. 1217-1240, 2002.

MICHAILOFF, A. A.; *et al.* Effect of including functional oils in ovine diets on ruminal fermentation and performance. **Small Ruminant Research**, [s. l.], v. 185, p. 106084, 2020.

MOALLEM, U. Invited review: Roles of dietary n-3 fatty acids in performance, milk fat composition, and reproductive and immune systems in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 101, p. 8641-8661, 2018.

MULEY, A.; *et al.* Fatty fish or marine n-3 fatty acids for preventing DM?: a systematic review and meta-analysis. **Current Diabetes Reviews**, [s. l.], v. 10, p. 158-165, 2014.

NRC. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7th rev. edition. Washington, DC: National Academy Press, 2001.

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

OH, S.; *et al.* Ginkgo fruit extract as an additive to modify rumen microbiota and fermentation and to mitigate methane production. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 100, p. 1923-1934, 2017.

OH, S.; *et al.* Potency of cashew nut shell liquid in rumen modulation under different dietary conditions and indication of its surfactant action against rumen bacteria. **Journal of Animal Science and Technology**, [s. l.], v. 59, p. 27, 2017b.

OLAGOKE, K. O.; *et al.* Intake and digestibility of nutrients by wad goats fed diets containing varying levels of cashew nut shell liquid inclusion. **Animal Health and Production**, v. 63, p. 461-465, 2015.

OLIVEIRA, M. S. C.; *et al.* Antioxidant, larvicidal and antiacetylcholinesterase activities of cashew nut shell liquid constituents. **Acta Tropica**, v. 117, n. 3, p. 165-170, 2011.

ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v. 92, p. 449-503, 1979.

OSMARI, M. P.; *et al.* Líquido da casca da castanha de caju: características e aplicabilidades na produção animal. **PUBVET**, [s. l.], v. 9, p. 101-157, 2015.

OSMARI, M. P.; *et al.* Increasing dietary doses of cashew nut shell liquid on rumen and intestinal digestibility of nutrient in steers fed a high-grain diet. **Archivos de Zootecnia**, [s. l.], v. 66, n. 255, p. 375-381, 2017.

PALVANNAN, V.; BALAGURUNATHAN, K. Technical sustainability of cashew nut shell liquid as a renewable fuel in compression ignition engine. **European Journal of Scientific Research**, [s. l.], v. 76, n. 4, p. 614-627, 2012.

PARK, Y. W. **Goat Milk - Chemistry and Nutrition**. In: **Handbook of Milk of Non-Bovine Mammals**, p. 42-83, 2017.

PATRA, A. K.; *et al.* Effects of quillaja and yucca saponins on communities and select populations of rumen bacteria and archaea, and fermentation in vitro. **Journal of Applied Microbiology**, [s. l.], v. 113, n. 6, p. 1329-1340, 2012.

PEREIRA, E. S.; *et al.* Body composition and net energy requirements of Brazilian Somali lambs. **Italian Journal of Animal Science**, [s. l.], v. 13, p. 880-886, 2014.

PEREIRA, E. S.; *et al.* Effects of different lipid sources on intake, digestibility and purine derivatives in hair lambs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 100, n. 4, p. 723-730, 2016.

PEREIRA, R. A. G.; *et al.* Physicochemical and sensory characteristics of milk from goats supplemented with castor or licuri oil. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 93, n. 2, p. 456-462, 2010.

PÉREZ, E. V. B.; *et al.* Effects of dietary polyunsaturated fatty acid sources on expression of lipid-related genes in bovine milk somatic cells. **Scientific Reports**, [s. l.], v. 10, p. 14850, 2020.

PILARCZYK, R.; *et al.* Fatty acid profile and health lipid indices in the raw milk of Simmental and Holstein-Friesian cows from an organic farm. **South African Journal of Animal Science**, [s. l.], v. 45, n. 1, p. 30-38, 2015.

POORE, J.; NEMECEK, T. Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. **Science**, v. 360, n. 6392, p. 987-992, 2018.

PÓTI, P.; *et al.* Effect of micro-alga supplementation on goat and cow milk fatty acid composition. **Chilean Journal of Agricultural Research**, [s. l.], v. 75, n. 3, p. 259-263, 2015.

RAMOS, L. M. G.; *et al.* Effects of feeding growing-finishing lambs with cashew nut shell liquid on the growth performance, physicochemical attributes, lipid peroxidation and sensorial parameters of burger. **Small Ruminant Research**, [s. l.], v. 202, p. 106468, 2021.

REGO, O. A.; *et al.* Rumen biohydrogenation-derived fatty acids in milk fat from grazing dairy cows supplemented with rapeseed, sunflower, or linseed oils. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 92, p. 4530-4540, 2009.

RHEE, K. S. Fatty acids in meats and meat products. In: **Fatty Acids in Foods and Their Health Implications**. 2nd edition. New York: Marcel Dekker, 2000.

RICE, B. H.; *et al.* Meeting and exceeding dairy recommendations: effects of dairy consumption on nutrient intakes and risk of chronic disease. **Nutrition Reviews**, [s. l.], v. 71, p. 209-223, 2013.

RODRIGUES, J. P. P.; *et al.* Effects of soybean oil supplementation on performance, digestion and metabolism of early lactation dairy cows fed sugarcane-based diets. **Animal**, v. 12, p. 1-10, 2018.

RUSSELL, J. B.; STROBEL, H. J. Effect of ionophores on ruminal fermentation. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 55, n. 1, p. 1-6, 1989.

SAKAMURA, N. K.; *et al.* **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2014.

SANTOS, A. L. A. V. **Consumo, digestibilidade e fermentação ruminal de novilhas leiteiras suplementadas com ácido ricinoleico e líquido da casca da castanha do caju**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2018.

SANTOS-SILVA, J.; *et al.* Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. **Livestock Production Science**, [s. l.], v. 77, p. 187-194, 2002.

SANTOS-SILVA, J.; *et al.* Replacing cereals with dehydrated citrus pulp in a soybean oil supplemented diet increases vaccenic and rumenic acids in ewe milk. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 99, p. 1-10, 2016.

SCHETTINO, B.; *et al.* Fatty acid profile of goat milk in diets supplemented with chia seed (*Salvia hispanica* L.). **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 8, p. 6256-6265, 2017.

SERHAN, C. N.; CHIANG, N. Endogenous pro-resolving and anti-inflammatory lipid mediators: a new pharmacologic genus. **British Journal of Pharmacology**, [s. l.], v. 153, p. S200-S215, 2008.

SHAHIDI, F.; SENANAYAKE, S. P. J. N. Fatty Acids. In: **International Encyclopedia of Public Health**. San Diego: Academic Press, p. 594-603, 2008.

SHINKAI, T.; *et al.* Mitigation of methane production from cattle by feeding cashew nut shell liquid. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 95, p. 5308-5316, 2012.

SILANIKOVE, N.; *et al.* Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects. **Small Ruminant Research**, v. 89, n. 2-3, p. 110-124, 2010.

SNIFFEN, C. J.; *et al.* A Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets: II. Carbohydrate and Protein Availability. **Journal of Animal Science**, [s. l.], v. 70, p. 3562-3577, 1992.

SU, C.; *et al.* Microbial community structure of the bovine rumen as affected by feeding cashew nut shell liquid, a methane-inhibiting and propionate-enhancing agent. **Animal Science Journal**, [s. l.], v. 92, n. 1, p. e13503, 2021.

TAGER, L. R.; KRAUSE, K. M. Effects of essential oils on rumen fermentation, milk production, and feeding behavior in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 5, p. 2455-2464, 2011.

TASSOUL, M. D.; SHAVER, R. D. Effect of a mixture of supplemental dietary plant essential oils on performance of periparturient and early lactation dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 92, n. 4, p. 1734-1740, 2009.

PARK, Y. W.; *et al.* Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. **Small Ruminant Research**, v. 68, p. 88-113, 2007.

SIMÕES, J.; *et al.* Managing sheep and goats for sustainable high yield production. **Animal**, v. 15, p. 100293, 2021.

TAWAB, A. M. A. E.; *et al.* Effect of mixture of herbal plants on ruminal fermentation, degradability and gas production. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, [s. l.], v. 43, p. e48549, 2021.

TEDESCHI, L. O.; *et al.* Potential environmental benefits of feed additives and other strategies for ruminant production. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 291-309, 2011.

TEIXEIRA, A. M. A. I.; *et al.* Body composition, protein and energy efficiencies, and requirements for growth of F1 Boer x Saanen goat kids. **Journal of Animal Science**, [s. l.], v. 95, p. 2121-2132, 2007.

TORAL, P. G.; *et al.* Modulating ruminal lipid metabolism to improve the fatty acid composition of meat and milk. Challenges and opportunities. **Animal**, v. 12, n. s2, p. s272-s281, 2018.

TREVISAN, M. T. S.; *et al.* Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. **Food and Chemical Toxicology**, v. 44, n. 2, p. 188-197, 2006.

TURKMEN, N. The nutritional value and health benefits of goat milk components. In: **Nutrients in Dairy and their Implications on Health and Disease**. [s. l.]: Academic Press, p. 441-449, 2017.

ULBRICHT, T. L.; SOUTHGATE, D. A. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, [s. l.], v. 338, p. 985-992, 1991.

UNGERFELD, E. M. Shifts in metabolic hydrogen sinks in the methanogenesis-inhibited ruminal fermentation: A meta-analysis. **Frontiers in Microbiology**, [s. l.], v. 6, p. 37, 2015.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2nd edition. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

VAN SOEST, P. J.; *et al.* Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

FONSECA, C. E. M. **Proteína bruta em dietas de cabras em lactação**. 2004. Tese - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

VLAEMINCK, B.; *et al.* Postruminal synthesis modifies the odd- and branched-chain fatty acid profile from the duodenum to milk. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 98, p. 4829-4840, 2015.

VLAICU, P. A.; UNTEA, A. E. Feeding Strategies and Quality Assessments of Animal-Derived Products. **Agriculture**, v. 14, n. 11, p. 1949, 2024.

WANG, J. K.; *et al.* Effects of tea saponins on rumen microbiota, rumen fermentation, methane production and growth performance - a review. **Tropical Animal Health and Production**, [s. l.], v. 44, p. 697-706, 2012.

WATANABE, Y.; *et al.* In vitro evaluation of cashew nut shell liquid as a methane inhibiting and propionate-enhancing agent for ruminants. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 93, p. 5258-5267, 2010.

WEISS, W. P. Symposium: Prevailing concepts in energy utilization by ruminants. Predicting energy values of feeds. **Journal of Dairy Science**, [s. l.], v. 76, p. 1802-1811, 1993.

WILLETT, W.; *et al.* Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. **The Lancet**, v. 393, n. 10170, p. 447-492, 2019.

YOSHIMURA, E. H.; *et al.* Functionality of cow milk naturally enriched with polyunsaturated fatty acids and polyphenols in diets for diabetic rats. **PLoS One**, [s. l.], v. 13, p. e0195839, 2018.

YUCHENKO, S.; *et al.* Fatty acid profile of milk from Saanen and Swedish Landrace goats. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 254, p. 326-332, 2018.

ZENEBE, T.; *et al.* Review on medicinal and nutritional values of goat milk. **Academic Journal of Nutrition**, v. 3, n. 3, p. 30-39, 2014.

ZONGO, K.; *et al.* Total conjugated linoleic acid content of ruminant milk: The world status insights. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 334, p. 127555, 2021.