



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
E RECURSOS PESQUEIROS



**CASCA DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey) NA ALIMENTAÇÃO DE
VACAS LEITEIRAS**

NURIELY DE SÁ TEIXEIRA SOUZA

MANAUS-AMAZONAS

JULHO – 2026

NURIELY DE SÁ TEIXEIRA SOUZA

**CASCA DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey) NA ALIMENTAÇÃO DE
VACAS LEITEIRAS**

Orientador: Dr. Michel do Vale Maciel

Coorientador: Dra. Laura Priscila Araújo Amaro Maciel

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros - PPGCARP da Universidade Federal do Amazonas - UFAM como requisito final para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, área de concentração Produção Animal.

MANAUS-AMAZONAS

JULHO – 2026

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

-
- S729c Souza, Nuriely de Sá Teixeira
 Casca de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey) na alimentação de
vacas leiteiras / Nuriely de Sá Teixeira Souza. - 2026.
 39 f. : il., color. ; 31 cm.
- Orientador(a): Michel do Vale Maciel.
 Coorientador(a): Laura Priscila Araújo Amaro Maciel.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa
de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, Manaus
(AM), 2026.
1. Alimentação alternativa. 2. Nutrição animal. 3. Produção de leite. 4.
Resíduo amazônico. 5. Sustentabilidade. I. Maciel, Michel do Vale. II.
Maciel, Laura Priscila Araújo Amaro. III. Universidade Federal do
Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos
Pesqueiros. IV. Título
-

NURIELY DE SÁ TEIXEIRA SOUZA

**CASCA DE TUCUMÃ (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey) NA ALIMENTAÇÃO DE
VACAS LEITEIRAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros.

Aprovada em 22 de maio de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 MICHEL DO VALE MACIEL
Data: 21/07/2026 11:44:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Michel do Vale Maciel – Presidente
Universidade Federal do Amazonas

Documento assinado digitalmente
 ERIKA CRISTINA DIAS DE OLIVEIRA BRELAZ
Data: 21/07/2026 11:42:04-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Érika Cristina Dias de Oliveira Brelaz - Membro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas

Documento assinado digitalmente
 JANAINA DE LIMA SILVA
Data: 21/07/2026 09:04:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Janaina de Lima Silva - Membro
Universidade Federal de Sergipe

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar ao autor da vida, rendo graças a Deus por Sua infinita e grandiosa bondade. A Ele devo tudo o que sou e tenho, e diante dEle coloco mais este sonho realizado.

Aos meus familiares, em especial à minha mãe pelo amor incondicional, apoio constante e por sempre acreditar em mim, mesmo nos momentos mais desafiadores.

Às minhas filhas, que são minha maior motivação e fonte de força diária, por compreenderem minha ausência em tantos momentos e por tornarem tudo mais significativo.

Ao meu amor, Arione, pela parceria, apoio, paciência e incentivo constante. Obrigada por caminhar ao meu lado e tornar essa jornada mais leve.

Ao meu orientador Dr. Michel do Vale Maciel, pelo acolhimento, conselhos e incentivo durante esses anos e, especialmente, por exercer com maestria a sua função de compartilhar seu conhecimento.

A minha coorientadora Dra. Laura Priscila Araújo Amaro Maciel pela colaboração e conhecimentos transmitidos.

Aos Professores da Pós-Graduação que de uma forma direta ou indireta contribuíram para minha formação acadêmica e profissional.

Aos membros do Laboratório de Nutrição Animal do ICZES – UFAM/Parintins e do LAFOPAST (Laboratório de Forragicultura e Pastagens) UFAM/Manaus.

Aos amigos de jornada PPGCARP, pela parceria, trocas de conhecimento, apoio mútuo e por tornarem essa caminhada mais leve e enriquecedora.

A Agência de Desenvolvimento Sustentável do Amazonas – ADS pela compreensão e apoio durante o período de realização deste estudo, especialmente pela liberação concedida para a execução do experimento. Esse suporte foi fundamental para a concretização desta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros – PPGCARP, bem como ao Programa Institucional de Apoio à Pós-Graduação *strictu sensu* – POSGRAD, da Universidade Federal do Amazonas, por todo suporte concedido durante esta trajetória.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas – FAPEAM, pelo financiamento concedido para realização do projeto Uso do Tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) na Alimentação de Ruminantes e Produção de Derivados Lácteos do Edital N° 010/2022 – PDCA/AM e pela concessão da bolsa de Mestrado.

A todos, que contribuíram e ajudaram de alguma forma para o sucesso desse trabalho.

RESUMO

A produção leiteira no Amazonas enfrenta desafios relacionados à sazonalidade da produção de forragens e aos elevados custos alimentares, tornando necessária a busca por alternativas sustentáveis para a alimentação animal. Nesse contexto, objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de casca de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey) em substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiacu na dieta de vacas leiteiras sobre o comportamento ingestivo, consumo de nutrientes, digestibilidade aparente, produção, composição química e perfil de ácidos graxos do leite. Foram utilizadas vacas Jersey em lactação distribuídas em delineamento Quadrado Latino 4×4 , recebendo dietas contendo 0, 5, 10 e 15% de inclusão de casca de tucumã. A inclusão do resíduo não comprometeu o comportamento ingestivo dos animais, o consumo de matéria seca e a digestibilidade dos nutrientes, evidenciando a manutenção da eficiência nutricional e do ambiente ruminal. A produção e a composição química do leite permaneceram inalteradas, demonstrando que o desempenho produtivo foi mantido em todos os níveis avaliados. No perfil de ácidos graxos do leite, observou-se redução linear significativa dos ácidos palmítico (C16:0), tricosanóico (C23:0) e lignocérico (C24:0), bem como aumento linear do ácido oleico (C18:1 cis-9). Adicionalmente, houve redução do índice de aterogenicidade e aumento da relação hipocolesterolêmicosêmicos (h), indicando melhora da qualidade nutricional da gordura do leite e potencial benefício à saúde humana. A redução do ácido palmítico, associada ao aumento do ácido oleico, sugere a obtenção de um leite com menor potencial aterogênico e perfil lipídico mais favorável ao metabolismo do colesterol. Conclui-se que a inclusão de até 15% de casca de tucumã na dieta de vacas leiteiras constitui uma alternativa promissora para sistemas leiteiros amazônicos, por manter o desempenho produtivo dos animais, agregar valor a um resíduo regional e melhorar a qualidade nutricional do leite produzido.

Palavras-chave: Alimentação alternativa, Nutrição animal, Produção de leite, Resíduo amazônico, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Milk production in the Amazonas region faces challenges related to forage seasonality and high feed costs, highlighting the need for sustainable alternatives for animal feeding. In this context, the present study aimed to evaluate the effects of including tucumã peel (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey) as a substitute for BRS Capiçu elephant grass in the diet of dairy cows on ingestive behavior, nutrient intake, apparent digestibility, milk yield, milk composition, and milk fatty acid profile. Lactating Jersey cows were assigned to a 4×4 Latin square design and fed diets containing 0, 5, 10, and 15% tucumã peel inclusion. The inclusion of this agro-industrial by-product did not impair ingestive behavior, dry matter intake, or nutrient digestibility, indicating the maintenance of nutritional efficiency and ruminal function. Milk yield and chemical composition remained unchanged, demonstrating that productive performance was maintained across all inclusion levels. Regarding the milk fatty acid profile, a significant linear decrease was observed for palmitic (C16:0), tricosanoic (C23:0), and lignoceric (C24:0) acids, whereas oleic acid (C18:1 *cis*-9) increased linearly with tucumã peel inclusion. Additionally, a reduction in the atherogenicity index and an increase in the hypocholesterolemic-to-hypercholesterolemic fatty acid ratio (h/H) were observed, indicating improvements in the nutritional quality of milk fat and potential benefits for human health. The reduction in palmitic acid associated with the increase in oleic acid suggests the production of milk with lower atherogenic potential and a more favorable lipid profile for cholesterol metabolism. It is concluded that the inclusion of up to 15% tucumã peel in the diet of dairy cows is a promising alternative for Amazonian dairy production systems, as it maintains animal productive performance, adds value to a regional agro-industrial by-product, and improves the nutritional quality of the milk produced.

Keywords: Alternative feeding, Animal nutrition, Milk production, Amazonian by-product, Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. A – Baías cobertas, com piso de concreto, dispostas com comedouro e bebedouro; B - Vacas dispostas em baias individuais.....	11
Figura 2. A - Casca de tucumã úmida, B – Casca de tucumã seca.....	12
Figura 3. A – Ingredientes da dieta sendo pesados, B – Vaca se alimentando.....	14
Figura 4. Amostras de fezes colocadas em estufa de circulação forçada de ar à 65°C por 72h	15
Figura 5. Confeção de amostras compostas por animal e período experimental.....	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química dos ingredientes da dieta para vacas leiteiras.....	12
Tabela 2. Composição da dieta de acordo com os níveis de inclusão de casca de tucumã para vacas leiteira.....	13
Tabela 3. Tempos médios de comportamento ingestivo (min/dia) de vacas leiteiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de casca de tucumã em substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiçu.....	19
Tabela 4. Consumo de Nutrientes de vacas leiteiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de casca de tucumã em substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiçu.....	21
Tabela 5. Coeficiente de digestibilidade aparente de vacas leiteiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de casca de tucumã em substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiçu.....	24
Tabela 6. Produção e composição química do leite de vacas alimentadas com diferentes níveis de inclusão de casca de tucumã em substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiçu.....	26
Tabela 7. Perfil de Ácidos Graxos do leite de vacas alimentadas com diferentes níveis de inclusão de casca de tucumã em substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiçu.....	29

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	OBJETIVOS.....	3
2.1.	Objetivo Geral.....	3
2.2.	Objetivos Específicos.....	3
3.	REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1.	Panorama da produção leiteira no Amazonas.....	4
3.2.	Nutrição de vacas leiteiras.....	5
3.3.	Tucumã (<i>Astrocaryum aculeatum</i> G. Mey).....	7
3.4.	Fatores que afetam o consumo, digestibilidade e o comportamento ingestivo de vacas leiteiras.....	9
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	10
4.1.	Área de estudo e Animais.....	10
4.2.	Obtenção e Preparo da Casca de Tucumã (<i>A. aculeatum</i>).....	11
4.3.	Dietas Experimentais.....	12
4.4.	Comportamento Ingestivo.....	14
4.5.	Determinação do Consumo e Digestibilidade.....	15
4.6.	Análises Químicas.....	15
4.7.	Produção e Composição Química do Leite.....	16
4.8.	Análise de Ácidos Graxos do Leite.....	16
4.9.	Análise Estatística	17
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5.1.	Comportamento Ingestivo.....	19
5.2.	Consumo de Nutrientes.....	21
5.3.	Digestibilidade Aparente.....	24
5.4.	Produção e Composição Química do Leite.....	26
5.5.	Perfil de Ácidos Graxos.....	29
6.	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

A produção de leite no Brasil configura-se como um setor estratégico dentro da agropecuária nacional, responsável por atender uma demanda crescente por alimentos de origem animal e por gerar renda para milhões de produtores rurais, desde agricultores familiares até grandes propriedades comerciais. O país destaca-se como um dos maiores produtores mundiais de leite, captando aproximadamente 25,38 bilhões de litros de leite em 2024, representando um aumento de 3,1% em relação a 2023 (IBGE, 2024).

Na região amazônica, a produção de leite enfrenta desafios relacionados à sazonalidade na oferta de forragens, logística de transporte de insumos, elevados custos de alimentação e à necessidade de adoção de estratégias mais sustentáveis de produção. Nesse contexto, a busca por alimentos alternativos, especialmente aqueles oriundos de subprodutos agroindustriais regionais, torna-se fundamental para a redução de custos e para o aproveitamento de resíduos com potencial nutritivo.

O tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey) é uma palmeira amplamente distribuída na Amazônia, cujo fruto apresenta grande importância econômica e cultural. Durante o processamento do fruto para consumo e industrialização, há geração de resíduos, como a casca, que muitas vezes é descartada de forma inadequada, podendo causar problemas ambientais. A produção de tucumã no estado do Amazonas é algo a ser estudado, pois são comercializados anualmente 367,8 toneladas de frutos de tucumã nas feiras e mercados de Manaus (Didonet e Ferraz, 2014). Dessa forma, estima-se que a casca de tucumã equivale a 28,33% do peso do fruto, o que utilizando a estimativa de produção anual, equivale a 104 toneladas de resíduo apenas nas feiras de Manaus, oriundos do despulpamento do fruto.

Embora a casca não seja habitualmente consumida como alimento, sua composição é rica em compostos bioativos incluindo polifenóis (ácido gálico, cafeico e clorogênico), flavonoides (rutina e quercetina) e carotenoides (Garcia, 2012). Essas substâncias conferem forte potencial antioxidante, anti-inflamatório e antimicrobiano em proporções maiores até do que a polpa, possibilitando sua utilização como fonte de matéria-prima para a indústria farmacêutica e de alimentos, quer seja para humanos ou animal (Jobim *et al.*, 2014; Sagrillo *et al.*, 2015; Matos *et al.*, 2019). Trabalhos anteriores já demonstraram que na composição química do fruto do tucumã encontra-se, em média, 46% de umidade, 5% de proteína bruta, 30% de lipídios, 9% de fibra bruta e 3% de minerais, apresentando, ainda, elevado potencial de pró-vitamina A (5.000 a 50.000 Unidades Internacionais) (Morais; Dias, 2001; Yuyama, 2008).

Paralelamente, o uso de forragens tradicionais, como o capim-elefante cultivar BRS Capiçu, embora amplamente difundido, pode apresentar limitações relacionadas à produção, conservação e custo, especialmente em determinadas épocas do ano. O clima amazônico, caracterizado por alta pluviosidade, períodos de enchentes e solos de baixa fertilidade limita a produção de forragens exigindo correções de solo e adubação que aumentam os custos de produção. Além disso, os períodos de chuvas intensas dificultam a colheita e a conservação dos volumosos, elevando ainda mais o investimento necessário. A logística também contribui significativamente para o encarecimento, uma vez que muitos insumos são transportados de outras regiões do Brasil, enfrentando longas distâncias, infraestrutura rodoviária limitada e dependência de hidrovias. Dessa forma, a substituição parcial desse volumoso por subprodutos regionais pode representar uma alternativa viável para sistemas de produção leiteira mais eficientes e sustentáveis (Vieira *et. al.*, 2024).

Apesar do potencial da casca de tucumã como ingrediente para a dieta de animais ruminantes, ainda são escassas as informações científicas no que se refere aos efeitos sobre o consumo, digestibilidade, produção e composição do leite. Assim, torna-se necessário investigar os níveis adequados de inclusão desse resíduo na dieta de vacas em lactação, de modo a garantir o desempenho produtivo dos animais sem comprometer a eficiência do sistema. Essa prática não apenas reduz o custo da dieta, mas também promove a valorização de subprodutos regionais, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e econômica da produção leiteira na Amazônia.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o efeito da inclusão de casca de tucumã (*A. aculeatum* G. Mey) em substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiçu na dieta de vacas em lactação sobre o desempenho produtivo e parâmetros nutricionais.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar o consumo e digestibilidade de dietas formuladas com níveis crescentes de casca de tucumã em substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiçu na alimentação de vacas leiteiras;
- Determinar os efeitos da inclusão de níveis crescentes de casca de tucumã sobre o comportamento ingestivo;
- Avaliar a produção e composição química do leite de vacas leiteiras alimentadas com o casca de tucumã em níveis de substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiçu;
- Avaliar o perfil de ácidos graxos do leite de vacas leiteiras alimentadas com casca de tucumã em níveis de substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiçu;
- Indicar o nível ideal de inclusão de casca de tucumã em dietas para vacas leiteiras.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Panorama da produção leiteira no Amazonas

A pecuária leiteira no Amazonas possui um histórico diretamente associado ao processo de ocupação econômica e social da região. Desde o início, a atividade esteve presente em pequenas propriedades rurais, com a finalidade de suprir o consumo das populações locais, sobretudo nas áreas urbanas. Entretanto, diversos fatores estruturais, como a baixa densidade populacional no meio rural, o isolamento geográfico e a ausência de políticas públicas específicas dificultaram o desenvolvimento competitivo da cadeia leiteira no estado (EMBRAPA, 2021).

O estado do Amazonas permanece entre os menores produtores de leite do país, com participação equivalente a apenas 0,11% da produção nacional em 2023, de acordo com o IBGE (2024). Em 2023 a bovinocultura de leite no estado atingiu uma produção de 43.381.000 litros, com valor de produção mais de 107 milhões de reais (IBGE, 2024). Os municípios com maior produção de leite bovino no Amazonas são Autazes com 12,4 milhões litros por ano, seguido de Careiro da Várzea, com 9 milhões de litros e Apuí que registra uma produção de 5 milhões de litros por ano (IBGE, 2024). Apesar desse volume, o estado ocupou a 23ª posição no ranking nacional de produção de leite, representando uma pequena parcela da produção brasileira.

A produção de volumosos na região Amazônica enfrenta sérios entraves relacionados às condições edafoclimáticas, socioeconômicas e logísticas. Os solos da região, em sua maioria ácidos e de baixa fertilidade natural, demandam elevados investimentos em correção e adubação para o cultivo de forragens de alta qualidade (Silva *et al.*, 2020). Além disso, a elevada pluviosidade, associada à falta de infraestrutura adequada, compromete práticas de conservação de forragens, como a ensilagem e a fenação, aumentando os custos de produção (Maggioni; Marques, 2007). Essa realidade limita a disponibilidade de volumosos de qualidade, elevando a dependência de insumos externos e encarecendo a produção leiteira no estado do Amazona.

Nesse cenário, o uso de forrageiras adaptadas às condições tropicais tem sido incentivado como alternativa para a produção sustentável de volumosos. Entre elas, destaca-se o capim-elefante BRS Capiacu (*Pennisetum purpureum*), é uma das principais cultivares desenvolvidas pela EMBRAPA para a produção de volumoso em sistemas leiteiros tropicais. Sua principal característica é a elevada produção de biomassa, podendo atingir cerca de 300 toneladas de matéria verde por hectare por ano e aproximadamente 50 toneladas de matéria seca por hectare por ano, quando adequadamente manejado. Além disso, apresenta elevado potencial de rebrota, boa adaptação às condições climáticas tropicais e menor custo de produção do

volumoso quando comparado a culturas como milho para silagem, tornando-se uma alternativa economicamente viável para pequenos e médios produtores de leite (EMBRAPA, 2017). No estado do Amazonas, sua adoção tem sido cada vez mais expressiva, especialmente em sistemas de agricultura familiar, devido à sua rusticidade, boa adaptação a solos de baixa fertilidade e elevado potencial para ensilagem, o que contribui para reduzir a dependência de volumosos oriundos de outras regiões (Santos *et al.*, 2021).

Apesar do grande potencial produtivo, a Amazônia apresenta importantes desafios para a pecuária leiteira que podem comprometer a oferta contínua de alimentos ao rebanho, a sazonalidade da produção forrageira constitui um dos principais entraves para a pecuária leiteira na Amazônia. Enquanto nas áreas de várzea as cheias comprometem temporariamente a disponibilidade de alimento, nas áreas de terra firme a baixa fertilidade dos solos e a redução da produção das pastagens durante o período menos chuvoso limitam a produtividade animal (EMBRAPA, 2017). Tais fatores contribuem para instabilidade da oferta de leite ao longo do ano, comprometendo a rentabilidade dos produtores. A baixa adoção de tecnologias de manejo e a limitação de volumosos de qualidade figuram como os principais gargalos para o avanço da pecuária leiteira na região (Carvalho *et al.*, 2019).

Nesse contexto, o capim-elefante BRS Capiáu destaca-se pelo elevado potencial produtivo, capacidade de produção de volumoso de baixo custo e possibilidade de conservação na forma de silagem, constituindo uma alternativa estratégica para garantir a segurança alimentar dos rebanhos leiteiros amazônicos e promover maior sustentabilidade econômica dos sistemas produtivos.

3.2. Nutrição de vacas leiteiras e uso de alimentos não convencionais

A nutrição de vacas leiteiras desempenha um papel fundamental não apenas na manutenção da produtividade, mas também na saúde e eficiência reprodutiva dos animais. De acordo com Alves *et al.* (2009), os avanços na genética e no manejo de rebanhos leiteiros elevaram significativamente a exigência nutricional das vacas, tornando imprescindível o fornecimento de dieta balanceadas que atendam as demandas de produção e reprodução.

A casca de tucumã apresenta composição nutricional marcada por elevado teor de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e fração lipídica residual, o que lhe confere potencial como ingrediente energético e volumoso alternativo. De acordo com Carvalho *et al.* (2017), a casca pode conter valores de FDN superiores a 60% e FDA próximos a 45%, características que, embora limitem sua digestibilidade quando usada em níveis

elevados, contribuem para o adequado funcionamento do rúmen, estimulando a mastigação e a produção de saliva, essenciais para a manutenção do pH ruminal.

Além da fração fibrosa, a casca de tucumã contém carboidratos não fibrosos e lipídeos remanescentes da polpa, que elevam seu aporte energético. Ferreira *et al.* (2008) observaram que subprodutos oleaginosos regionais, incluindo resíduos do tucumã, apresentam valores energéticos médios entre 2,0 e 2,5 Mcal de energia metabolizável/kg de matéria seca, possibilitando seu uso como fonte complementar de energia para vacas em lactação. Esse equilíbrio entre fibra e energia faz da casca de tucumã um ingrediente estratégico para substituição parcial do volumoso, reduzindo a total dependência de forragens tradicionais sem comprometer a produção de leite.

Na nutrição de vacas leiteiras, a inclusão de fibras com adequada digestibilidade é fundamental para evitar distúrbios metabólicos, como a acidose ruminal, comumente associada a dietas altamente concentradas (NRC, 2001). Nesse sentido, a casca de tucumã pode atuar como fibra efetiva, promovendo maior tempo de ruminação e contribuindo para o balanço entre carboidratos estruturais e não estruturais da dieta.

Na região amazônica, especialmente no estado do Amazonas e no município de Parintins, a atividade leiteira é predominantemente desenvolvida por pequenos produtores rurais, em sistemas extensivos e com baixa tecnificação, ocupando áreas que podem ser divididas em áreas de terra firme e várzea (Brandão, 2023). As áreas de terra firme não sofrem inundações ao longo do ano e são caracterizadas por solos pobres e vegetação adaptada a condições de baixa fertilidade e alta acidez, resultando em pastagens de menor valor nutricional e menor produtividade de matéria seca, o que torna imprescindível a inclusão de alimentos alternativos (Mota *et al.*, 2012; Mitraud, 2013). Por outro lado, as áreas de várzea sofrem inundações sazonais, mas apresentam elevada fertilidade e produzem forragens de alto valor nutricional, especialmente na estação seca (Mota *et al.*, 2012; Mitraud, 2013).

Nesse sentido, a nutrição dos animais, associada às condições ambientais e ao tipo de pastagem disponível, exerce influência direta sobre a qualidade do leite produzido, especialmente no que se refere aos seus parâmetros físico-químicos, os quais são essenciais para avaliação industrial, comercial e nutricional do produto.

Segundo Muller e Rempel (2021), a composição físico-química do leite, incluindo gordura, proteína, extrato seco total, extrato seco desengordurado, densidade, acidez e índice crioscópico, é fortemente afetada pela dieta e pelo manejo alimentar. Dietas com bom teor de fibra promovem maiores teores de gordura, enquanto desequilíbrios nutricionais podem reduzir a concentração de proteína e afetar a estabilidade do produto. Os mesmos autores destacam que

falhas na nutrição e no manejo se refletem em alterações nos parâmetros físico-químicos e podem comprometer a qualidade industrial e comercial do leite.

Sandoval e Ribeiro (2021) enfatizam que esses parâmetros são essenciais para avaliar a integridade e a segurança do leite, sendo utilizados como referência para o processamento, comercialização e conformidade com exigências legais. Assim, garantir uma alimentação adequada ao rebanho é fundamental não apenas para a saúde e produtividade dos animais, mas também para assegurar a qualidade físico-química do leite e sua aceitação no mercado.

3.3. Tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey)

O tucumã é uma palmeira tropical pertencente ao gênero *Astrocaryum*, da família *Arecaceae*, e apresenta grande relevância econômica e nutricional, especialmente na região amazônica. Dentre as principais espécies, destacam-se o tucumã-do-Pará (*Astrocaryum vulgare*) e o tucumã-do-Amazonas (*Astrocaryum aculeatum*), amplamente utilizados tanto para consumo humano quanto para a extração de óleo e aproveitamento de seus subprodutos (Machado *et al.*, 2022).

O *A. vulgare* tem ampla distribuição na região Norte (Amapá, Pará e Tocantins), Nordeste (Maranhão e Piauí) e Centro-Oeste (Goiás). Essa espécie se adapta bem a diferentes tipos de solo e pode ser cultivada em sistemas agroflorestais, sendo considerada uma alternativa sustentável para a produção de óleo vegetal. De acordo com Menezes *et al.* (2022), a produtividade do tucumã-do-Pará pode alcançar 1,7 toneladas de óleo por hectare ao ano, representando até 50% da produtividade do dendê (*Elaeis guineensis*), o que reforça seu potencial estratégico como fonte de óleo vegetal.

O *A. aculeatum* é encontrado principalmente no Norte do Brasil, em estados como Amazonas, Acre, Pará, Rondônia e Roraima. A planta pode atingir até 25 metros de altura e apresentar um diâmetro de tronco de aproximadamente 40 cm. Seus frutos são globosos, de coloração alaranjada, com epicarpo liso e mesocarpo carnoso e oleoso, conferindo um sabor adocicado ao fruto (Vianna, 2020 e Silva *et al.*, 2023), é encontrada em terra firme na Amazônia e com grande potencial econômico, usada principalmente na obtenção dos frutos. A exploração da polpa de tucumã representa uma atividade econômica significativa e crescente no âmbito regional, é comestível e muito apreciada pela população do Estado do Amazonas.

Uma palmeira típica produz cerca de 50 quilos de frutos por ano, em geral, os tucumazeiros produzem de 2 a 3 cachos anualmente, mas podem chegar a mais de 5 cachos. Cada cacho pesa entre 10 a 30 quilos e contém de 200 a 400 ou mais frutos. Esta espécie pode alcançar de 10 a 15m de altura, 15 a 20cm de diâmetro (Clement *et al.*, 2005). Cresce nos solos

pobres de terra firme, sua boa resistência ao fogo e abundante produção de sementes aumentam a frequência de plantas em áreas desmatadas como roçados, pastagens e capoeiras. Tem característica de florescer e frutificar durante quase todo o ano (Oliveira *et al.*, 2003).

O tucumã é um fruto que possui epicarpo liso e duro, o pirênio representa cerca de 29,7% do peso total do fruto; o mesocarpo é amarelo-alaranjado, firme, fibroso, bastante oleaginoso, com cerca de 32% de lipídios (Yuyama *et al.*, 2008).

A polpa é considerada uma fonte alimentícia altamente calórica, (Moraes; Dias, 2001) devido ao elevado conteúdo de lipídios, apresenta ainda quantidade expressiva do precursor da vitamina A (boa atividade antioxidante), (Siqueira, 2014) teores satisfatórios de fibra e vitamina E (Brochier, 2000).

O tucumã possui constituintes químicos em sua polpa como α -tocoferol, ácidos graxos, flavonoides e polissacarídeos, além de carotenoides de alta atividade antioxidante (Rodrigues *et al.*, 2010, Santos *et al.*, 2017). Pesquisas apontam que esses compostos conferem ao fruto propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e anti-hiperglicemiantes, associadas principalmente à sua composição de carotenoides (Pardauil *et al.*, 2022).

A composição nutricional do tucumã apresenta diferenças marcantes entre a polpa e a casca, refletindo potenciais distintos de utilização na alimentação de vacas leiteiras. A polpa do tucumã se destaca por apresentar concentrações relevantes de carboidratos (40–50%), proteína bruta em torno de 7–9% e carotenoides (8–12 mg/100g), conferindo alto valor energético (Yuyama *et al.*, 2008; Silva, 2016). Apresenta elevado teor de lipídios, tanto na polpa quanto nos resíduos, com predominância de ácidos graxos insaturados, principalmente o ácido oleico (C18:1) de 60 – 76%, seguido de ácido linoleico (C18:2) 10 – 14%; e menores proporções de ácidos saturados como palmítico (C16:0) 10 – 14% e esteárico (C18:0) 4 – 9% (Linhares, *et al.*, 2019). Na fração da casca, também há presença significativa de lipídios e composição semelhante de ácidos graxos, reforçando seu potencial como ingrediente energético e funcional na dieta animal. Esse perfil indica um óleo com elevada proporção de ácidos graxos insaturados, o que confere maior fluidez lipídica, estabilidade metabólica e potencial funcional em sistemas biológicos (Santos *et al.*, 2022).

Por outro lado, a casca do tucumã é caracterizada por um aporte expressivo de fibras, com valores de FDN entre 55–65% e FDA entre 40–50%, enquanto os teores de lipídios permanecem baixos (3–6%). Esse perfil confere à casca um papel importante como fonte de fibra efetiva na dieta, favorecendo a mastigação e a ruminação, além de contribuir para a manutenção da saúde ruminal. Apesar do menor valor energético quando comparada à polpa, a casca ainda apresenta carboidratos (30–40%) e proteína bruta moderada (5–7%), o que pode

auxiliar no aporte de nutrientes em dietas balanceadas (Carvalho *et al.*, 2017; Ferreira *et al.*, 2008).

De acordo com esses estudos, ao fornecer fibra de qualidade e carboidratos estruturais, a casca pode contribuir para manter a função ruminal e a ingestão de matéria seca, sem comprometer o desempenho produtivo, desde que utilizada em níveis adequados de inclusão.

3.4. Fatores que afetam o consumo, digestibilidade e o comportamento ingestivo de vacas leiteiras

A eficiência produtiva de vacas leiteiras está diretamente ligada ao consumo de matéria seca, à digestibilidade dos nutrientes e ao comportamento ingestivo dos animais. Esses parâmetros são influenciados por uma série de fatores, como a composição físico-química da dieta, o tipo e proporção dos ingredientes utilizados, o manejo alimentar e as condições ambientais (Hynes *et al.*, 2016).

De acordo com Santos *et al.* (2020), alterações na fração fibrosa e nos teores lipídicos da dieta modificam não apenas a fermentação ruminal e a síntese de proteína microbiana, mas também o padrão de ingestão, ruminação e ócio. A densidade energética da dieta, a palatabilidade e a efetividade física da fibra são decisivas para o consumo e para a taxa de passagem ruminal, enquanto a composição e o tamanho de partículas modulam o tempo de ingestão e ruminação (Haselmann *et al.*, 2019; Rafiee-Yarandi *et al.*, 2019).

A casca do tucumã caracteriza-se por apresentar elevadas concentrações de fibras estruturais, principalmente fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), que representam a fração menos digestível da parede celular vegetal. Estudos realizados na região Norte apontam valores médios de FDN entre 55 e 65% e FDA em torno de 40 a 50%, evidenciando que a casca é predominantemente composta por carboidratos fibrosos de baixa degradabilidade ruminal, com alta proporção de celulose, hemicelulose e lignina (Carvalho *et al.*, 2017; Ferreira *et al.*, 2008). Dessa forma, pode-se afirmar que a fibra presente na casca do tucumã é majoritariamente indigestível ou de lenta fermentação, quando comparada às frações fibrosas mais solúveis presentes em forragens de melhor qualidade.

Em relação ao perfil de carboidratos, a casca de tucumã contém principalmente carboidratos fibrosos, com reduzida presença de carboidratos não fibrosos, como açúcares e amido. Esse aspecto limita o valor energético do ingrediente, mas, ao mesmo tempo, confere um papel fundamental na manutenção da saúde ruminal, por estimular a mastigação e a salivação, além de favorecer a regulação do pH ruminal e a fermentação microbiana (Sá, 2023).

O impacto da inclusão da casca de tucumã na produção de leite está diretamente relacionado à sua função de fornecedora de fibra efetiva. Quando utilizada em níveis adequados de substituição do volumoso, contribui para manter o tempo de ruminação e a digestibilidade da matéria seca, prevenindo distúrbios metabólicos como a acidose. No entanto, devido à sua baixa digestibilidade, a inclusão em excesso pode reduzir a ingestão de energia líquida, comprometendo o potencial produtivo das vacas.

Na composição do leite, a presença de fibra em maior concentração tende a impactar positivamente no teor de gordura. Isso ocorre porque a fermentação de carboidratos fibrosos no rúmen resulta em maior produção de acetato e butirato, principais precursores da síntese de ácidos graxos de cadeia curta no leite (Van Soest, 1994; Allen, 2000). Por outro lado, dietas ricas em fibra de baixa digestibilidade podem limitar a produção de lactose e proteína do leite, devido ao menor aporte de energia líquida disponível para a glândula mamária. Dessa forma, a utilização da casca de tucumã pode contribuir para aumentar ou manter os teores de gordura no leite, mas deve ser balanceada com ingredientes que assegurem aporte energético adequado, evitando perdas em produção e em outros componentes do leite.

Dietas com fibra efetiva estimulam a ruminação e a produção de saliva, auxiliando na manutenção do pH ruminal. Em sistemas coletivos, a competição por alimento pode reduzir o consumo de vacas submissas, alterando seu comportamento ingestivo (Phillips; Rind, 2001). Animais estressados ou desconfortáveis, por calor, doenças ou manejo inadequado, tendem a reduzir o tempo de alimentação e ruminação (Bach, 2015).

Os resultados obtidos nos diferentes estudos reforçam que a utilização de subprodutos agroindustriais, quando adequadamente balanceados e nutricionalmente equivalentes aos ingredientes tradicionais, mantém a estabilidade do comportamento ingestivo e favorece a eficiência alimentar, refletindo positivamente sobre o desempenho produtivo das vacas leiteiras.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de Estudo e Animais

O experimento foi realizado nas instalações do Parque de Exposição Agropecuária Luiz Lourenço de Souza e as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal e Laboratório de Qualidade de Lácteos, ambos, situados no Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia – ICSEZ da Universidade Federal do Amazonas – UFAM/Parintins e no Laboratório de Forragicultura e Pastagens – UFAM/Manaus. Para atender as exigências de

pesquisa com a utilização de animais, este projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFAM) sob o protocolo número 23105.001366/2024-17.

Foram utilizadas quatro vacas leiteiras da raça Jersey, com peso corporal médio de $\pm$ 300 kg, idade média de 5 anos e com período de lactação de aproximadamente seis meses, distribuídas em um delineamento experimental em Quadrado Latino (4x4) onde cada período experimental teve a duração de doze dias, sendo oito dias destinados à adaptação e os demais para coleta de amostras e dados, totalizando 48 dias.

Os animais foram mantidos em baias individuais cobertas, com piso de concreto, dispostas com comedouros e bebedouros e acesso irrestrito a água (Figura 1). Antes do início do experimento, os animais foram identificados e receberam vermífugos para controle de endo e ectoparasitas.



Figura 1. A – Baias cobertas, com piso de concreto, dispostas com comedouros e bebedouros; B – Vacas dispostas em baias individuais.

4.2. Obtenção e Preparo da Casca de Tucumã (*A. aculeatum*)

As cascas de tucumã foram coletadas nas feiras municipais e cafés regionais do município de Parintins-AM, onde trabalhadores liberais realizam o despulpamento para venda e descartam a casca e o caroço. A retirada foi realizada *in natura* e posteriormente, foi feita a separação tendo em vista que apenas o epicarpo (casca) foi utilizado.

O processo de secagem foi ao sol, sob lona, posicionadas de forma horizontal, sendo revolvidas duas vezes ao dia, ficando no local de 3 a 4 dias, a depender do clima, considerando o período quente da região na época (agosto – novembro), com temperatura média de aproximadamente 33°C a 36°C para as mínimas e máximas e umidade relativa do ar com média

de 80%. Após a completa secagem (Figura 2), as cascas foram armazenadas em sacos de fibras sendo em seguida utilizadas nas rações.



Figura 2. A - Casca de tucumã úmida; B – Casca de tucumã seca.

4.3. Dietas Experimentais

Os tratamentos consistiram em quatro níveis (0, 5, 10 e 15%) de adição da casca de tucumã em substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiacu picado (fonte de volumoso utilizada).

O plantio do capim-elefante cultivar BRS Capiacu foi realizado em maio de 2024 com o corte do capim aos 150 dias de idade de rebrota, visando à colheita com a planta mais madura, para obter melhor relação entre produção de biomassa: composição química: teor de matéria seca.

As dietas foram balanceadas para serem isonitrogenadas, a composição química dos ingredientes da dieta está descrita na Tabela 1 e os ingredientes utilizados na formulação estão descritos na Tabela 2.

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes da dieta para vacas leiteiras.

Ingredientes	Composição bromatológica						
	MS	PB	MM	MO	FDN	EE	CNF
BRS Capiacu	27,52	4,89	3,96	96,04	76,16	1,3	13,69
Farelo de soja	85,69	51,00	6,27	93,73	17,4	1,27	24,06
Casca de tucumã	87,46	10,08	4,54	95,46	58,5	16,04	10,84
Milho moído	85,69	9,84	1,81	98,19	17,6	1,82	68,93
Ureia: sulfato de amônio (9:1)	-	274,0	-	-	-	-	-
Sal Mineral	-	-	99,00	1,00	-	-	-

Onde: MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; MM: Matéria Mineral; MO: Matéria Orgânica; FDN: Fibra em Detergente Neutro; EE: Extrato Etéreo; CNF: Carboidrato Não Fibroso.

Tabela 2 - Composição da dieta de acordo com os níveis de inclusão de casca de tucumã para vacas leiteiras.

Ingredientes	Níveis de Inclusão da Casca de Tucumã (%)			
	0%	5%	10%	15%
Capim-elefante BRS Capiacu	40,00	35,00	30,00	25,00
Farelo de soja	12,00	12,00	12,00	12,00
Casca de Tucumã	0,00	5,00	10,00	15,00
Milho moído	44,95	45,00	45,10	45,15
Ureia	1,05	1,00	0,90	0,85
Sal mineral	2,00	2,00	2,00	2,00
Composição Bromatológica (%)				
MS	46,53	49,40	52,63	56,34
PB	15,44	15,57	15,56	15,68
MM	5,15	5,18	5,21	5,24
MO	94,85	94,82	94,79	94,76
FDN	40,46	39,58	38,72	37,85
EE	1,49	2,23	2,97	3,70
CNF	37,44	37,43	37,53	37,52

Onde: MS: Matéria Seca; PB: Proteína Bruta; MM: Matéria Mineral; MO: Matéria Orgânica; FDN: Fibra em Detergente Neutro; EE: Extrato Etéreo; CNF: Carboidratos Não Fibrosos.

Durante o período experimental, pela manhã, antes do fornecimento da dieta, o capim era colhido e picado em triturador de forrageira com aproximadamente 3 cm, sendo o volumoso e o concentrado misturados em sacos de capa fardo e posteriormente colocados no cocho na proporção volumoso:concentrado de 40:60 com base na MS.

A dieta fornecida foi ajustada diariamente para manter sobras em torno de 5 a 10% da matéria seca fornecida, sendo estas retiradas uma vez ao dia, pela manhã, antes do fornecimento.

Os ingredientes do concentrado e volumoso consumidos foram coletados a cada período para determinação de sua composição bromatológica de acordo com os níveis de inclusão (Tabela 1 e 2). As análises de MS, PB, MM, MO, FDN e EE foram realizadas segundo procedimentos descritos por Silva e Queiroz (2002).

O fornecimento da dieta foi realizado duas vezes ao dia, às 06:30h (60%) e às 16:30h (40%) (Figura 3). As sobras das dietas foram recolhidas e pesadas diariamente e as amostras

foram coletadas e colocadas em estufa de circulação forçada de ar à 65°C por 72 horas. Os ingredientes da ração oferecida foram amostrados para posteriores análises.



Figura 3. A – Ingredientes da dieta sendo pesados; B – Vaca se alimentando.

4.4. Comportamento Ingestivo

A avaliação do comportamento ingestivo ocorreu no 9º dia de cada período experimental. As observações foram realizadas visualmente e as variáveis comportamentais observadas e registradas foram: ócio, alimentação e ruminação, obedecendo à metodologia de varredura instantânea, proposta por Martin e Bateson (1993), com intervalos de dez minutos para 24 h (Johnson; Combs, 1991).

Neste estudo, avaliadores foram posicionados estrategicamente para minimizar a interferência nos animais e registrar dados comportamentais para cada unidade experimental em ruminação, alimentação e em ócio, de acordo com Burger *et al.* (2000), sendo o tempo de mastigação o somatório de tempo de alimentação e ruminação expressos em minutos por dia (min dia^{-1}). As observações noturnas foram registradas em ambiente com iluminação artificial, mantidas durante todo período experimental.

A alimentação e eficiências de ruminação (g de MS e FDN/h) e tempo de alimentação e ruminação (h/dia) foram obtidos de acordo com Burger *et al.* (2000), usando as seguintes equações:

$$\text{EAL}_{\text{MS}} = \text{CMS}/\text{TAL}$$

$$\text{EAL}_{\text{FDN}} = \text{CFDN}/\text{TAL}$$

$$\text{ERU}_{\text{MS}} = \text{CMS}/\text{TRU}$$

$$\text{ERU}_{\text{FDN}} = \text{CFDN}/\text{TRU}$$

$$\text{TMT} = \text{TAL} + \text{TRU}$$

Onde: EAL_{MS} e EAL_{FDN} = eficiência de alimentação de matéria seca e de fibra em detergente neutro ($g\ hora^{-1}$); CMS e $CFDN$ = consumo de matéria seca e de fibra em detergente neutro ($g\ dia^{-1}$); TAL = tempo de alimentação ($hora\ dia^{-1}$); ERU_{MS} e ERU_{FDN} = eficiência de ruminação de matéria seca e de fibra em detergente neutro ($g\ hora^{-1}$); TRU = tempo de ruminação ($hora\ dia^{-1}$); TMT = tempo de mastigação total ($hora\ dia^{-1}$).

4.5. Determinação do Consumo e Digestibilidade

O consumo voluntário de matéria seca e de nutrientes dietéticos foram calculados pela diferença entre as quantidades ofertadas e as sobras. Os ingredientes da ração oferecida e as sobras por animal foram amostrados para posterior análises.

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, foi realizada a coleta total de fezes durante três dias consecutivos (10º ao 12º dia de cada período experimental). As amostras de fezes foram coletadas em horários alternados (06h, 08h, 10h, 12h, 14h, 16h e 18h), homogeneizadas, pesadas, identificadas e após esses procedimentos, as amostras foram colocadas em estufa de circulação forçada de ar à 65°C por 72 horas (Figura 4).



Figura 4. Amostras de fezes colocadas em estufa de circulação forçada de ar à 65°C por 72h.

4.6. Análises Químicas

Após as coletas (do 10º ao 12º dia de cada período experimental), as amostras de alimentos, sobras e fezes foram secas em estufa com ventilação forçada a 65°C por 72 horas e moídas em moinho de facas SL 32 com peneira de 1 mm, para análises laboratoriais, sendo então confeccionadas amostras compostas por animal e período experimental (Figura 5).



Figura 5. Confeção de amostras compostas por animal e período experimental.

Para a determinação da matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, extrato etéreo e fibra em detergente neutro, utilizou-se a metodologia descrita pela AOAC (2005). Para quantificação de carboidratos totais e carboidratos não fibroso foi utilizada a equação descrita por Hall (2000). A quantificação de carboidratos não fibrosos dos ingredientes foi realizada de acordo com a equação descrita por Sniffen *et al.* (1992). Os nutrientes digestíveis totais foram calculados usando a equação descrita por Weiss (1999).

4.7. Produção e Composição Química do Leite

As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia (às 5:30h e 16:00h) em ordenha do tipo balde ao pé, sem a presença do bezerro. Durante a espera na ordenha, as vacas tinham acesso a água. A pesagem do leite foi realizada diariamente durante todo o período experimental.

As amostras de leite foram coletadas por 3 dias consecutivos (10º ao 12º dia de cada período experimental) e acondicionadas em potes plásticos de aproximadamente 60 mL. As análises físico-químicas foram feitas em analisador de leite automático modelo Lactoscan onde obtiveram-se os teores de gordura, proteína, lactose, sais, sólidos totais, extrato seco desengordurado, densidade e pH. A contagem de células somáticas foi realizada em analisador de células somáticas modelo Ekomilk Scan.

4.8. Análises de Ácidos Graxos do Leite

A extração de lipídios foi realizada conforme protocolo interno baseado nos métodos descritos pela AOAC (2005). Amostras de leite previamente liofilizadas (2 - 3g) foram submetidas à extração em aparelho Soxhlet utilizando 150 mL de hexano como solvente orgânico. O procedimento foi conduzido por 4 h, assegurando pelo menos oito ciclos de refluxo.

Após a extração, o solvente foi removido, e o extrato lipídico foi armazenado sob condições apropriadas até as análises subsequentes.

Os ésteres metílicos de ácidos graxos (FAMES) foram preparados a partir de 100 mg do extrato lipídico. A saponificação foi realizada utilizando solução de NaOH em metanol ($0,5 \text{ mol L}^{-1}$) a 80°C por 5 min. Em seguida, foram adicionados 5 mL de solução derivatizante contendo nitrato de amônio e ácido sulfúrico em metanol (2 g: 3 mL: 60 mL), mantendo-se a mistura a 80°C por mais 5 min.

Os FAMES foram extraídos com hexano como solvente apolar. Posteriormente, os extratos foram filtrados em membranas de $0,22 \mu\text{m}$, concentrados sob fluxo de nitrogênio e ressuspensos em acetato de etila grau cromatográfico antes da análise. A análise dos FAMES foi realizada em cromatógrafo a gás Shimadzu GC-2030 NX acoplado a espectrômetro de massas Shimadzu GCMS-QP2020 NX.

A separação cromatográfica foi realizada em coluna capilar Agilent DB-5MS ($30 \text{ m} \times 0,25 \text{ mm}$ de diâmetro interno $\times 0,25 \mu\text{m}$ de espessura de filme; 5% fenil e 95% dimetilpolisiloxano). O hélio foi utilizado como gás de arraste, com fluxo constante de $1,0 \text{ mL min}^{-1}$ e velocidade linear aproximada de 30 cm s^{-1} . As amostras foram injetadas no modo split (1:25), com temperatura do injetor de 250°C .

O programa de temperatura do forno foi: temperatura inicial de 40°C , com aquecimento de $10^\circ\text{C min}^{-1}$ até 170°C , permanecendo por 10 min, seguido de aumento de 4°C min^{-1} até 260°C , com permanência final de 10 min.

O espectrômetro de massas operou em modo de ionização por impacto de elétrons (70 eV), com temperatura da fonte de íons de 230°C e da interface de 250°C . A aquisição de dados foi realizada no modo scan, com faixa de varredura de m/z 40–400. O tempo total de análise foi de aproximadamente 60 min.

A identificação dos FAMES foi realizada por comparação dos tempos de retenção e áreas dos picos com padrão comercial (mistura C4–C24; Supelco). A confirmação adicional foi obtida por meio dos espectros de massas, utilizando a biblioteca interna do equipamento. A presença do íon característico m/z 74 foi utilizada como critério diagnóstico para identificação dos FAMES.

4.9. Análise Estatística

O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino com quatro vacas e quatro níveis de inclusão de casca de tucumã em substituição ao capim na dieta, distribuídas aleatoriamente em quatro períodos, totalizando 16 unidades experimentais.

Os dados coletados foram analisados por meio do programa computacional Statistical Analysis System (SAS 2009), utilizando-se o procedimento PROC GLM. No modelo foram incluídos os níveis da dieta como efeito fixo; animal e período como efeito aleatório; comportamento ingestivo, consumo, coeficiente de digestibilidade, produção, composição química e ácidos graxos do leite como variável resposta. Para verificar o efeito de ordem linear e quadrática, foram utilizados contrastes ortogonais e o comando LSMEANS foi usado para gerar as médias individuais para cada nível.

Para testar a normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias foi realizado o teste de Shapiro-Wilk e de Tukey, respectivamente, e os outliers $\pm 2,5$ dos resíduos foram removidos. Para todas as análises realizadas foi adotado o nível de significância do valor de $p < 0,05$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Comportamento Ingestivo

Os resultados do comportamento ingestivo estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Tempos médios de comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de casca de tucumã em substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiáçu.

Variáveis	Níveis de inclusão (%)				EPM	P-valor		R ²
	0	5	10	15		L	Q	
TAL	270,00	257,50	222,50	252,50	51,43	0,50	0,43	0,42
TRU	465,00	475,00	462,50	470,00	54,73	0,96	0,96	0,23
TOC	705,00	707,50	755,00	717,50	86,42	0,71	0,65	0,09
EAL _{MS}	1802,60	1956,87	2541,75	2209,20	649,89	0,27	0,47	0,29
EAL _{FDN}	677,70	725,14	872,95	803,77	228,61	0,35	0,62	0,19
ERU _{MS}	1010,58	1076,03	1117,50	1222,21	203,79	0,16	0,85	0,52
ERU _{FDN}	379,78	401,41	387,45	446,50	78,16	0,29	0,64	0,58

Onde: TAL: Tempo de Alimentação (min dia⁻¹); TRU: Tempo de Ruminação (min dia⁻¹); TOC: Tempo de Ócio (min dia⁻¹); EAL_{MS}: Eficiência da Alimentação da Matéria Seca (g hora⁻¹); EAL_{FDN}: Eficiência da Alimentação da Fibra em Detergente Neutro (g hora⁻¹); ERU_{MS}: Eficiência de Ruminação da Matéria Seca (g hora⁻¹) e ERU_{FDN}: Eficiência de Ruminação da Fibra em Detergente Neutro (g hora⁻¹). EPM: Erro Padrão da Média; L: Efeito Linear; Q: Efeito Quadrático (P < 0,05).

A inclusão de casca de tucumã em substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiáçu não promoveu alterações significativas (P>0,05) nos tempos de alimentação (TAL), ruminação (TRU) e ócio (TOC) das vacas leiteiras, indicando que os níveis testados (até 15%) não interferiram no padrão comportamental ingestivo dos animais.

Esse resultado sugere que a substituição parcial do volumoso tradicional por casca de tucumã não compromete a dinâmica de ingestão e ruminação, o que é desejável em sistemas de produção, uma vez que mudanças nesses parâmetros podem refletir desconforto ruminal ou inadequação física da dieta.

Infere-se que a casca de tucumã manteve características físicas adequadas, como tamanho de partícula e efetividade da fibra, suficientes para estimular o comportamento ingestivo normal. A ruminação é diretamente influenciada pelo teor e pela qualidade da fibra em detergente neutro, especialmente sua fração fisicamente efetiva, sendo essencial para a manutenção do pH ruminal e saúde do rúmen (Heering, 2024). Dessa forma, os resultados indicam que a substituição pela casca de tucumã manteve a funcionalidade ruminal. Em sistemas bem ajustados, espera-se que aumentos no tempo de alimentação ou ruminação

reduzam o tempo de ócio, o que não foi observado, sugerindo que a dieta com casca de tucumã não impôs desafios metabólicos ou físicos adicionais aos animais.

Esse comportamento é consistente com diversos trabalhos da literatura que avaliam a substituição de volumosos ou inclusão de subprodutos na dieta de ruminantes. Resultados semelhantes foram observados por Rêgo *et al.* (2014), ao avaliarem vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho ou milheto, nos quais não houve efeito das dietas sobre os tempos de alimentação, ruminação e ócio. Segundo os autores, a manutenção desses parâmetros está associada à semelhança na composição fibrosa e na efetividade física das dietas, o que também pode explicar os achados do presente estudo, indicando que a casca de tucumã não comprometeu a estrutura física da dieta.

Da mesma forma, Costa *et al.* (2011), trabalhando com diferentes níveis de concentrado em dietas à base de cana-de-açúcar, também não observaram alterações nos tempos de alimentação, ruminação e ócio ($P>0,05$). Esses autores destacam que, mesmo com mudanças na composição da dieta, o comportamento ingestivo pode permanecer estável quando as exigências nutricionais e o teor de fibra efetiva são atendidos, corroborando os resultados encontrados neste estudo.

Por outro lado, existem estudos que relatam alterações no comportamento ingestivo quando há mudanças mais expressivas na fração fibrosa da dieta. Furtado *et al.* (2016), ao substituírem o feno por xiquexique, observaram redução linear nos tempos de alimentação e ruminação, além de aumento no tempo de ócio. Esse efeito foi atribuído à redução do teor de fibra efetiva da dieta. A divergência em relação aos resultados do presente trabalho sugere que a casca de tucumã, diferentemente do xiquexique, mantém características físicas adequadas da fibra, evitando impactos negativos sobre o comportamento ingestivo.

Além disso, revisões sistemáticas indicam que o comportamento ingestivo de bovinos é altamente dependente da dieta, sendo que alterações significativas ocorrem principalmente quando há mudanças na estrutura física do alimento ou no sistema de produção (Guimarães *et al.*, 2020). Nesse contexto, a ausência de efeito nos parâmetros comportamentais reforça que a inclusão da casca de tucumã não promoveu alterações estruturais relevantes na dieta.

Em relação às variáveis de eficiência alimentar e de ruminação, a ausência de efeito significativo também está de acordo com parte da literatura. Estudos com inclusão de subprodutos energéticos, como a glicerina bruta, mostram que essas variáveis tendem a apresentar pouca variação quando não há comprometimento da digestibilidade ou do consumo voluntário (Costa *et al.*, 2011), por outro lado, incrementos na eficiência podem ocorrer quando há maior disponibilidade energética.

A ausência de efeito linear ou quadrático para todas as variáveis avaliadas reforça que a inclusão de até 15% de casca de tucumã, apesar de seu teor de fibra, não compromete a palatabilidade, não altera o comportamento ingestivo e nem a eficiência de utilização da dieta, tendo em vista que a casca de tucumã não foi processado mantendo sua fibra fisicamente efetiva. Do ponto de vista fisiológico, a constância nos tempos de alimentação e ruminação é relevante, pois reflete a manutenção da motilidade ruminal e do pH adequado, essenciais para a saúde ruminal e a eficiência de fermentação. Esses resultados são relevantes, pois indicam que a casca de tucumã pode ser utilizado como alternativa alimentar sem comprometer parâmetros fundamentais relacionados ao consumo e à digestibilidade.

De forma geral, a comparação com a literatura indica que a resposta do comportamento ingestivo está diretamente relacionada à qualidade e à efetividade da fibra da dieta. Assim, a casca de tucumã se comporta de maneira semelhante a volumosos tradicionais ou subprodutos bem estruturados, mantendo a estabilidade do comportamento ingestivo, o que é um indicativo positivo para sua utilização na alimentação de vacas leiteiras.

5.2. Consumo de Nutrientes

Os resultados do consumo de nutrientes estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Consumo de Nutrientes de vacas leiteiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de casca de tucumã em substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiçu.

Variáveis (kg/dia)	Níveis de inclusão (%)				EPM	P-valor		R ²
	0	5	10	15		L	Q	
CMS	7,82	8,31	8,57	9,29	1,01	0,07	0,82	0,55
CMM	0,40	0,43	0,45	0,49	0,05	0,04	0,81	0,58
CMO	7,42	7,87	8,12	8,80	0,96	0,07	0,82	0,55
CPB	1,28	1,35	1,45	1,53	0,13	0,02	0,93	0,60
CEE	0,11	0,17	0,19	0,26	0,06	0,01	0,84	0,63
CFDN	2,94	3,08	2,99	3,39	0,47	0,25	0,59	0,52
CCNF	3,07	3,26	3,49	3,63	0,33	0,03	0,88	0,57
CCH	6,02	6,35	6,48	7,01	0,78	0,10	0,80	0,53
CNDT	4,22	4,53	4,77	5,20	0,92	0,15	0,90	0,42

Onde: 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; CCNF: Consumo de Carboidrato Não Fibroso; CCH: Consumo de Carboidratos Totais; CNDT: Consumo de Nutrientes Digestíveis Totais. EPM: Erro Padrão da Média; L: Efeito Linear; Q: Efeito Quadrático ($P < 0,05$).

A inclusão de casca de tucumã em substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiaçú, embora sem efeito estatístico para CMS, CMM, CMO, CFDN, CCH e CNDT ($P>0,05$), promoveu efeitos distintos sobre o consumo de nutrientes das vacas leiteiras, evidenciando respostas lineares positivas para algumas variáveis nutricionais importantes, tais como CPB, CEE e CCNF.

O consumo de matéria seca (CMS) sugere que a casca de tucumã não comprometeu a aceitabilidade da dieta, podendo até ter favorecido o consumo voluntário. Resultados semelhantes foram relatados por Mertens (1994, 1997), que descreve que o consumo de matéria seca é regulado tanto por fatores físicos (enchimento ruminal) quanto metabólicos, sendo que dietas com maior densidade energética podem estimular o consumo até certo limite. Trabalhos recentes indicam que a ingestão de matéria seca está mais relacionada ao balanço entre densidade energética e efetividade da fibra do que à origem do ingrediente em si (Albornoz *et al.*, 2024). A ausência de efeito significativo pode estar associada à variabilidade experimental, apesar da tendência de aumento observada.

Segundo Mertens (1997) o consumo de nutrientes por vacas leiteiras pode ser reduzido, o consumo de FDN ultrapassa 1,2% da massa corporal. Ou seja, uma vaca de 280 kg teria efeito de enchimento quando o consumo de FDN for superior a 3,36 kg, fato que não ocorreu em nenhum dos níveis estudados. Isso se justifica pelo baixo teor de FDN das dietas, que variou de 40,86 a 37,35%, típico de dietas com relação com maiores proporções de alimentos concentrado (60:40).

Por outro lado, o consumo de matéria mineral (CMM) apresentou efeito linear crescente ($P<0,05$), refletindo diretamente o aumento proporcional da ingestão total de matéria seca. Esse comportamento é esperado, uma vez que o consumo mineral está diretamente relacionado à ingestão total da dieta (NRC, 2001).

O consumo de proteína bruta (CPB) aumentou linearmente ($P<0,05$) com a inclusão de casca de tucumã. Apesar de não haver diferença estatística sobre o consumo de matéria seca o aumento numérico associado a uma tendência ($P=0,07$) de aumento ao consumo, foi suficiente para influenciar o CPB. Esse resultado está de acordo com estudos que avaliaram a inclusão de subprodutos agroindustriais na dieta de ruminantes, nos quais o aumento no consumo de proteína está frequentemente relacionado ao incremento do CMS e à melhoria do perfil nutricional da dieta (James *et al.*, 2024), neste estudo, a casca de tucumã demonstrou ter maior teor de PB que o BRS Capiaçú. Além disso, segundo o NRC (2001), o aumento no consumo de proteína pode favorecer o desempenho produtivo, desde que haja sincronização adequada com a disponibilidade energética no rúmen.

O consumo de extrato etéreo (CEE) também apresentou aumento linear significativo ($P < 0,05$), o que era esperado devido ao maior teor de lipídeos presente na casca de tucumã. Esse resultado é particularmente relevante, pois lipídeos na dieta podem aumentar a densidade energética, influenciando positivamente o desempenho animal quando utilizados em níveis adequados. No entanto, conforme destacado por Chacon *et al.* (2024), níveis elevados de gordura podem afetar negativamente a digestibilidade da fibra. No presente estudo, a ausência de efeito significativo sobre o consumo de FDN sugere que os níveis utilizados não foram suficientes para causar efeitos adversos sobre a fermentação ruminal.

O consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$), indicando que a inclusão de casca de tucumã manteve a ingestão de fibra relativamente estável. Esse resultado é consistente com o comportamento ingestivo previamente observado, no qual não houve alteração no tempo de ruminação, sugerindo manutenção da fibra fisicamente efetiva da dieta. Shi *et al.* (2023) observaram que alterações nos níveis de FDN podem impactar diretamente o consumo e o comportamento ingestivo, sendo que reduções excessivas de fibra levam à diminuição do CMS.

Em relação aos carboidratos, o consumo de carboidratos não fibrosos (CCNF) apresentou aumento linear significativo ($P < 0,05$), indicando maior ingestão de frações rapidamente fermentáveis. Esse resultado pode contribuir para maior produção de energia no rúmen, favorecendo a síntese de proteína microbiana. Trabalhos como os de Hall (2000) destacam a importância dos carboidratos não fibrosos na melhoria da eficiência alimentar, desde que balanceados com a fração fibrosa.

O consumo de carboidratos totais (CCH) e nutrientes digestíveis totais (CNDT) não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$). Esse comportamento sugere que, apesar do incremento em algumas frações específicas da dieta, o balanço energético permaneceu relativamente estável entre os tratamentos. Resultados semelhantes foram observados por Costa *et al.* (2011), ao avaliarem diferentes níveis de concentrado, nos quais o consumo energético total não diferiu estatisticamente, mesmo com alterações na composição da dieta.

De forma geral, os resultados indicam que a inclusão de casca de tucumã melhora o consumo de nutrientes específicos, como matéria mineral, proteína, lipídeos e carboidratos não fibrosos, sem comprometer o consumo de fibra ou o equilíbrio da dieta. Esse comportamento é desejável em sistemas de produção leiteira, pois pode contribuir para melhor eficiência produtiva sem causar distúrbios ruminais.

Esses achados corroboram com a literatura que aponta o potencial de subprodutos agroindustriais como alternativas viáveis na alimentação de ruminantes, especialmente quando

promovem incremento no consumo de nutrientes sem afetar negativamente a digestibilidade ou o comportamento ingestivo (Lima *et al.*, 2021). Assim, a casca de tucumã se destaca como um ingrediente promissor, particularmente em regiões amazônicas, onde sua disponibilidade pode reduzir custos alimentares e aumentar a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

5.3. Digestibilidade Aparente

Os resultados dos coeficientes de digestibilidade estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Coeficiente de digestibilidade aparente de vacas leiteiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de casca de tucumã em substituição ao BRS Capiapu.

Coeficiente de Digestibilidade Aparente (%)	Níveis de inclusão (%)				EPM	P-valor		R ²
	0	5	10	15		L	Q	
DMS	54,54	53,81	56,24	56,13	6,08	0,63	0,92	0,21
DMO	55,55	54,80	57,10	56,44	5,81	0,74	0,99	0,23
DPB	68,74	66,66	66,60	67,81	7,70	0,87	0,68	0,02
DEE	65,21	51,97	60,95	69,15	21,04	0,70	0,33	0,33
DFDN	30,96	28,67	34,37	38,14	11,80	0,34	0,62	0,25
DCNF	72,79	74,10	72,27	67,33	3,57	0,05	0,11	0,71
DCHOT	52,54	52,30	54,75	53,29	5,84	0,75	0,84	0,31

Onde: DMS: Digestibilidade da Matéria Seca; DMO: Digestibilidade da Matéria Orgânica; DPB: Digestibilidade da Proteína Bruta; DEE: Digestibilidade do Extrato Etéreo; DFDN: Digestibilidade da Fibra em Detergente Neutro; DCNF: Digestibilidade do Carboidrato Não Fibroso; DCHOT: Digestibilidade do Carboidrato Total; DCNDT: Digestibilidade do Consumo de Nutrientes Digestíveis Totais. EPM: Erro Padrão da Média; L: Efeito Linear; Q: Efeito Quadrático ($P < 0,05$).

Os coeficientes de digestibilidade aparente das dietas contendo diferentes níveis de inclusão de casca de tucumã não apresentaram efeito significativo ($P > 0,05$) nas variáveis avaliadas. Esses resultados indicam que a substituição parcial do capim BRS Capiapu por casca de tucumã não comprometeu o aproveitamento dos nutrientes pelas vacas leiteiras.

A digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica manteve-se estável entre os tratamentos, o que sugere que a inclusão de casca de tucumã não alterou significativamente a degradabilidade da dieta. Esse comportamento está de acordo com Van Soest (1994), que destaca que a digestibilidade total da dieta é função do equilíbrio entre frações fibrosas e não fibrosas. Resultados semelhantes foram relatados por Wang *et al.* (2022), que não observaram alterações na digestibilidade da matéria seca ao incluírem diferentes fontes de volumosos em dietas de vacas leiteiras, desde que mantido o equilíbrio nutricional.

A digestibilidade da proteína bruta (DPB) também não apresentou efeito significativo, indicando que a utilização da proteína dietética não foi prejudicada pela inclusão de casca de tucumã. Esse resultado pode estar relacionado à adequada sincronização entre energia e nitrogênio no rúmen, fator essencial para a eficiência da síntese microbiana (NRC, 2001). Estudos recentes, como o de Alborno *et al.* (2024), demonstram que a digestibilidade da proteína tende a permanecer estável quando não há alterações drásticas na degradabilidade ruminal dos ingredientes.

Assim como as outras variáveis, a digestibilidade do extrato etéreo (DEE) não apresentou efeito significativo. Segundo Palmquist e Jenkins (1980), a digestibilidade de lipídeos pode variar em função da composição dos ácidos graxos e da interação com a microbiota ruminal. Estudos mais recentes também indicam que fontes lipídicas alternativas podem apresentar variabilidade na digestibilidade sem necessariamente comprometer o desempenho animal (Pupo *et al.*, 2024).

A digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) não diferiu significativamente entre os tratamentos. Esse resultado é particularmente relevante, pois indica que a casca de tucumã não prejudicou a degradação da fração fibrosa da dieta. De acordo com Mertens (1997), a digestibilidade da fibra está diretamente relacionada à sua composição química e à sua efetividade física. Estudos recentes, como o de Shi *et al.* (2023), reforçam que a manutenção da digestibilidade da FDN é essencial para garantir a saúde ruminal e o desempenho produtivo, sendo negativamente afetada apenas em dietas com excesso de lipídeos ou baixa qualidade de fibra, o que não foi observado neste estudo.

A digestibilidade dos carboidratos não fibrosos (DCNF) e carboidratos totais (DCHOT) permaneceram estáveis entre os tratamentos, indicando que o aproveitamento dos carboidratos não foi comprometido. Esses resultados sugerem um efeito compensatório entre as frações fibrosas e não fibrosas da dieta, conforme descrito por Hall (2000), no qual alterações em uma fração podem ser equilibradas por mudanças em outra, mantendo a digestibilidade total relativamente constante. No presente estudo, é importante destacar que, mesmo sendo um resíduo, a casca de tucumã pode conter quantidades consideráveis de fibra digestível e compostos bioativos, o que contribui para o aporte de energia e pode atuar como modulador da microbiota ruminal, favorecendo a digestibilidade sem comprometer o desempenho.

Com isso, os resultados obtidos demonstram que a inclusão de até 15% de casca de tucumã na dieta de vacas leiteiras não compromete a digestibilidade dos nutrientes, mantendo a eficiência de utilização da dieta. Esses achados corroboram com estudos que utilizaram subprodutos agroindustriais, nos quais a substituição parcial de volumosos tradicionais não

afeta negativamente a digestibilidade quando a dieta é adequadamente balanceada (Lima *et al.*, 2021).

5.4. Produção e Composição Química do Leite

A Tabela 6 apresenta os valores médios de produção (kg/dia) e composição química (%) do leite de vacas leiteiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de casca de tucumã em substituição ao BRS Capiacu.

Tabela 6. Produção e composição química do leite de vacas alimentadas com diferentes níveis de inclusão de casca de tucumã em substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiacu.

Variáveis	Níveis de inclusão (%)				EPM	P-valor		R ²
	0	5	10	15		L	Q	
Produção de leite	7,20	7,48	6,17	7,55	0,78	0,94	0,25	0,28
Gordura	4,68	4,92	5,47	4,69	0,44	0,71	0,17	0,40
Proteína	2,92	2,95	3,02	3,00	0,03	0,11	0,46	0,77
Lactose	4,42	4,46	4,58	4,53	0,05	0,16	0,52	0,66
Sais	0,64	0,65	0,66	0,66	0,01	0,06	0,76	0,89
EST	12,71	13,02	14,81	12,94	1,12	0,53	0,24	0,11
ESD	8,03	8,10	8,35	8,25	0,10	0,13	0,48	0,66
Densidade	26,38	26,46	26,14	27,20	0,45	0,33	0,33	0,37
pH	6,56	6,54	6,61	6,25	0,15	0,28	0,34	0,47

Onde: ESD: Extrato Seco Desengordurado; EST: Sólidos Totais. EPM: Erro Padrão da Média; L: Efeito Linear; Q: Efeito Quadrático ($P < 0,05$).

A inclusão de casca de tucumã em substituição ao BRS Capiacu não promoveu efeito significativo ($P > 0,05$) sobre a produção e composição química do leite das vacas leiteiras, indicando que os níveis testados (até 15%) não comprometeram o desempenho produtivo dos animais. Esses resultados são consistentes com os dados de consumo e digestibilidade previamente observados, os quais demonstraram manutenção do aporte e aproveitamento dos nutrientes.

Segundo o NRC (2001), a manutenção da produção pode ser explicada pela preservação do consumo de matéria seca e do valor energético da dieta, ou ainda pela adaptação fisiológica dos animais ao novo ingrediente e a composição nutricional da casca de tucumã, que, além de fibras, contém lipídios aproveitáveis no metabolismo energético dos ruminantes, especialmente considerando o delineamento em quadrado latino, que controla as variações interindividuais e de período.

Resultados semelhantes foram relatados por Lima *et al.* (2021), ao avaliarem a inclusão de subprodutos agroindustriais na dieta de vacas leiteiras, observando manutenção da produção de leite quando não há prejuízo no consumo ou na digestibilidade. Da mesma forma, Wang *et al.* (2022) verificaram que a substituição de volumosos por fontes alternativas não altera a produção quando a dieta permanece equilibrada nutricionalmente. Vieira *et al.* (2024), apontam os subprodutos agroindustriais como alternativas sustentáveis capazes de reduzir custos na alimentação de vacas leiteiras, sem comprometer a produção ou a qualidade do leite, desde que a dieta seja balanceada.

A porcentagem de gordura do leite também não foi influenciada pelos tratamentos. A gordura do leite está intimamente relacionada à fermentação ruminal da fibra e à produção de ácidos graxos voláteis, especialmente acetato e butirato (Van Soest, 1994). A manutenção dessa variável indica que a casca de tucumã não comprometeu a digestão da fibra, o que é coerente com os resultados de digestibilidade da FDN. Estudos recentes, como o de Pupo *et al.* (2024), destacam que dietas com inclusão moderada de lipídeos podem favorecer o teor de gordura do leite, desde que não prejudiquem a microbiota ruminal.

Os teores de proteína do leite não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, sugerindo que o metabolismo proteico não foi afetado pela inclusão de casca de tucumã. A proteína do leite depende principalmente da síntese de proteína microbiana no rúmen e do aporte de aminoácidos metabolizáveis (NRC, 2001). A estabilidade observada está de acordo com os resultados de consumo de proteína bruta e digestibilidade, que também não indicaram limitações nesse nutriente. Estudos recentes, como o de Albornoz *et al.* (2024), mostram que alterações na dieta nem sempre impactam o teor de proteína do leite, especialmente quando não há mudanças significativas na fermentação ruminal. O aumento da energia disponível e da digestibilidade da dieta pode favorecer a síntese de proteína no leite, demonstrando que o uso da casca de tucumã não compromete a síntese proteica do leite e, em níveis moderados, pode contribuir positivamente. Esse comportamento é semelhante ao reportado por Oliveira *et al.* (2018) ao avaliar alimentos alternativos na dieta de vacas leiteiras.

O teor de lactose, principal responsável pelo volume de leite produzido, também não foi influenciado pelos tratamentos, corroborando a ausência de efeito sobre a produção de leite. Segundo Hall (2000), a lactose está diretamente relacionada ao suprimento de glicose, derivada principalmente da fermentação de carboidratos no rúmen. Assim, a estabilidade dessa variável indica que o fornecimento de energia fermentescível foi adequado em todos os tratamentos. Segundo Bach (2015), a lactose é bastante estável, sendo alterada principalmente por estresse

fisiológico ou sanitário, o que não ocorreu neste estudo. A inclusão de casca de tucumã não comprometeu o metabolismo da lactose, o que é positivo para a estabilidade osmótica do leite.

Nos teores de sais, não houve diferença significativa, indicando que o uso de casca de tucumã não alterou significativamente a mineralização do leite e a estabilidade nesse parâmetro é positiva, pois indica ausência de inflamação subclínica ou alteração de permeabilidade da glândula mamária (Santos *et al.*, 2019).

Os sólidos totais (EST) e o extrato seco desengordurado (ESD) não apresentaram diferenças significativas. Esses parâmetros refletem a soma dos constituintes do leite e estão diretamente relacionados à qualidade do produto. A manutenção desses valores indica que a inclusão de casca de tucumã não comprometeu a qualidade físico-química do leite. Resultados semelhantes foram observados por Cueva *et al.* (2025), que não encontraram alterações nos sólidos do leite ao modificarem a composição da dieta, desde que o balanço nutricional fosse mantido. De acordo com González (2015), ESD é um bom indicador da solidez nutricional do leite e reflete diretamente a qualidade dos sólidos úteis para processamento industrial.

A densidade e o pH do leite também não foram influenciados pelos tratamentos, indicando estabilidade nas características físico-químicas do produto. O pH do leite é um importante indicativo de qualidade e estabilidade, sendo pouco influenciado pela dieta quando não há distúrbios metabólicos ou alterações na saúde do animal (Walstra *et al.*, 2006). A manutenção desses parâmetros reforça que a inclusão de casca de tucumã não causou efeitos adversos sobre o metabolismo dos animais.

Os resultados demonstram que a inclusão de até 15% de casca de tucumã na dieta de vacas leiteiras não compromete a produção nem a composição química do leite, mantendo tanto o desempenho produtivo quanto a qualidade do produto. Esses resultados estão de acordo com a literatura que aponta o potencial de subprodutos agroindustriais como alternativas sustentáveis na alimentação de ruminantes, sem prejuízos à produção leiteira quando corretamente balanceados (Lima *et al.*, 2021; Pupo *et al.*, 2024).

5.5 Perfil de Ácidos Graxos

A Tabela 7 apresenta o perfil de ácidos graxos do leite de vacas leiteiras alimentadas com diferentes níveis de inclusão de casca de tucumã em substituição ao BRS Capiáçu.

Tabela 7. Perfil de ácidos graxos do leite de vacas alimentadas com diferentes níveis de inclusão de casca de tucumã em substituição ao BRS Capiáçu.

Ácidos Graxos	Níveis de inclusão (%)				EPM	P-valor		R ²
	0	5	10	15		L	Q	
Á. Octanóico (C8)	0,24	0,27	0,23	0,21	0,04	0,17	0,20	0,51
Á. Decanóico (C10)	2,26	2,47	2,25	2,00	0,40	0,32	0,27	0,59
Á. Undecanóico (C11)	0,11	0,10	1,01	0,09	0,91	0,76	0,34	0,39
Á. Láurico (C12)	3,35	3,61	2,40	3,00	0,93	0,36	0,72	0,38
Á. Tridecanóico (C13)	0,27	0,26	0,43	0,26	0,18	0,81	0,44	0,32
Á. Mirístico (C14:0)	8,74	9,00	8,61	8,01	0,89	0,23	0,36	0,68
Á. Miristoleico (C14:1)	1,31	1,41	0,85	0,95	0,48	0,19	0,99	0,41
Á. Pentadecanóico (C15:0)	2,18	2,04	2,13	1,76	0,45	0,25	0,61	0,46
Á. Palmítico (C16:0)	23,31	23,49	21,49	20,88	1,36	0,02	0,58	0,76
Á. Palmitoleico (C16:1 cis)	1,56	1,59	1,17	1,29	0,28	0,10	0,75	0,57
Á. Heptadecanoico (C17:0)	1,51	1,40	1,40	1,34	0,12	0,08	0,70	0,73
Á. Heptadecenóico (C17:1)	0,43	0,42	0,40	0,35	0,07	0,12	0,62	0,37
Á. Linoleico (C18:2 cis)	1,75	1,53	2,00	1,46	0,36	0,53	0,40	0,42
Á. Oleico (C18:1 cis)	24,11	24,49	25,13	27,13	0,96	0,00	0,13	0,84
Á. Estearico (C18:0)	26,61	25,63	28,21	28,81	2,68	0,18	0,57	0,59
Á. Araquídico (C20:0)	0,86	0,61	0,85	0,80	0,19	0,97	0,32	0,55
Á. Eicosadienóico (C20:2)	0,49	0,58	0,52	0,59	0,11	0,28	0,81	0,39
Á. Eicosatrienóico (C20:3)	0,28	0,42	0,51	0,40	0,22	0,41	0,30	0,38
Á. Behênico (C22:0)	0,26	0,35	0,23	0,19	0,15	0,41	0,42	0,45
Á. Tricosanóico (C23:0)	0,10	0,07	0,07	0,06	0,02	0,02	0,46	0,72
Á. Lignocérico (C24:0)	0,18	0,13	0,14	0,11	0,03	0,01	0,48	0,72

Onde: EPM: Erro Padrão da Média; L: Efeito Linear; Q: Efeito Quadrático (P < 0,05).

A inclusão de casca de tucumã na dieta de vacas leiteiras promoveu alterações pontuais no perfil de ácidos graxos do leite, com destaque para efeitos lineares significativos observados em alguns ácidos graxos específicos, indicando que o uso da casca de tucumã pode influenciar a composição lipídica do leite sem comprometer a produção total.

De todos os ácidos graxos avaliados, apenas o palmítico C16:0, o tricosanóico (C23:0) e o lignocérico (C24:0) apresentaram efeito linear decrescente ($p < 0,05$), enquanto o oleico C18:1 cis cresceu linearmente ($p < 0,05$).

Não foram observadas diferenças significativas entre os ácidos graxos saturados de cadeia média, como C8, C10 e C12, entre os tratamentos, sugerindo que a síntese na glândula mamária não foi afetada pela inclusão de casca de tucumã. Esses ácidos graxos são majoritariamente sintetizados a partir de acetato e β -hidroxibutirato no rúmen (Bauman; Griinari, 2003). A estabilidade observada indica que a fermentação ruminal manteve-se adequada, corroborando os resultados de digestibilidade e comportamento ingestivo.

Foi observado que os ácidos graxos de cadeia ímpar, como C15:0 e C17:0, não foram influenciados pela substituição do capim-elefante BRS Capião pela casca de tucumã, indicando que a população microbiana ruminal não foi significativamente afetada pela inclusão de casca de tucumã. Esses ácidos são frequentemente utilizados como indicadores da atividade microbiana no rúmen (Vlaeminck *et al.*, 2006).

Por outro lado, o ácido palmítico (C16:0) apresentou redução linear significativa ($P < 0,05$) com o aumento dos níveis de inclusão. Esse resultado é particularmente relevante, pois o C16:0 é um dos principais ácidos graxos responsáveis pela elevação da fração aterogênica do leite. A redução desse ácido graxo pode estar associada ao maior aporte de lipídeos dietéticos provenientes de casca de tucumã, que tende a modular a biohidrogenação ruminal.

Estudos de Palmquist e Jenkins (1980) e Kliem e Shingfield (2016) demonstram que a inclusão de lipídeos na dieta pode reduzir a síntese de ácidos graxos saturados de cadeia média na glândula mamária. O conteúdo de ácido palmítico nos tecidos parece ser controlado em torno de uma concentração bem definida, uma vez que alterações na sua ingestão não influenciam significativamente a sua concentração tecidual (Innis e Dyer, 1997; Song *et al.*, 2017), pois a ingestão é contrabalançada pela biossíntese endógena de C16:0 via lipogênese de novo (Carta *et al.*, 2017). Em condições fisiológicas normais, o acúmulo de C16:0 é prevenido pelo aumento da dessaturação delta 9 para ácido palmitoleico (16:1n7) e/ou alongamento para ácido esteárico e posterior dessaturação delta 9 para ácido oleico (18:1, OA) (Strable e Ntambi, 2010;

Silbernagel *et al.*, 2012). Isto é uma explicação plausível para os valores decrescentes do C16:0 e crescente do C18:1cis9 no leite das vacas deste estudo.

Em adição, o aumento linear significativo do ácido oleico (C18:1 cis9) sugere a grande participação de ácidos graxos insaturados no leite. Esse comportamento é desejável do ponto de vista nutricional humano, uma vez que o ácido oleico está associado a efeitos benéficos à saúde cardiovascular. Esse aumento pode ser explicado pela maior disponibilidade de ácidos graxos de cadeia longa na dieta, que escapam parcialmente da biohidrogenação ruminal e são incorporados diretamente ao leite (Bauman; Lock, 2006).

O efeito linear significativo observado nos ácidos tricosanóico (C23:0) e lignocérico (C24:0), com redução à medida que aumentou o nível de inclusão, pode indicar alterações no metabolismo lipídico ou na absorção intestinal de ácidos graxos de cadeia muito longa. Esses ácidos estão presentes em menor proporção no leite e sua variação pode estar associada à composição lipídica da dieta.

A substituição do capim BRS Capiacu por níveis crescentes de casca de tucumã influenciou positivamente relações dos ácidos graxos, uma vez que aumentou os AGD e h:H, e diminuiu do índice de aterogenicidade (IA). A redução do IA é coerente com a redução do C16:0 observada neste estudo. Os valores de IA diminuíram de 2.01 para 1.70, na dieta sem substituição do capim BR Capiacu à dieta com a maior substituição, respectivamente. A relação h/H avalia o tipo e a quantidade de ácidos graxos presentes no leite e sua influência no transporte de colesterol no corpo. Os AGIs oleico, linoleico, araquidônico, linolênico, ácido eicosapentaenoico (EPA), ácido docosapentaenoico (DPA) e ácido docosahexaenoico (DHA) são considerados hipocolesterolêmicos, pois ajudam a prevenir doenças cardiovasculares reduzindo a quantidade de LDL na corrente sanguínea (Santos; Silva *et al.*, 2002). Os resultados sugerem que o leite obtido a partir de animais alimentados com 15% de casca de tucumã são mais saudáveis do que aqueles produzidos a partir de animais alimentados apenas com capim BRS Capiacu, sem qualquer nível de inclusão de casca de tucumã na dieta.

A atividade da Stearoil CoenzimaA Dessaturase está relacionada ao nível de deposição de gordura (Bessa *et al.*, 2015). Nesse sentido, observamos atividades da SCD-16, SCD-17 e SCD-18 no leite contraditórias, uma vez que o alto EE não refletiu maior atividade da SCD.

De modo geral, os resultados indicaram que a inclusão de casca de tucumã promove uma modulação favorável do perfil lipídico do leite, com redução de ácidos graxos saturados (especialmente C16:0) e aumento de ácidos graxos insaturados (C18:1). Esse padrão é amplamente relatado na literatura quando há inclusão de fontes lipídicas na dieta de ruminantes.

Segundo Kliem e Shingfield (2016), a manipulação da dieta é uma estratégia eficaz para melhorar a qualidade nutricional do leite, especialmente no que se refere ao perfil de ácidos graxos.

Estudos recentes também confirmaram que a inclusão de subprodutos ricos em lipídeos pode melhorar o perfil de ácidos graxos do leite sem comprometer o desempenho produtivo (Pupo *et al.*, 2024; Alborno *et al.*, 2024). Assim, os resultados deste estudo reforçam o potencial da casca de tucumã como ingrediente funcional na alimentação de vacas leiteiras, contribuindo não apenas para a sustentabilidade do sistema produtivo, mas também para a melhoria da qualidade nutricional do leite.

6. CONCLUSÃO

A inclusão de casca de tucumã (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey) em substituição ao capim-elefante cultivar BRS Capiáu até o nível de 15% na dieta de vacas leiteiras não compromete o comportamento ingestivo, o consumo de matéria seca e nem a digestibilidade dos nutrientes, indicando manutenção da eficiência nutricional e do ambiente ruminal.

A produção de leite e sua composição química permaneceram inalteradas, evidenciando que o desempenho produtivo foi mantido. Adicionalmente, a inclusão da casca de tucumã promoveu melhoria no perfil de ácidos graxos do leite, com destaque para a redução do ácido palmítico (C16:0) e aumento do ácido oleico (C18:1). Essas alterações indicam melhoria na qualidade e no valor nutricional do leite, uma vez que aumentam a proporção de ácidos graxos insaturados, associados a benefícios à saúde humana.

Dessa forma, o uso de casca de tucumã constitui uma alternativa viável, de baixo custo e sustentável na alimentação de vacas leiteiras, podendo ser recomendada como substituto parcial do volumoso tradicional sem prejuízos produtivos e com potencial de melhoria na qualidade do leite.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBORNOZ, R. I.; RUSSO, V. M.; HO, C. K. M.; GIRI, K.; ALLEN, M. S.; LOCK, A. L.; GALES, W. J.; CAVALEIRO, M. I. Effects of concentrate feed starch source on feed intake and milk production of dairy cows. **Animals**, v. 14, n. 24, 2024.

ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 7, p. 1598–1624, 2000.

ALVES, T.C.; FRANZOLIN, R.; RODRIGUES, P. H. M.; ALVES, A. C. Efeitos de dietas com níveis crescentes de milho no metabolismo ruminal de energia e proteína em bubalinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n.10, p. 2001- 2006, 2009.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS. Gaithersburg, MD, USA, 18th ed, 2005.

BACH, A. Feeding behavior and welfare in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 8, p. 5874–5886, 2015.

BAUMAN, D. E.; GRIINARI, J. M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. **Annual Review of Nutrition**, v. 23, p. 203–227, 2003.

BAUMAN, D. E.; LOCK, A. L. Concepts in lipid digestion and metabolism in dairy cows. **Proceedings of the Cornell Nutrition Conference**, 2006.

BESSA, R. J. B.; ALVES, S. P.; SANTOS-SILVA, J. Constraints and potentials for the nutritional modulation of the fatty acid composition of ruminant meat. **Eur J Lipid Sci Technol** 117:1325–1344, 2015.

BRANDÃO, C. A. P. **Panorama da bovinocultura do Município de Parintins-Amazonas**. 143 f.; il.; 31 cm. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus, AM, 2023

BROCHIER, J. Húlie naturellementt riche em caroténoides (*Astrocaryum vulgare* Mart). Paris: JBA. 132p, 2000.

BURGER, P. J.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C.; SILVA, J. F. C.; FILHO, S. C. V.; CECON, P. R.; CASALI, A. D. P. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 29, 236–242, 2000.

CARVALHO, F. A. N.; PIRES, A. J. V.; VELOSO, C. M. Potencial nutritivo de resíduos agroindustriais para ruminantes na Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 47, n. 3, p. 231-240, 2017.

CARTA, G.; MURRU, E.; BANNI, S.; MANCA, C. Palmitic acid: Physiological role, metabolism and nutritional implications. **Front Physiol** 8:902, 2017.

CARVALHO, J. M.; NASCIMENTO, C. F.; OLIVEIRA, S. S. Panorama da pecuária leiteira na Amazônia: desafios e perspectivas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 62, n. 2, p. 1-10, 2019.

CHACON, R. R.; PACÍFICO, C.; RICCI, S.; PETRI, R. M.; REISINGER, N.; ZEBELI, Q.; LOPE, E. C. Prolonged feeding of high-concentrate diet remodels the hindgut microbiome and modulates nutrient degradation in the rumen and the total gastrointestinal tract of cows. **J. Dairy Sci.** 107:9235–9250, 2024.

CLEMENT, C. R.; LLERAS PÉREZ, E.; VAN LEEUWEN, J. O potencial das palmeiras tropicais no Brasil: acertos e fracassos das últimas décadas. **Agrociencias, Montevideu**, v. 9, n. 1–2, p. 67–71, 2005.

COSTA, L. T.; SILVA, F. F.; VELOSO, C. M.; PIRES, A. J. V.; ROCHA NETO, A. L.; BONOMO, P.; MENDES, F. B. L.; OLIVEIRA, J. S.; AZEVÊDO, S. T.; SILVA, V. L. Comportamento ingestivo de vacas alimentadas com cana-de-açúcar em diferentes níveis de concentrado. **Arch. zootec.** vol.60 no.230 Córdoba jun, 2011

CUEVA, S. F.; MARTINS, L. F.; STEPANCHENKO, N.; WASSON, D. E.; GREG, W. R.; HRISTOV, A. N.; Ruminal fermentation and nutrient digestibility in dairy cows fed diets with different carbohydrate fractions. **Journal of Dairy Science**, v. 108, 2025.

DIDONET, A. A.; FERRAZ, I. D. K. Fruit trade of tucuma (*Astrocaryum aculeatum* G. Mey - Arecaceae) at local market-places in Manaus (Amazonas, Brazil). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, p.353-362, 2014.

EMBRAPA. **BRS Capiacu: capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. (Folder técnico), 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1075881/brs-capiacu-capim-elefante-de-alto-rendimento-para-producao-de-silagem>. Acesso em: 07 ago. 2025.

EMBRAPA. **Pecuária leiteira na Amazônia**. In: ZOCCAL, R.; ROSA NETO, C.; MOREIRA, P.; SOUZA, V.F. (Org.). Políticas e tecnologias para o leite em Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia. cap. 2. p. 27-44, 2021.

FERREIRA, E. S.; LUCIEN, V. G.; AMARAL, A. S.; SILVEIRA, C. S. Physicochemical characterization of the fruit and oil extracted from tucuman (*Astrocaryum vulgare* Mart.). **Alimentos e Nutrição**, v. 19, p. 427-433, 2008.

FURTADO, R. N., CARNEIRO, M. S. S., PEREIRA, E. S., MOREIRA FILHO, E. C., SILVA, E. B. Feeding behavior of dairy cows fed different levels of xiquexique. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 38 (4), 417-423, 2016.

GARCIA, L. F. M. **Caracterização, avaliação antioxidante e citotóxica dos extratos da polpa e da casca de Tucumã (*Astrocaryum aculeatum*)**. Dissertação, 91 p. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Farmacologia, RS, 2012.

GONZÁLEZ, F. D. Avaliação do leite bovino cru: relação entre os sólidos e a densidade. **Ciência Rural**, v. 45, n. 3, p. 513–519, 2015.

GUIMARÃES, Y. L. F.; DEBORTOLI, E. C.; SANTOS, J.; GOPINGER, E. Comportamento ingestivo de bovinos em diferentes sistemas de produção – uma revisão sistemática de estudos científicos. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e4859108705, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/8705> . Acesso em: 26 mar. 2026.

HALL, M. B. Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis. **University of Florida Extension Bulletin**, 2000.

HASELMANN, A.; ZEHETGRUBER, K.; FUERST-WALTL, B.; ZOLLITSCH, W.; KNAUS, W.; ZEBELI, Q. Feeding forages with reduced particle size in a total mixed ration improves feed intake, total-tract digestibility, and performance of organic dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 10, p. 8839–8849, 2019.

HEERING, R.; BAUMONT, R.; SELJE-ABMANN, N.; DICKHOEFER, U. Effect of physically effective fibre on chewing behaviour, ruminal fermentation, digesta passage and protein metabolism of dairy cows. **The Journal of Agricultural Science** 1–14. 2024.

HYNES, D. N.; STERGIADIS, S.; GORDON, A.; YAN, T. Effects of crude protein level in concentrate supplements on animal performance and nitrogen utilization of lactating dairy cows fed fresh-cut perennial grass. **Journal of Dairy Science**, v. 99, n. 10, p. 8111–8120, 2016.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto de origem animal**, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos/am>. Acesso em 22 abr. 2025.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto Interno Bruto dos Municípios: Manaus (AM) 2024**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/pesquisa/18/16459?indicador=16559>. Acesso em 22 abr. 2025.

INNIS S. M.; DYER R. Dietary triacylglycerols with palmitic acid (16:0) in the 2position increase 16:0 in the 2-position of plasma and chylomicron triacylglycerols, but reduce phospholipid arachidonic and docosahexaenoic acids, and alter cholesteryl ester metabolism in formula-Fed. Piglets. **J Nutr** 127:1311–1319, 1997.

JAMES, L. M.; MAYES, M. S.; SIBERSKI-COOPER, C. J.; BREITZMAN, M. W.; VANDEHAAR, M. J.; KOLTES, J. E. Association of milk metabolites with feed intake and traits impacting feed efficiency in lactating Holstein dairy cows. **Front. Anim. Sci.** 5:1393996. 2024.

JOBIM M. L.; SANTOS, R. C.; DOS SANTOS ALVES, C. F.; OLIVEIRA, R. M.; MOSTARDEIRO, C. P.; SAGRILLO, M. R.; DE SOUZA FILHO, O. C.; GARCIA, L. F.; MANICA-CATTANI, M. F.; RIBEIRO, E. E.; DA CRUZ, I. B. Antimicrobial activity of Amazon *Astrocaryum aculeatum* extracts and its association to oxidative metabolism. **Microbiological Research**, v. 169, n. 4, p. 314-323. 2014.

JOHNSON, T. R.; COMBS, D. K. Effects of prepartum diete, inert rumen bulk, and dietary polyethylene glycol on dry matter intake of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.**, v.74, p.933-944, 1991.

KLIEM, K. E.; SHINGFIELD, K. J. Manipulation of milk fatty acid composition in lactating cows: opportunities and challenges. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 118, p. 1661–1683, 2016.

LIMA, M. V. G.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F.; TEIXEIRA, F. A.; CARVALHO, B. R. S. C. N.; ROCHA, L. C.; SILVA G. P.; ANDRADE, W. R.; CARVALHO, G. G. P. Intake, digestibility, milk yield and composition, and ingestive behavior of cows supplemented with byproducts from biodiesel industry. **Trop Anim Health Prod.** 53(1):169, 2021.

LINHARES, B.; COSTA, A. M. D. C.; ABREL, H. D. F.; MELO, A. C. G. R.; RIBEIRO, P. R. E.; MONTERO, I. F.; FILHO, A. A. M.; SANTOS, R. C. Fatty acids profile and physicochemical properties of *Astrocaryum aculeatum* pulp oil. **Journal of Agricultural Science**, 2019.

MACHADO, A. P. F.; NASCIMENTO, R. P.; ALVES, M. R.; REGUENGO, L. M.; MAROSTICA JUNIOR, M. R. Brazilian tucumã-do-Amazonas (*Astrocaryum aculeatum*) and tucumã-do-Pará (*Astrocaryum vulgare*) fruits: bioactive composition, health benefits, and technological potential. **Food Research International**, v. 151, p. 110902, 2022.

MAGGIONI, D.; MARQUES, J. A. Resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes: uma revisão. **PUBVET**, Londrina, v. 1, n. 6, art. 66, 2007.

MARTIN, P.; BATESON, P. Measuring behavior: an introductory guide. 3. New York: Cambridge: University Press. 1993.

MATOS, K. A. N.; PRAIA, L. D.; PEREIRA, B. A. P. Cascas de tucumã (*Astrocaryum vulgare*) e pupunheira (*Bactris gasipaes*) são subprodutos classificados como fontes de carotenoides muito elevados. **Alimentos Chem.** 272: 216-221. 2019.

MENEZES, E. G. O.; BARBOSA, J. R.; PIRES, F. C. S.; FERREIRA, M. C. R.; SILVA, A. P. S.; SIQUEIRA, L. M. M.; CARVALHO JUNIOR, R. N. Development of a new scale-up equation to obtain Tucumã-of-Pará (*Astrocaryum vulgare* Mart.) oil rich in carotenoids using supercritical CO₂ as solvent. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 181, 105481, 2022.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 7, p. 1463–1481, 1997.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY J. R., G. C. (Ed.). **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, p. 450–493, 1994.

MITRAUD, S. F. **Assessing Social Processes and Impacts of Two Conservation and Development Projects in Brazil**. (Tese de doutorado). Yale University, New Haven: 2013.

MORAIS, J. D.; DIAS, M. R. P. **Elaboração do doce em massa e néctar de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart)**. 96f. Monografia (Especialista em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Pará. Belém, 2001.

MOTA, D. A.; JACAÚNA, A. G.; LAUREANO, M. M. M.; MATOS, Í. T. S. R.; HOSHIBA, M. A.; ROSA, B. L. Caracterização da produção leiteira do município de Parintins, Estado do Amazonas, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 55, n. 2, p. 148–153, abr./jun, 2012.

MULLER, T.; REMPEL, C. Qualidade do leite bovino produzido no Brasil – parâmetros físico-químicos e microbiológicos: uma revisão integrativa. **Vigilância Sanitária em Debate: Sociedade, Ciência & Tecnologia**, v. 9, n. 3, p. 122–129, 2021.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of dairy cattle. 7. ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001.

OLIVEIRA, M. S. P.; COUTURIER, G.; BESERRA, P. Biologia da polinização da palmeira tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) em Belém, Pará, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, n. 3, p. 343–353, 2003.

OLIVEIRA, M. T.; PEREIRA, J. S.; SILVA, L. C. Uso de alimentos alternativos e sua influência na qualidade do leite. **Revista de Nutrição Animal**, v. 42, n. 1, p. 67–76, 2018.

PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C. Fat in lactation rations: Review. **Journal of Dairy Science**, v. 63, n. 1, p. 1–14, 1980.

PARDAUIL, J.; MOLFETTA, F.; BRAGA, M.; SOUZA, L.; ROCHA FILHO, G.; ZAMIAN, J.; COSTA, C. Characterization, thermal properties and phase transitions of Amazonian vegetable oils. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 127, 2016.

PHILLIPS, C. J. C.; RIND, M. Effects of stocking density on the behavior of dairy cows. **Applied Animal Behaviour Science**, 71(3), 173-188, 2001.

PUPO, S. R.; DIEPERSLOOT, E. C.; HEINZEN JR, C.; FERRARETTO, L. F. Dietary fiber and lipid effects on digestibility and rumen function in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 107, 2024.

RÊGO, A. C.; OLIVEIRA, M. D. S.; SIGNORETTI, R. D.; DIB, V.; ALMEIDA, J. B. S. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milho ou milho. *Uberlândia*, v. 30, n. 4, p., July/Aug, 2014.

RAFIEE-YARANDI, H.; ALIKHANI, M.; GHORBANI, G. R.; HEYDARI, M.; REZAMAND, P. Dietary protein level and corn processing method: Intake, digestibility, and feeding behavior of lactating dairy cows. **Livestock Science**, v. 221, p. 19–27, 2019.

RODRIGUES, R. C. **Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 21-23 p., 2010.

SÁ, K. N. **Avaliação do resíduo de tucumã (*Astrocaryum aculeatum*) na alimentação de ruminantes**. Dissertação. Universidade Federal do Amazonas, 2023.

SAGRILLO, M. R.; GARCÍA, L. F. M.; FILHO, O. C. S.; DUARTE, M. M. M. F.; RIBEIRO, E. E.; CADONÁ, F. C.; CRUZ, I. B. M. Os extratos de frutos de Tucuma (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) diminuem os efeitos citotóxicos do peróxido de hidrogênio nos linfócitos humanos. **Food chemistry**, v. 173, p. 741-748. 2015.

SANDOVAL, V. L.; RIBEIRO, L. F. Qualidade do leite: sua influência no processamento, requisitos obrigatórios e sua importância para o produto final. **GETEC – Gestão, Economia e Tecnologia**, v. 10, n. 28, p. 41–49, 2021.

SANTOS, D. S.; KLAUCK, V.; SOUZA, C. F.; BALDISSERA, M. D.; THEISEN, C.; BORDIGNON, B.; ALBA, D. F.; REIS, J. H.; GEBERT, R. R.; VEDOVATTO, M.; DA SILVA, A. S. Effects of the inclusion of açai oil in diet of prepartum Holstein cows on milk production, somatic cell counts and future lactation. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 92, n. 4, e20200149, 2020.

SANTOS, F. A. P.; SILVA, L. G.; MORAES, J. A. Potencial produtivo do capim BRS Capiacu no estado do Amazonas. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 45-55, 2021.

SANTOS, G. C. L.; NETO, S. G.; BEZERRA, L. R.; MEDEIROS, A. N. Uso de tortas na alimentação de vacas leiteiras: uma revisão. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 1, p. 89–113, 2020.

SANTOS, H. N. **Concentração plasmática de N ureico e glicose e excreção de ureia em vacas leiteiras alimentadas com farelo de amendoim em substituição ao farelo de soja da dieta.** Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB, 2017.

SANTOS, M. V.; PEREIRA, U. P.; LEITE, D. S. Avaliação da condutividade elétrica do leite como ferramenta de diagnóstico da mastite. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 6, p. 2035–2042, 2019.

SANTOS, W. O.; RODRIGUES, A. M. C.; SILVA, L. H. M. Chemical properties of the pulp oil of tucuma-i-da-várzea (*Astrocaryum giganteum* Barb. Rodr.) obtained by enzymatic aqueous extraction. Physical Measurement Laboratory, **Graduate Program in Food Science and Technology**, Universidade Federal do Pará, 2022.

SHI, R.; DONG, S.; MAO, J.; WANG, J.; CAO, Z.; WANG, Y.; LI, S.; ZHAO, G. Dietary Neutral Detergent Fiber Levels Impacting Dairy Cows' Feeding Behavior, Rumen Fermentation, and Production Performance during the Period of Peak-Lactation. **Animals (Basel)**. v. 13, n. 18, 2023.

SILBERNAGEL, G.; KOVAROVA, M.; CEGAN, A.; MACHANN, J.; SCHICK, F.; LEHMANN, R.; HÄRING, H-U.; STEFAN, N.; SCHLEICHER, E.; FRITSCH, A.; PETER, A. High hepatic SCD1 activity is associated with low liver fat content in healthy subjects under a lipogenic diet. **J Clin Endocrinol Metab** 97:5, 2012.

SILVA, A. F.; CRUZ, F. G. G.; RUFINO, J. P. F.; COSTA, V. R.; GUIMARÃES, C. C.; MELO, R. D. Substituição do milho pelo farelo de tucumã em rações para poedeiras comerciais leves. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 16, n. 2, e7619, 2023.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3 aed. Viçosa: Minas Gerais; 2002.

SILVA, R. A.; COSTA, M. S.; FREITAS, L. C. Limitações edafoclimáticas para a produção de forrageiras na Amazônia. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 14, n. 3, p. 202-210, 2020.

SILVA, S. M. Composição nutricional de frutos da Amazônia: ênfase no tucumã (*Astrocaryum vulgare* e *Astrocaryum aculeatum*). **Food Science and Technology**, v. 36, n. 4, p. 646-652, 2016.

SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, 70, 3562–3577. 1992.

SIQUEIRA, F. C. **Obtenção da polpa de tucumã (*Astrocaryum vulgare* Mart.) desidratada visando a preservação dos carotenoides.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém. 91 f., 2014.

SONG, X.; HUANG, Y.; NEUHOUSER, M. L.; TINKER, L. F.; VITOLINS, M. Z.; PRENTICE, R. L.; LAMPE, J. W. Dietary long-chain fatty acids and carbohydrate biomarker evaluation in a controlled feeding study in participants from the Women's Health Initiative cohort. **Am J Clin Nutr** 105:1272–1282, 2017.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS OnDemand for Academics. **Users guide**. Cary: 2009.

STRABLE, M. S.; NTAMBI, J. M. Genetic control of de novo lipogenesis: role in diet-induced obesity. **Crit Rev Biochem. Mol Biol** 45:199–214, 2010.

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

VIANNA, S. A. *Astrocaryum*. In: **Flora do Brasil 2020**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB22086>. Acesso em: 28 janeiro. 2025.

VIEIRA, A. V. S.; MOURA, C. M. S.; LIMA, J. S.; GOIS, G. C. Subprodutos da agroindústria na alimentação de vacas leiteiras: produção e qualidade do leite. In: OELKE, C. A. (Org.). *Zootecnia: tópicos atuais em pesquisa*. **Guarujá: Científica Digital**, v. 6. p. 190–201, 2024.

VLAEMINCK, B.; FIEVEZ, V.; DEMEYER, D.; DEWHURST, R. J. Effect of forage:concentrate ratio on fatty acid composition of milk fat. **Animal Feed Science and Technology**, v. 131, p. 54–70, 2006.

WALSTRA, P.; WOUTERS, J. T. M.; GEURTS, T. J. **Dairy science and technology**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2006.

WANG, W. J.; LARSEN, M.; WEISBJERG, M.; JOHANSEN, A. L. F.; HELLWING, P. Effects of forage sources on nutrient digestibility in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 105, 2022.

WEISS, W. P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: Cornell Nutrition Conference Feed Manufacturers, 61th Proceedings, **Cornell University, Ithaca**, pp. 176-185. 1999.

YUYAMA, L. K. O.; MAEDA, R. N.; PANTOJA, L.; AGUIAR, J. P. L.; MARINHO, H. A. Processamento e avaliação da vida-de-prateleira do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) desidratado e pulverizado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28(2), p. 408-412. 2008.