



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



**UTILIZAÇÃO DO FARELO DO RESÍDUO DO GUARANÁ (*Paullinia cupana* var.  
*sorbilis*) NA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS CONFINADOS**

JOSÉ ALEXANDRE SIQUEIRA DE SOUZA

MANAUS - AMAZONAS

JUNHO/2026

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

JOSÉ ALEXANDRE SIQUEIRA DE SOUZA

**UTILIZAÇÃO DO FARELO DO RESÍDUO DO GUARANÁ (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) NA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS CONFINADOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal Recursos Pesqueiros da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, na área de concentração Produção Animal.

Orientador: Dr. Marcos Vinícius de Castro Ferraz Júnior

MANAUS - AMAZONAS

JUNHO/2026

## Ficha Catalográfica

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

- 
- S729u      Souza, José Alexandre Siqueira de  
Utilização do farelo do resíduo do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) na  
alimentação de ovinos confinados / José Alexandre Siqueira de Souza. - 2026.  
44 f. : il., color. ; 31 cm.
- Orientador(a): Marcos Vinícius de Castro Ferraz Júnior.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-  
Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, Manaus-AM, 2026.
1. Cooprodutos agroindustriais. 2. Nutrição de Ruminantes. 3.  
Desempenho animal. 4. Bioquímica sérica. 5. Terminação em  
confinamento. I. Ferraz Júnior, Marcos Vinícius de Castro. II. Universidade  
Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e  
Recursos Pesqueiros. III. Título
-

**JOSÉ ALEXANDRE SIQUEIRA DE SOUZA**

**UTILIZAÇÃO DO FARELO DO RESÍDUO DO GUARANÁ (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*)  
NA ALIMENTAÇÃO DE OVINOS CONFINADOS**

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

Aprovado em 24 de junho de 2026.

**BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente



**MARCOS VINICIUS DE CASTRO FERRAZ JUNIOR**

Data: 03/07/2026 10:22:38-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Doutor Marcos Vinicius de Castro Ferraz Junior  
Presidente – Universidade Federal do Amazonas

Documento assinado digitalmente



**NOEDSON DE JESUS BELTRAO MACHADO**

Data: 03/07/2026 13:42:00-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Doutor Noedson de Jesus Beltrão Machado  
Membro – Universidade Federal do Amazonas

Documento assinado digitalmente



**CHRISTIANO RAPHAEL DE ALBUQUERQUE BORGES**

Data: 03/07/2026 15:20:33-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Doutor Christiano Raphael Albuquerque Borges  
Membro – Universidade Federal do Amazonas

Documento assinado digitalmente



**JONE RODRIGUES DA SILVA**

Data: 06/07/2026 14:37:13-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Doutor Jone Rodrigues da Silva  
Membro – Universidade Estadual do Mato Grosso

Documento assinado digitalmente



**RHAISSA GARCIA DE ASSIS**

Data: 03/07/2026 16:13:02-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Doutora Rhaíssa Garcia de Assis  
Membro – Universidade Estadual de Ponta Grossa

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

JOSÉ ALEXANDRE SIQUEIRA DE SOUZA, nascido em 22 de julho de 1990, no município de Parintins, Amazonas, filho de Maria Valdiza Siqueira de Souza e José Nunes de Souza. Ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Campus Parintins, em 2008, concluindo a graduação em 2014 com o trabalho de conclusão de curso intitulado “*Recuperação de Pastagens Degradadas*”. Em 2018, obteve o título de Mestre em Agronomia Tropical pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM), com dissertação intitulada “*Produção de Gramíneas Forrageiras dos Gêneros Urochloa e Megathyrsus*”. Em 2022, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros (PPGCARP/UFAM), na área de concentração Produção Animal, para cursar o Doutorado em Ciência Animal.

Ao longo de sua trajetória profissional, atuou como Professor Substituto da Universidade Federal do Amazonas nos períodos de 2018 a 2020 e de 2023 a 2024. Exerceu também a função de Professor na área de Agropecuária do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) entre 2023 e 2024. Foi Zootecnista do Instituto de Desenvolvimento Agropecuário e Florestal Sustentável do Estado do Amazonas (IDAM) no período de 2020 a 2023. Entre 2019 e 2021, exerceu o cargo de Vice-Presidente da Associação dos Zootecnistas do Amazonas (AZAM), participando de ações voltadas à valorização profissional e ao fortalecimento da categoria no estado.

Sua atuação acadêmica e profissional concentra-se nas áreas de nutrição animal, produção de ruminantes, manejo de pastagens, utilização de coprodutos agroindustriais na alimentação animal e extensão rural.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da inclusão do farelo do resíduo do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) na dieta de ovinos confinados sobre o desempenho produtivo, o comportamento ingestivo, os parâmetros bioquímicos sanguíneos e as características de carcaça. Foram utilizados 16 ovinos machos inteiros, sem raça definida, com aproximadamente 180 dias de idade e peso corporal médio inicial de  $23,06 \pm 1,86$  kg, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos e oito repetições. Os tratamentos consistiram em dietas contendo 0% e 20% de farelo do resíduo do guaraná em substituição parcial ao milho. As dietas foram formuladas para serem isoenergéticas e isoproteicas, contendo 20% de feno de capim Mombaça e 80% de concentrado. O período experimental teve duração de 45 dias, sendo 15 dias destinados à adaptação dos animais e 30 dias às avaliações. Foram avaliados o consumo de matéria seca, o ganho médio diário, a conversão alimentar, o comportamento ingestivo, os parâmetros bioquímicos séricos e as características quantitativas da carcaça. Não foram observadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos para as variáveis avaliadas. Entretanto, verificou-se aumento numérico no ganho médio diário e melhora na conversão alimentar dos animais alimentados com a dieta contendo resíduo de guaraná. Os parâmetros bioquímicos mantiveram-se dentro dos limites fisiológicos para a espécie. Conclui-se que a substituição parcial do milho por farelo do resíduo do guaraná em até 20% da dieta não compromete o desempenho produtivo, o comportamento ingestivo, o metabolismo sanguíneo nem as características de carcaça de ovinos confinados, constituindo uma alternativa nutricional viável para sistemas de produção de pequenos ruminantes.

**Palavras-chave:** coprodutos agroindustriais; nutrição de ruminantes; desempenho animal; bioquímica sérica; terminação em confinamento.

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of including guarana residue meal (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) in the diet of feedlot sheep on productive performance, ingestive behavior, blood biochemical parameters, and carcass characteristics. Sixteen non-castrated mixed-breed male sheep, approximately 180 days old and with an average initial body weight of  $23.06 \pm 1.86$  kg, were used in a completely randomized design with two treatments and eight replicates. The treatments consisted of diets containing 0% and 20% guarana residue meal as a partial replacement for corn. Diets were formulated to be isoenergetic and isonitrogenous, containing 20% Mombasa grass hay and 80% concentrate. The experimental period lasted 45 days, including 15 days for adaptation and 30 days for evaluations. Dry matter intake, average daily gain, feed conversion ratio, ingestive behavior, serum biochemical parameters, and quantitative carcass traits were assessed. No significant differences ( $P > 0.05$ ) were observed between treatments for any of the evaluated variables. However, a numerical increase in average daily gain and an improvement in feed conversion ratio were observed in animals fed the diet containing guarana residue meal. Biochemical parameters remained within the physiological range for the species. It was concluded that the partial replacement of corn with up to 20% guarana residue meal does not impair productive performance, ingestive behavior, blood metabolism, or carcass characteristics of feedlot sheep, representing a viable nutritional alternative for small ruminant production systems.

**Keywords:** agro-industrial by-products; ruminant nutrition; animal performance; serum biochemistry; feedlot finishing.

## **LISTA DE SIGLAS**

### **CAPÍTULO I**

AOAC - Association of Official Analytical Chemists

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAPEAM - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas

FCA - Faculdade de Ciências Agrárias

FDA - Fibra em Detergente Ácido

FDN - Fibra em Detergente Neutro

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICSEZ - Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia

NRC - National Research Council

PB - Proteína Bruta

PDR - Proteína Degradável no Rúmen

PNDR - Proteína Não Degradável no Rúmen

PPGCARP - Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros

SEPROR - Secretaria de Estado da Produção Rural do Amazonas

UFAM - Universidade Federal do Amazonas

### **CAPÍTULO II**

ADG – Average Daily Gain

ARC – Agricultural Research Council

CCI – Carcass Compactness Index

DMI – Dry Matter Intake

EE – Ether Extract

ECL – External Carcass Length

FCR – Feed Conversion Ratio

GGT – Gamma-Glutamyl Transferase

GLM – General Linear Model

GR – Guaraná Residue

HCW – Hot Carcass Weight

HCY – Hot Carcass Yield

LL – Leg Length

LMA – Longissimus Muscle Area

ME – Metabolizable Energy

NDF – Neutral Detergent Fiber

NDFcp – Neutral Detergent Fiber Corrected for Ash and Protein

NDIA – Neutral Detergent Insoluble Ash

NDIP – Neutral Detergent Insoluble Protein

NFC – Non-Fibrous Carbohydrates

OM – Organic Matter

REA – Rib Eye Area

RT – Rumination Time

SAS – Statistical Analysis System

SBM – Soybean Meal

SBW – Slaughter Body Weight

SEM – Standard Error of the Mean

SFT – Subcutaneous Fat Thickness

TCT – Total Chewing Time

VLDL – Very Low-Density Lipoprotein

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO II

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Table 1 – Ingredient proportions and chemical composition of the experimental diets, on a dry matter basis (% DM).....                  | 30 |
| Table 2 – Chemical composition of mombaça hay, ground corn, soybean meal, and guaraná residue in the experimental diets (%).....        | 32 |
| Table 3 – Physicochemical composition of guaraná residue.....                                                                           | 32 |
| Table 4 – Dry matter intake (DMI), average daily gain (ADG), and feed conversion (FC) of sheep fed guaraná residue replacing corn ..... | 34 |
| Table 5 – Feeding behavior of confined sheep receiving guaraná residue .....                                                            | 35 |
| Table 6 – Carcass characteristics of sheep fed diets with or without guaraná residue .....                                              | 36 |
| Table 7 – Serum biochemical parameters grouped by metabolic function in sheep fed diets with 0% and 20% guaraná residue .....           | 37 |

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Principais formas de processamento e comercialização do guaraná ( <i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> ).....                                            | 15 |
| Figura 2. Frutos de guaraná ( <i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> ) em estágio de maturação e sementes submetidas ao processo de beneficiamento pós-colheita..... | 16 |

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                                           | <b>1</b>  |
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                        | <b>1</b>  |
| <b>2. OBJETIVOS .....</b>                                                                                                        | <b>4</b>  |
| 2.1 Objetivo Geral.....                                                                                                          | 4         |
| 2.2 Objetivos Específicos.....                                                                                                   | 4         |
| <b>3. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                                                                             | <b>5</b>  |
| 3.1 Panorama geral da ovinocultura.....                                                                                          | 5         |
| 3.2 Alimentação de Ovinos.....                                                                                                   | 6         |
| 3.2.1 Energia .....                                                                                                              | 7         |
| 3.2.2 Proteína.....                                                                                                              | 8         |
| 3.2.3 Fibras.....                                                                                                                | 9         |
| 3.2.4 Minerais.....                                                                                                              | 11        |
| 3.2.5 Vitaminas .....                                                                                                            | 12        |
| 3.3 Alimentos alternativos na alimentação de ovinos.....                                                                         | 13        |
| 3.4 O guaraná ( <i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> ): origem e importância econômica .....                             | 14        |
| 3.6 Processamento do guaraná ( <i>Paullinia cupana</i> var. <i>sorbilis</i> ) e geração de resíduos agroindustriais.....         | 20        |
| <b>4 . REFERÊNCIAS .....</b>                                                                                                     | <b>22</b> |
| <b>5. INTRODUCTION .....</b>                                                                                                     | <b>28</b> |
| <b>6. MATERIALS AND METHODS .....</b>                                                                                            | <b>30</b> |
| Table 2. Chemical composition of mombaça hay, ground corn, soybean meal, and guaraná residue in the experimental diets (%) ..... | 32        |
| Table 3. Physicochemical composition of guaraná residue .....                                                                    | 32        |
| <b>7. RESULTS AND DISCUSSION .....</b>                                                                                           | <b>34</b> |
| Table 5. Feeding behavior of confined sheep receiving guaraná residue .....                                                      | 36        |
| Table 6. Carcass characteristics of sheep fed diets with or without guaraná residue .....                                        | 37        |
| Table 7. Serum biochemical parameters grouped by metabolic function in sheep fed diets with 0% and 20% guaraná residue.....      | 38        |
| <b>8. CONCLUSION .....</b>                                                                                                       | <b>39</b> |
| <b>9. REFERENCES .....</b>                                                                                                       | <b>39</b> |
| <b>10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                                                                             | <b>44</b> |

## CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO, OBJETIVOS E REVISÃO DE LITERATURA

### 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos de origem animal, impulsionada pelo crescimento populacional e pela urbanização global, tem ampliado a necessidade por sistemas de produção mais eficientes, sustentáveis e tecnicamente viáveis. Nesse cenário, a ovinocultura destaca-se como uma atividade de relevante importância socioeconômica, sobretudo em regiões com condições edafoclimáticas adversas, onde outras atividades agropecuárias apresentam maiores restrições. Os ovinos são animais rústicos, com elevada adaptabilidade a diferentes ambientes e notável potencial para a produção de carne, leite e pele, configurando-se como uma alternativa estratégica para a pecuária em pequenas propriedades e na agricultura familiar (NGCOBO et al., 2025).

No entanto, um dos principais entraves ao desenvolvimento da ovinocultura é o elevado custo da alimentação, que representa a maior parcela das despesas nos sistemas de produção intensivos. Nesse contexto, a busca por alternativas alimentares economicamente viáveis e nutricionalmente adequadas tem incentivado pesquisas voltadas à utilização de coprodutos e resíduos agroindustriais na dieta de ruminantes. Além da redução dos custos de produção, essa estratégia favorece o aproveitamento de materiais com potencial poluente, contribuindo para a sustentabilidade ambiental da atividade pecuária (CORREDDU et al., 2020; SHAH et al., 2025; VASTOLO et al., 2022).

Entre os coprodutos agroindustriais com potencial de utilização na alimentação animal destaca-se o farelo do resíduo do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*), subproduto gerado durante o processamento das sementes para obtenção de pó, extratos e outros derivados. O Brasil é o principal produtor mundial de guaraná, com destaque para os estados da Bahia e do Amazonas. Neste último, o município de Maués é reconhecido como um dos principais polos produtores, onde a cultura do guaraná apresenta elevada importância econômica, social e cultural, especialmente para os povos indígenas Sateré-Mawé (FIGUEROA, 2016; SOARES FILHO et al., 2022).

O resíduo gerado durante o beneficiamento do guaraná é constituído principalmente por fragmentos de sementes, cascas e outras estruturas remanescentes do processamento industrial. Embora tradicionalmente apresente baixo valor comercial, esse material pode conter nutrientes residuais e compostos bioativos de interesse para a alimentação animal,

incluindo metilxantinas e compostos fenólicos (SOUSA et al., 2010; ROCHA et al., 2024). O aproveitamento desses resíduos pode contribuir para a agregação de valor à cadeia produtiva do guaraná e para a redução dos impactos ambientais associados ao descarte inadequado de coprodutos agroindustriais.

Nos últimos anos, o interesse pela utilização de coprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes tem aumentado significativamente em virtude de seus potenciais benefícios econômicos e ambientais. Estudos têm demonstrado que diversos resíduos agroindustriais podem substituir parcialmente ingredientes convencionais das dietas sem comprometer o desempenho produtivo dos animais, desde que suas características nutricionais sejam adequadamente conhecidas e os níveis de inclusão sejam criteriosamente definidos (CORREDDU et al., 2020; BEZERRA et al., 2023; AL RHARAD et al., 2025).

Além das vantagens econômicas e ambientais, o aproveitamento do resíduo do guaraná na alimentação animal representa uma oportunidade de valorização de cadeias produtivas regionais e de fortalecimento da bioeconomia amazônica. A integração entre a agroindústria do guaraná e a produção pecuária pode favorecer o uso mais eficiente dos recursos disponíveis, agregando valor a materiais anteriormente subutilizados e contribuindo para sistemas produtivos mais sustentáveis.

Entretanto, a utilização de resíduos agroindustriais como ingredientes alternativos em dietas para ruminantes exige a caracterização de sua composição química e a avaliação de seus efeitos sobre o metabolismo e o desempenho animal. No caso específico do resíduo do guaraná, ainda são escassas as informações disponíveis acerca de seu valor nutricional e de seu potencial de utilização na alimentação de ovinos. Além disso, variações decorrentes do processamento industrial podem influenciar a composição química e a concentração de compostos bioativos presentes nesse material (ROCHA et al., 2024).

Diante da disponibilidade regional do resíduo do guaraná e da crescente demanda por alternativas alimentares sustentáveis para pequenos ruminantes, torna-se necessária a avaliação de sua composição nutricional e de seus efeitos sobre o desempenho, o metabolismo, o comportamento ingestivo e as características de carcaça dos animais. Nesse contexto, este estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar a utilização do farelo do resíduo do guaraná na alimentação de ovinos confinados, contribuindo para a valorização de coprodutos agroindustriais amazônicos e para o desenvolvimento de sistemas de produção mais sustentáveis.

A hipótese deste estudo foi que a inclusão do farelo do resíduo do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) em substituição parcial ao milho na dieta de ovinos confinados não compromete o desempenho produtivo, o comportamento ingestivo, os parâmetros bioquímicos sanguíneos nem as características de carcaça dos animais, constituindo uma alternativa nutricional viável para sistemas de produção de pequenos ruminantes.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da inclusão do farelo do resíduo do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) na dieta de ovinos confinados sobre o desempenho produtivo, o comportamento ingestivo, os parâmetros bioquímicos sanguíneos e as características de carcaça.

### 2.2 Objetivos Específicos

I. Caracterizar a composição químico-bromatológica do farelo do resíduo do guaraná utilizado nas dietas experimentais;

II. Avaliar o consumo de nutrientes e o desempenho produtivo de ovinos alimentados com dietas contendo farelo do resíduo do guaraná;

III. Avaliar o comportamento ingestivo dos animais, incluindo os tempos de alimentação, ruminação, ócio e mastigação total;

IV. Determinar os efeitos da inclusão do farelo do resíduo do guaraná sobre os parâmetros bioquímicos sanguíneos dos ovinos;

V. Avaliar as características quantitativas da carcaça de ovinos alimentados com dietas contendo farelo do resíduo do guaraná.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Panorama geral da ovinocultura

A ovinocultura é uma das atividades pecuárias mais antigas do mundo, desenvolvida em diversos continentes e adaptada às mais variadas condições ambientais. Globalmente, os ovinos desempenham papel estratégico tanto na segurança alimentar quanto na economia rural de inúmeros países, principalmente por sua capacidade de produzir carne, leite, lã e pele com relativa eficiência em áreas de baixa aptidão agrícola. Além disso, a elevada adaptabilidade da espécie permite sua exploração em diferentes sistemas produtivos, contribuindo para a geração de renda e para o desenvolvimento sustentável das cadeias pecuárias (FAOSTAT, 2025).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura, o rebanho mundial de ovinos ultrapassa 1,2 bilhão de cabeças, com destaque para a Ásia e a África, que concentram mais de 60% da população global. Países como China, Índia, Austrália e Sudão figuram entre os maiores produtores mundiais, enquanto Austrália e Nova Zelândia se destacam pela elevada eficiência dos sistemas de produção e pela liderança nas exportações de carne ovina, operando com sistemas altamente tecnificados voltados ao mercado internacional (FAOSTAT, 2025; OECD/FAO, 2025).

No Brasil, a ovinocultura apresenta perfil predominantemente voltado para a produção de carne, acompanhando o aumento da demanda interna por proteína animal de qualidade. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024), o rebanho ovino nacional é estimado em aproximadamente 20 milhões de cabeças, concentrando-se principalmente na Região Nordeste, responsável pela maior parcela do efetivo nacional. As regiões Sul, Centro-Oeste e Sudeste também apresentam participação expressiva, impulsionadas pelo melhoramento genético, adoção de tecnologias e intensificação dos sistemas produtivos.

Embora a Região Norte represente parcela relativamente pequena do rebanho ovino nacional, a atividade possui relevância crescente como alternativa de diversificação produtiva para sistemas agropecuários da Amazônia. No estado do Amazonas, a criação de ovinos apresenta potencial para expansão em função da disponibilidade de recursos forrageiros, da possibilidade de integração com sistemas de produção familiar e da demanda regional por proteína de origem animal. Entretanto, o desenvolvimento da atividade ainda depende da adoção de tecnologias de manejo, melhorias na assistência técnica e fortalecimento da cadeia produtiva regional (IBGE, 2024; FAOSTAT, 2025).

Apesar desse potencial, a cadeia produtiva ovina na Amazônia ainda enfrenta desafios relacionados ao acesso à assistência técnica, adoção de tecnologias, organização dos produtores e custos de alimentação. Tais limitações reforçam a necessidade de pesquisas voltadas ao desenvolvimento de estratégias que aumentem a eficiência produtiva e a sustentabilidade dos sistemas de produção. Nesse sentido, a utilização de coprodutos agroindustriais tem sido amplamente estudada como alternativa para reduzir custos alimentares, aumentar a eficiência econômica e promover o aproveitamento sustentável de resíduos agroindustriais (CORREDDU et al., 2020; DE CASTRO et al., 2023).

A valorização da carne ovina no mercado nacional, associada ao crescente interesse por sistemas produtivos sustentáveis, tem impulsionado investimentos em áreas estratégicas como nutrição, genética, reprodução, sanidade e manejo. Estudos recentes demonstram que a adoção de estratégias nutricionais adequadas e o uso de ingredientes alternativos podem manter o desempenho produtivo, a saúde metabólica e as características de carcaça dos animais, contribuindo para a competitividade da atividade (DORANTES-ITURBIDE et al., 2022; ANTUNOVIĆ et al., 2024; AL RHARAD et al., 2025).

Diante desse cenário, a ovinocultura destaca-se como atividade com elevado potencial de crescimento no Brasil, especialmente em regiões emergentes como a Amazônia. O fortalecimento da cadeia produtiva depende da adoção de tecnologias capazes de aumentar a eficiência dos sistemas de produção, com destaque para o manejo nutricional, que exerce influência direta sobre o desempenho produtivo, a saúde animal, a eficiência alimentar e a qualidade da carcaça. Nesse contexto, a alimentação representa um dos principais componentes dos custos de produção e um dos fatores determinantes para a sustentabilidade econômica da atividade, tornando fundamental a compreensão das exigências nutricionais dos ovinos e das alternativas alimentares disponíveis para os sistemas de produção.

### 3.2 Alimentação de Ovinos

Os ovinos são animais ruminantes dotados de um sistema digestivo altamente especializado, caracterizado pela presença do rúmen, compartimento responsável pela fermentação microbiana dos alimentos ingeridos. Nesse ambiente, uma complexa comunidade de bactérias, protozoários, fungos e arqueas atua na degradação dos carboidratos estruturais presentes na parede celular das plantas, especialmente a celulose e a hemicelulose, permitindo o aproveitamento eficiente de alimentos fibrosos que não poderiam ser digeridos diretamente pelo animal. Essa adaptação fisiológica confere aos ovinos elevada capacidade de utilização

de forragens e outros recursos alimentares, tornando-os uma das espécies de maior eficiência na conversão de biomassa vegetal em produtos de alto valor biológico (VAN SOEST, 1994; NASEM, 2021).

A eficiência do processo fermentativo ruminal possibilita aos ovinos utilizar uma ampla variedade de alimentos, incluindo pastagens, forragens conservadas e diferentes ingredientes alternativos, contribuindo para a viabilidade econômica dos sistemas de produção. A interação entre os microrganismos ruminais e os nutrientes da dieta resulta na produção de ácidos graxos de cadeia curta, proteína microbiana e vitaminas, compostos fundamentais para a manutenção das funções fisiológicas, crescimento, reprodução e produção animal (VAN SOEST, 1994; NASEM, 2021).

A alimentação constitui um dos principais componentes do custo de produção na ovinocultura, exercendo influência direta sobre o desempenho produtivo, a eficiência alimentar, a saúde, a reprodução e as características de carcaça dos animais. Dessa forma, o adequado balanceamento das dietas torna-se essencial para atender às exigências nutricionais dos ovinos em cada fase fisiológica e produtiva, contribuindo para a sustentabilidade econômica e zootécnica dos sistemas de criação (NASEM, 2021; LU, 2026).

Os nutrientes essenciais requeridos pelos ovinos incluem energia, proteína, fibra, minerais e vitaminas, os quais desempenham funções específicas no metabolismo e devem ser fornecidos em quantidades adequadas para garantir o crescimento, a manutenção, a reprodução e a produção animal. A compreensão da importância desses nutrientes é fundamental para o desenvolvimento de estratégias nutricionais eficientes, permitindo maximizar o desempenho produtivo e a utilização dos recursos alimentares disponíveis. Nesse sentido, serão abordadas individualmente a função e a importância de cada nutriente na alimentação dos ovinos.

### 3.2.1 Energia

A energia é considerada o nutriente de maior importância econômica na alimentação de ovinos, pois está diretamente relacionada à manutenção das funções vitais, ao crescimento, à reprodução, à lactação, à termorregulação e à deposição de tecidos corporais. O adequado suprimento energético é fundamental para garantir o desempenho produtivo dos animais e maximizar a eficiência de utilização dos nutrientes da dieta (NASEM, 2021).

Nos ruminantes, a principal fonte de energia não provém diretamente da glicose dietética, mas dos produtos resultantes da fermentação microbiana realizada no rúmen.

Durante esse processo, os carboidratos presentes nos alimentos são degradados pela microbiota ruminal, originando ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), principalmente acetato, propionato e butirato, que são absorvidos pela parede ruminal e utilizados como fonte energética pelo organismo animal. O propionato destaca-se por atuar como principal precursor da glicose hepática, enquanto o acetato e o butirato participam principalmente do metabolismo energético e da síntese de tecidos corporais (VAN SOEST, 1994).

A disponibilidade de energia na dieta influencia diretamente o consumo de matéria seca, a eficiência alimentar, o ganho de peso, o desempenho reprodutivo e as características de carcaça dos ovinos. Dietas energeticamente equilibradas favorecem a utilização eficiente dos demais nutrientes, enquanto deficiências energéticas podem comprometer o crescimento, a resposta imunológica e a produtividade dos animais (NASEM, 2021; LU, 2026).

Tradicionalmente, ingredientes como milho e outros cereais constituem as principais fontes energéticas utilizadas em dietas para ovinos. Entretanto, o crescente interesse por sistemas de produção mais sustentáveis tem estimulado a utilização de coprodutos agroindustriais como fontes alternativas de energia. Além de contribuírem para a redução dos custos de alimentação, esses ingredientes podem apresentar valor nutricional expressivo e auxiliar no aproveitamento sustentável de resíduos provenientes de diferentes cadeias produtivas. Azevêdo et al. (2012) observaram ampla variação nos teores de nutrientes digestíveis totais e na digestibilidade de coprodutos agroindustriais brasileiros, evidenciando o potencial desses materiais para utilização na alimentação de ruminantes. De forma semelhante, Lucio-Ruiz et al. (2024), em meta-análise envolvendo pequenos ruminantes, relataram que a utilização de compostos bioativos oriundos de ingredientes alternativos pode favorecer a digestibilidade dos nutrientes, a fermentação ruminal e o desempenho produtivo dos animais.

Considerando a importância da energia para os processos metabólicos e produtivos, o adequado suprimento energético constitui um dos principais fatores determinantes para o desempenho dos ovinos. Assim, a compreensão das exigências energéticas da espécie e das diferentes fontes disponíveis para seu atendimento é fundamental, uma vez que esses fatores influenciam diretamente a eficiência produtiva dos sistemas de criação.

### 3.2.2 Proteína

A proteína é um dos nutrientes mais importantes na alimentação de ovinos, desempenhando papel fundamental na formação e renovação dos tecidos corporais, síntese de

enzimas, hormônios, anticorpos e proteínas estruturais, além de participar diretamente dos processos de crescimento, reprodução, lactação e resposta imunológica. O adequado fornecimento proteico é essencial para maximizar o desempenho produtivo dos animais e garantir o funcionamento eficiente dos processos metabólicos (NASEM, 2021).

Nos ruminantes, a nutrição proteica apresenta particularidades em razão da intensa atividade microbiana no rúmen. A proteína dietética pode ser dividida em proteína degradável no rúmen (PDR) e proteína não degradável no rúmen (PNDR). A fração degradável fornece nitrogênio para os microrganismos ruminais, permitindo a síntese de proteína microbiana, considerada uma das principais fontes de aminoácidos absorvidos no intestino delgado. Já a proteína não degradável escapa parcialmente da fermentação ruminal e é digerida diretamente no trato gastrointestinal, contribuindo para o suprimento de aminoácidos metabolizáveis ao animal (VAN SOEST, 1994; NASEM, 2021).

A deficiência proteica pode comprometer o crescimento, reduzir a eficiência alimentar, limitar a atividade microbiana ruminal e prejudicar o desempenho reprodutivo dos animais. Por outro lado, o fornecimento excessivo de proteína pode aumentar os custos de alimentação e reduzir a eficiência de utilização do nitrogênio, resultando em maiores perdas para o ambiente. Assim, o balanceamento adequado entre energia e proteína constitui um dos principais fatores para a otimização do desempenho produtivo dos ovinos (LU, 2026).

As exigências proteicas variam de acordo com a idade, categoria animal, estado fisiológico e nível de produção. Animais em crescimento, fêmeas gestantes e ovelhas em lactação apresentam maiores demandas nutricionais, exigindo dietas capazes de suprir adequadamente suas necessidades metabólicas. Dessa maneira, o conhecimento das fontes proteicas disponíveis e de sua utilização pelos animais é essencial para a formulação de dietas equilibradas e economicamente viáveis nos sistemas de produção ovina.

Considerando que a utilização eficiente da proteína pelos ruminantes depende diretamente da atividade fermentativa ruminal, a fibra assume papel fundamental na manutenção do ambiente ruminal e na adequada digestão dos nutrientes, aspectos discutidos no tópico seguinte.

### 3.2.3 Fibras

A fibra constitui um dos componentes mais importantes na alimentação de ruminantes, desempenhando papel fundamental na manutenção da saúde e da funcionalidade do rúmen. A fração fibrosa dos alimentos é geralmente expressa como fibra em detergente neutro (FDN), a

qual representa os principais constituintes da parede celular vegetal, incluindo celulose, hemicelulose e lignina. Além de contribuir para o suprimento energético por meio da fermentação ruminal, a fibra exerce função essencial na regulação do consumo alimentar e na manutenção do ambiente ruminal (VAN SOEST, 1994).

A presença de níveis adequados de fibra na dieta estimula a mastigação e a ruminação, aumentando a produção de saliva, importante mecanismo fisiológico responsável pela tamponação do conteúdo ruminal. Esse processo contribui para a manutenção do pH em níveis adequados, reduzindo o risco de distúrbios metabólicos, como acidose ruminal e timpanismo, frequentemente associados ao fornecimento excessivo de concentrados (MERTENS, 1997; ZEBELI et al., 2012).

Além da quantidade de fibra, sua efetividade física exerce papel determinante sobre o comportamento ingestivo, a fermentação ruminal e a digestibilidade dos nutrientes. Dietas com níveis adequados de fibra fisicamente efetiva estimulam a mastigação e a ruminação, favorecem a produção de saliva, promovem maior estabilidade do ambiente ruminal e criam condições favoráveis para o desenvolvimento de bactérias celulolíticas. Como consequência, observa-se maior produção de acetato, melhor aproveitamento dos nutrientes e maior eficiência do processo digestivo. Estudos recentes conduzidos com ovinos confirmam que o aumento dos níveis de fibra em detergente neutro proveniente de forragens favorece a fermentação ruminal, estimula o crescimento da microbiota fibrotrófica e melhora a digestibilidade dos nutrientes (ZEBELI et al., 2012; LU, 2026; ZHANG et al., 2024; ZHANG et al., 2025).

Diversos ingredientes fibrosos podem ser utilizados na alimentação de ovinos, incluindo forragens convencionais e coprodutos agroindustriais. O aproveitamento desses materiais tem despertado crescente interesse em razão de seu potencial para reduzir custos alimentares, aumentar a sustentabilidade dos sistemas produtivos e promover o uso mais eficiente dos recursos disponíveis. Entretanto, sua utilização deve considerar não apenas os teores de fibra, mas também sua digestibilidade, composição química e efeitos sobre o consumo voluntário e a fermentação ruminal (CORREDDU et al., 2020; BEZERRA et al., 2023).

Paralelamente à importância da fibra para a saúde e o funcionamento do rúmen, o adequado metabolismo dos ovinos depende do fornecimento equilibrado de minerais, nutrientes que participam de processos fisiológicos relacionados ao crescimento, à

reprodução, à imunidade e à manutenção da saúde animal. Deficiências ou desequilíbrios minerais podem comprometer o desempenho produtivo e reprodutivo dos rebanhos, evidenciando a necessidade de suprimento adequado desses nutrientes nas dietas (NASEM, 2021). Assim, destaca-se o papel dos minerais na alimentação dos ovinos, uma vez que esses nutrientes participam de diversos processos fisiológicos relacionados ao crescimento, à reprodução e à manutenção da saúde animal.

#### 3.2.4 Minerais

Os minerais são nutrientes essenciais para a manutenção da vida e do desempenho produtivo dos ovinos, participando de processos relacionados ao crescimento, desenvolvimento ósseo, reprodução, imunidade, metabolismo energético e equilíbrio ácido-base. Embora sejam requeridos em menores quantidades quando comparados aos nutrientes energéticos e proteicos, sua deficiência ou desequilíbrio pode comprometer significativamente a saúde e a produtividade dos animais (McDOWELL, 2003; NASEM, 2021).

De acordo com sua concentração no organismo e exigência nutricional, os minerais são classificados em macrominerais e microminerais. Entre os macrominerais de maior importância destacam-se cálcio, fósforo, magnésio, sódio, potássio e enxofre, que participam da formação dos tecidos corporais, da contração muscular, da transmissão nervosa e da manutenção do equilíbrio osmótico. Os microminerais, por sua vez, incluem elementos como zinco, cobre, ferro, manganês, selênio, cobalto e iodo, os quais atuam como componentes estruturais ou cofatores de enzimas envolvidas em diversas reações metabólicas fundamentais ao funcionamento do organismo animal (McDOWELL, 2003; LU, 2026).

O cálcio e o fósforo merecem atenção especial por constituírem a maior parte da fração mineral dos ossos e dentes, além de desempenharem funções importantes na coagulação sanguínea, na transmissão dos impulsos nervosos e no metabolismo energético. A adequada relação entre esses minerais é indispensável para o crescimento, desenvolvimento e manutenção da integridade esquelética dos animais. Da mesma forma, microminerais como zinco, cobre e selênio estão diretamente relacionados à resposta imunológica, à atividade antioxidante, à fertilidade e ao desempenho reprodutivo dos ovinos (NASEM, 2021; LU, 2026).

A disponibilidade mineral dos alimentos pode variar em função da espécie forrageira, das características do solo, do processamento dos ingredientes e das condições ambientais. Diante desse cenário, mesmo em sistemas baseados em pastagens de boa qualidade, a

suplementação mineral continua sendo uma prática indispensável para garantir o adequado atendimento das exigências nutricionais dos animais. O fornecimento equilibrado desses nutrientes contribui para a manutenção da saúde, melhoria da eficiência produtiva e redução da ocorrência de distúrbios metabólicos e reprodutivos (McDOWELL, 2003; NASEM, 2021).

Embora os minerais sejam indispensáveis para o crescimento, a reprodução e a manutenção da saúde dos ovinos, o adequado funcionamento metabólico do organismo também depende da atuação das vitaminas, micronutrientes que participam da regulação de diversas reações bioquímicas essenciais à vida animal (NASEM, 2021; LU, 2026).

### 3.2.5 Vitaminas

As vitaminas são compostos orgânicos essenciais que participam de diversas reações metabólicas relacionadas ao crescimento, à reprodução, à imunidade e à manutenção da saúde dos animais. Embora sejam requeridas em pequenas quantidades, sua deficiência pode comprometer significativamente o desempenho produtivo e o funcionamento normal do organismo dos ovinos (McDOWELL, 2000; NASEM, 2021).

As vitaminas são classificadas em lipossolúveis e hidrossolúveis. Entre as vitaminas lipossolúveis, destacam-se as vitaminas A, D, E e K. A vitamina A está associada à manutenção da integridade epitelial, à resposta imunológica e à função visual. A vitamina D participa da regulação do metabolismo do cálcio e do fósforo, sendo fundamental para a formação e manutenção do tecido ósseo. A vitamina E atua como importante antioxidante biológico, protegendo as células contra os danos causados pelos radicais livres, enquanto a vitamina K está diretamente relacionada aos mecanismos de coagulação sanguínea (McDOWELL, 2000; NASEM, 2021).

Nos ruminantes, as vitaminas do complexo B e a vitamina K podem ser sintetizadas pela microbiota ruminal em quantidades geralmente suficientes para atender às exigências dos animais. Entretanto, alterações na fermentação ruminal, situações de estresse ou desequilíbrios nutricionais podem comprometer essa síntese e afetar o metabolismo animal (NASEM, 2021; LU, 2026).

A adequada oferta de vitaminas, associada ao fornecimento equilibrado de energia, proteína, fibra e minerais, é fundamental para a manutenção da saúde e do desempenho produtivo dos ovinos. Diante desse cenário, a busca por ingredientes alternativos que contribuam para a qualidade nutricional das dietas tem despertado crescente interesse na nutrição de ruminantes. Entre essas alternativas destacam-se os coprodutos agroindustriais,

que podem representar importantes fontes de nutrientes e compostos bioativos, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas de produção animal.

O aproveitamento desses materiais tem recebido atenção crescente nos últimos anos, especialmente em regiões produtoras de matérias-primas agrícolas, onde a geração de resíduos agroindustriais representa uma oportunidade para redução de custos alimentares e agregação de valor aos sistemas produtivos.

### 3.3 Alimentos alternativos na alimentação de ovinos

A alimentação representa um dos principais componentes dos custos de produção na ovinocultura, podendo corresponder à maior parcela das despesas em sistemas intensivos e semi-intensivos de criação. Diante da crescente valorização dos ingredientes convencionais, como milho e farelo de soja, torna-se necessária a busca por alternativas alimentares capazes de reduzir os custos de produção sem comprometer o desempenho produtivo e a saúde dos animais. Nesse cenário, os resíduos agrícolas e os coprodutos agroindustriais têm se destacado como importantes alternativas para promover maior sustentabilidade e eficiência econômica nos sistemas de produção animal (SHAH et al., 2025).

Os coprodutos agroindustriais são materiais obtidos durante o processamento de matérias-primas destinadas à produção de alimentos, bebidas, óleos, fibras e outros produtos industriais. Embora não constituam o produto principal da cadeia produtiva, muitos desses materiais apresentam valor nutricional significativo, podendo ser utilizados na alimentação de ruminantes como fontes de energia, proteína, fibra e compostos bioativos. Além disso, seu aproveitamento contribui para a redução dos impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de resíduos, favorecendo os princípios da economia circular e da sustentabilidade agropecuária (ÜNLÜ et al., 2022; SHAH et al., 2025).

Diversos estudos têm demonstrado resultados promissores com a utilização de coprodutos agroindustriais na alimentação de pequenos ruminantes. Hernández-Bautista et al. (2018) observaram que a inclusão de polpa de café em dietas para cordeiros não comprometeu o desempenho produtivo nem os parâmetros gerais de saúde dos animais durante a fase de terminação. De forma semelhante, De Castro et al. (2023) verificaram que coprodutos oriundos de oleaginosas amazônicas podem ser utilizados na alimentação de cordeiros sem prejuízos ao consumo, à digestibilidade dos nutrientes e às características de carcaça.

Além do valor nutricional, muitos coprodutos apresentam compostos bioativos capazes de influenciar positivamente a fermentação ruminal, o metabolismo animal e a

qualidade dos produtos de origem animal. Correddu et al. (2020) destacaram que coprodutos ricos em polifenóis representam alternativas promissoras para a alimentação de pequenos ruminantes, podendo contribuir para melhorias no metabolismo, no status antioxidante e na eficiência produtiva. Resultados semelhantes foram relatados por Vera et al. (2023) e Antunović et al. (2024), que observaram benefícios associados à suplementação de compostos fenólicos sobre parâmetros metabólicos, antioxidantes e produtivos de ovinos.

Na região Amazônica, diversos resíduos agroindustriais apresentam potencial para utilização na alimentação animal, destacando-se aqueles oriundos das cadeias produtivas do açaí, cupuaçu, tucumã, castanha-da-amazônia e guaraná. Entre esses materiais, o resíduo do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) merece destaque em razão de sua ampla disponibilidade regional e do potencial nutricional associado à presença de fibras e compostos bioativos. Sob essa perspectiva, a compreensão das características botânicas, produtivas e industriais do guaraná torna-se fundamental para avaliar sua utilização como ingrediente alternativo na alimentação de ovinos (CORREDDU et al., 2020; BEZERRA et al., 2023).

#### 3.4 O guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*): origem e importância econômica

O guaraná (*Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis* (Mart.) Ducke) é uma espécie nativa da Amazônia pertencente à família Sapindaceae, reconhecida por sua relevância econômica, cultural e científica. O gênero *Paullinia* compreende aproximadamente 220 espécies distribuídas principalmente nas regiões tropicais das Américas, sendo a variedade *sorbilis* a única explorada comercialmente em larga escala para a produção de guaraná (GENTRY, 1991; SOUZA; LORENZI, 2008; SOMNER et al., 2014; SCHIMPL et al., 2013).

A domesticação e o cultivo do guaraná estão intimamente associados aos povos indígenas da Amazônia, especialmente aos Sateré-Mawé, considerados os primeiros cultivadores da espécie. Muito antes da colonização europeia, esses povos já utilizavam o guaraná para fins alimentares, medicinais e ritualísticos, atribuindo-lhe importante valor cultural e simbólico. Diversos conhecimentos tradicionais relacionados ao manejo, processamento e utilização da planta permanecem preservados até os dias atuais, evidenciando a profunda relação entre o guaraná e a identidade sociocultural amazônica (FIGUEROA, 2016; TRICAUD; PINTON; PEREIRA, 2016; WEIL; WITKOSKI, 2023).

As sementes constituem a principal matéria-prima de interesse econômico da cultura, sendo amplamente empregadas na fabricação de pós, extratos, xaropes, suplementos alimentares, produtos farmacêuticos e bebidas energéticas. Atualmente, o guaraná é

comercializado principalmente na forma de sementes torradas, pó, bastão e xaropes, produtos que apresentam ampla aceitação nos mercados nacional e internacional (SCHIMPL et al., 2013; SOARES FILHO et al., 2022).

Figura 1. Principais formas de processamento e comercialização do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*).



Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2008) e SCHIMPL et al. (2013).

Além da importância econômica, o guaraná tem despertado crescente interesse científico devido à presença de compostos bioativos associados a propriedades funcionais. Estudos relatam efeitos estimulantes, antioxidantes, anti-inflamatórios, hipocolesterolemiantes e potenciais benefícios metabólicos relacionados ao consumo de produtos derivados do guaraná. Entretanto, ainda são necessários estudos adicionais para melhor compreensão dos mecanismos de ação, das doses adequadas e dos possíveis efeitos adversos decorrentes do consumo prolongado desses compostos (TORRES et al., 2022).

O Brasil é o principal produtor mundial de guaraná, sendo responsável pela quase totalidade da produção comercial da espécie. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), os principais estados produtores responderam por aproximadamente 97% da produção nacional em 2024, com destaque para a Bahia e o Amazonas, que concentram a maior parte das áreas cultivadas e do volume produzido. O crescimento da demanda pelos derivados do guaraná tem contribuído para a valorização econômica da cultura e fortalecido sua importância para a agricultura familiar amazônica (CONAB, 2025).

Entre os municípios produtores, destaca-se Maués, localizado no estado do Amazonas, tradicionalmente reconhecido como a “Terra do Guaraná”. O município possui forte vínculo histórico com a cultura e foi oficialmente reconhecido como Capital Nacional do Guaraná por meio da Lei nº 15.216, de 2025. Além da relevância econômica, a produção guaranícola representa importante fonte de renda para milhares de agricultores familiares da região e

constitui um dos principais símbolos da identidade cultural amazonense (SOARES FILHO et al., 2022; CONAB, 2025).

O fruto do guaranazeiro apresenta coloração avermelhada ou alaranjada quando maduro, abrindo-se naturalmente para expor a semente escura parcialmente envolvida por um arilo branco. Essa característica confere ao fruto aspecto semelhante a um olho humano, elemento frequentemente presente em narrativas e lendas indígenas associadas à origem da espécie. Após a colheita, as sementes passam por etapas de beneficiamento, incluindo despulpamento, secagem e torrefação, processos que influenciam diretamente a qualidade final da matéria-prima utilizada pela indústria (POLTRONIERI et al., 1995; SCHIMPL et al., 2013; NINA et al., 2024).

Figura 2. Frutos de guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) em estágio de maturação e sementes submetidas ao processo de beneficiamento pós-colheita.



Fonte: Portal Amazônico (2024).

A crescente valorização comercial do guaraná e o aumento do processamento industrial da espécie têm resultado na geração de quantidades expressivas de resíduos agroindustriais. Esses subprodutos apresentam potencial de aproveitamento em diferentes cadeias produtivas, especialmente na alimentação animal, em razão da presença de fibras,

compostos fenólicos e outros constituintes bioativos. Considerando esses aspectos, torna-se fundamental compreender as características do processamento industrial do guaraná e os resíduos gerados durante essa cadeia produtiva.

#### 3.4.1. Cafeína

A cafeína (1,3,7-trimetilxantina) é a principal metilxantina presente nas sementes do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) e um dos compostos bioativos responsáveis pelo elevado valor econômico e funcional da espécie. Considerada uma das fontes naturais mais ricas desse alcaloide, o guaraná apresenta concentrações de cafeína superiores às observadas em diversas plantas tradicionalmente utilizadas para sua obtenção, como café, chá e cacau (SCHIMPL et al., 2013; TORRES et al., 2022).

A concentração de cafeína no guaraná pode variar em função do genótipo, das condições edafoclimáticas, do estágio de maturação dos frutos e dos processos de secagem e beneficiamento. Estudos realizados com diferentes materiais genéticos demonstraram que a cafeína constitui a metilxantina predominante nas sementes, sendo considerada um importante marcador químico de qualidade da matéria-prima e de seus derivados (NINA et al., 2021; ROCHA et al., 2024).

Além de sua relevância industrial, a cafeína desempenha funções biológicas importantes na própria planta, atuando como mecanismo natural de defesa contra insetos, herbívoros e microrganismos. Essa substância também contribui para diversas propriedades funcionais atribuídas ao guaraná, o que explica o crescente interesse científico e comercial pela espécie e seus derivados (SCHIMPL et al., 2013; TORRES et al., 2022).

Embora as maiores concentrações de cafeína sejam encontradas nas sementes utilizadas para produção de pó, extratos e bebidas, estudos recentes demonstram que coprodutos gerados durante o processamento industrial ainda podem reter quantidades relevantes de metilxantinas. Rocha et al. (2024) identificaram a presença de cafeína em diferentes estruturas do fruto, incluindo o pericarpo, evidenciando o potencial de aproveitamento desses materiais como fontes de compostos bioativos.

Com base nessas informações, a presença residual de cafeína em coprodutos do guaraná amplia as perspectivas de utilização desses materiais em diferentes cadeias produtivas, incluindo a alimentação animal. Entretanto, a cafeína não é a única metilxantina presente na espécie, sendo também observadas quantidades variáveis de teobromina e teofilina, compostos que contribuem para a composição química e funcionalidade do guaraná.

#### 3.4.1.2 Teobromina e teofilina

Além da cafeína, o guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) contém outras metilxantinas biologicamente ativas, destacando-se a teobromina e a teofilina. Embora presentes em concentrações inferiores às da cafeína, esses compostos contribuem para a composição química da espécie e participam das propriedades funcionais atribuídas ao guaraná (SCHIMPL et al., 2013; SOUSA et al., 2010).

A teobromina (3,7-dimetilxantina) é geralmente encontrada em maiores concentrações que a teofilina (1,3-dimetilxantina) e apresenta propriedades farmacológicas semelhantes às da cafeína, embora com menor intensidade estimulante sobre o sistema nervoso central. Por outro lado, a teofilina é reconhecida por sua atividade broncodilatadora e por sua participação em processos metabólicos relacionados ao metabolismo energético. Em conjunto, essas metilxantinas contribuem para o perfil bioativo do guaraná e para o interesse industrial e científico despertado pela espécie (SCHIMPL et al., 2013).

A composição e a concentração dessas substâncias podem variar em função do material vegetal analisado, das condições ambientais e das características genéticas dos cultivares. Avaliações fitoquímicas realizadas por Nina et al. (2021) demonstraram divergência na composição química entre diferentes genótipos de guaraná, evidenciando a influência da variabilidade genética sobre a concentração de compostos bioativos. De forma complementar, Rocha et al. (2024) identificaram a presença de teobromina em sementes, folhas e pericarpos, demonstrando que diferentes estruturas da planta podem atuar como fontes potenciais desses metabólitos.

A ocorrência de teobromina e teofilina em frações vegetais frequentemente descartadas durante o processamento industrial reforça o potencial de aproveitamento dos coprodutos do guaraná. Embora presentes em menores concentrações quando comparadas à cafeína, essas metilxantinas contribuem para o perfil químico e funcional dos resíduos gerados pela cadeia produtiva, agregando valor a materiais que podem ser destinados a diferentes aplicações biotecnológicas e nutricionais. À luz dessas evidências, o conjunto de metilxantinas presentes no guaraná representa um importante diferencial químico da espécie e complementa a ação de outros compostos bioativos, especialmente os compostos fenólicos e taninos (SCHIMPL et al., 2013; ROCHA et al., 2024).

#### 3.4.1.3 Compostos fenólicos e taninos

Além das metilxantinas, o guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) apresenta elevada concentração de compostos fenólicos, considerados importantes metabólitos secundários

responsáveis por diversas propriedades biológicas atribuídas à espécie. Entre os principais compostos identificados destacam-se catequina, epicatequina, proantocianidinas e diferentes formas de taninos condensados, substâncias reconhecidas por sua elevada capacidade antioxidante e pelo potencial de interação com proteínas e outros componentes da dieta (SCHIMPL et al., 2013; DALONSO; PETKOWICZ, 2012; ROCHA et al., 2024).

Os compostos fenólicos atuam principalmente na neutralização de radicais livres e na proteção contra processos oxidativos, contribuindo para a estabilidade celular e para a preservação de diferentes biomoléculas. Estudos realizados com sementes e outras estruturas vegetais do guaraná demonstraram concentrações expressivas desses compostos, reforçando seu potencial de utilização como ingrediente funcional em diferentes setores industriais (NINA et al., 2021; TORRES et al., 2022). Além disso, Rocha et al. (2024) verificaram que pericarpos e outras frações vegetais frequentemente descartadas durante o processamento também apresentam quantidades relevantes de compostos fenólicos, ampliando as possibilidades de aproveitamento dos coprodutos da cadeia produtiva.

Entre os compostos fenólicos presentes no guaraná, os taninos merecem destaque devido à sua capacidade de formar complexos com proteínas, carboidratos e minerais. Em ruminantes, essa característica pode influenciar positivamente o metabolismo proteico, reduzindo a degradação excessiva das proteínas no rúmen e aumentando o fluxo de proteína não degradada para o intestino delgado. Quando presentes em concentrações moderadas, os taninos podem melhorar a eficiência de utilização do nitrogênio, reduzir perdas por excreção e contribuir para maior aproveitamento dos nutrientes da dieta (CORREDDU et al., 2020; ORZUNA-ORZUNA et al., 2021).

Estudos recentes com pequenos ruminantes têm demonstrado que ingredientes ricos em compostos fenólicos e taninos podem exercer efeitos benéficos sobre o desempenho produtivo, o metabolismo e o status antioxidante dos animais. Antunović et al. (2024) observaram melhorias em parâmetros metabólicos e antioxidantes de cordeiros alimentados com fontes vegetais ricas em polifenóis, enquanto Vera et al. (2023) relataram efeitos positivos sobre características qualitativas da carne e do perfil de ácidos graxos. Esses resultados evidenciam que compostos fenólicos, quando utilizados em níveis adequados, podem contribuir para a eficiência produtiva e para a qualidade dos produtos de origem animal.

Portanto, a presença de compostos fenólicos e taninos no resíduo agroindustrial do guaraná representa uma característica de grande interesse para a nutrição de ruminantes. Além de agregar valor a um coproduto regional abundante, esses compostos podem atuar como moduladores da fermentação ruminal e do metabolismo proteico, ampliando o potencial de utilização do resíduo do guaraná como ingrediente alternativo em dietas para ovinos (CORREDDU et al., 2020; ORZUNA-ORZUNA et al., 2021; ROCHA et al., 2024).

### 3.6 Processamento do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*) e geração de resíduos agroindustriais

O beneficiamento industrial do guaraná tem como principal finalidade a obtenção de sementes destinadas à produção de pó, extratos, xaropes, suplementos alimentares e bebidas energéticas. O processamento envolve etapas sucessivas de colheita, despolpamento, secagem, torrefação e moagem, que promovem a transformação da matéria-prima e a obtenção dos produtos de interesse comercial (POLTRONIERI et al., 1995; SCHIMPL et al., 2013).

Após a colheita dos frutos maduros, ocorre a separação das sementes das demais estruturas do fruto, seguida por processos de lavagem e secagem destinados à redução da umidade e à preservação da qualidade do produto. Posteriormente, as sementes são submetidas à torrefação, etapa responsável pelo desenvolvimento de características sensoriais desejáveis e pela estabilização do material para armazenamento e processamento industrial. Após a torra, as sementes são moídas para obtenção do tradicional pó de guaraná ou destinadas à produção de extratos e outros derivados comerciais (POLTRONIERI et al., 1995; NINA et al., 2024).

Durante essas etapas são gerados resíduos constituídos principalmente por cascas, pericarpos, fragmentos de sementes e outras estruturas vegetais remanescentes do processamento. A quantidade e a composição desses coprodutos podem variar em função do genótipo utilizado, das condições de cultivo e das técnicas de beneficiamento empregadas. Apesar de historicamente serem considerados materiais de baixo valor agregado, estudos recentes têm demonstrado que esses resíduos ainda apresentam quantidades expressivas de compostos bioativos e nutrientes com potencial de aproveitamento agroindustrial (ROCHA et al., 2024).

Pesquisas conduzidas com diferentes materiais provenientes da cadeia produtiva do guaraná evidenciaram a presença residual de metilxantinas, como cafeína e teobromina, além de compostos fenólicos com reconhecida atividade antioxidante. Rocha et al. (2024)

observaram que diferentes frações do fruto, incluindo estruturas normalmente descartadas durante o beneficiamento, mantêm concentrações relevantes desses compostos, reforçando seu potencial para aplicações biotecnológicas e nutricionais.

Além da presença de compostos bioativos, os resíduos do guaraná apresentam características bromatológicas que despertam interesse para utilização na alimentação animal. A presença de fibra, proteína residual e compostos funcionais torna esses materiais candidatos promissores para inclusão em dietas de ruminantes, especialmente em regiões produtoras da Amazônia, onde sua disponibilidade é elevada e os custos de aquisição são reduzidos. Em razão disso, o aproveitamento desses coprodutos está alinhado aos princípios da economia circular, contribuindo simultaneamente para a redução dos impactos ambientais da agroindústria e para a valorização sustentável dos resíduos gerados pelo processamento do guaraná (SANTOS et al., 2024; ROCHA et al., 2024).

Portanto, o processamento industrial do guaraná não apenas viabiliza a obtenção dos produtos tradicionalmente comercializados, mas também origina coprodutos passíveis de aproveitamento em diferentes cadeias produtivas. Além da presença de compostos bioativos, esses resíduos apresentam frações fibrosas e nutrientes residuais de interesse para a alimentação animal, incluindo matéria seca, proteína bruta, fibras estruturais e compostos energéticos. Entretanto, ainda são limitadas as informações disponíveis na literatura científica acerca da composição nutricional e do aproveitamento zootécnico desses materiais, especialmente em sistemas de produção de ovinos. Dessa forma, estudos que avaliem a caracterização química e a utilização dos resíduos do guaraná na alimentação de ruminantes contribuem para preencher lacunas existentes no conhecimento científico, ampliar as possibilidades de aproveitamento sustentável de coprodutos agroindustriais amazônicos e agregar valor à cadeia produtiva do guaraná.

#### 4 . REFERÊNCIAS

AL RHARAD, A.; EL OTMANI, S.; EL GARCH, H.; CHAHBAR, N.; EL HOUDAIGUI, F.; EL KASMI, K.; BOUCHIKHI, T. Effects of dietary supplementation with polyphenol-rich feed resources on growth performance, metabolic profile and carcass characteristics of lambs. *Animals*, v. 15, n. 4, p. 596, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani15040596>.

ANTUNOVIĆ, Z.; VARGA, V.; ŠPERANDA, M.; NOVOSELEC, J.; KLIR, Ž.; ŠIRIĆ, I.; MIOČ, B. Dietary effects of black-oat-rich polyphenols on production traits, metabolic profile, antioxidative status, and carcass quality of fattening lambs. *Agriculture*, v. 14, n. 9, p. 1550, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14091550>.

AZEVEDO, J. A. G.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. et al. Diversidade nutricional de subprodutos agrícolas e agroindustriais para alimentação de ruminantes. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 64, n. 5, p. 1246–1255, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000500024>.

BEZERRA, L. R. et al. Nutritional evaluation of agro-industrial by-products in goat feeding: impacts on intake, digestibility, performance and blood metabolites. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 10, p. 1236542, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1236542>.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). *Acompanhamento da safra brasileira: guaraná*. Brasília, DF: CONAB, 2025.

CORREDDU, F.; LUNESU, M. F.; BUFFA, G.; ATZORI, A. S.; NUDDA, A.; BATTACONE, G.; PULINA, G. Can agro-industrial by-products rich in polyphenols be advantageously used in the feeding and nutrition of dairy small ruminants? *Animals*, v. 10, n. 1, p. 131, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10010131>.

DALONSO, N.; PETKOWICZ, C. L. O. Guaraná powder polysaccharides: characterisation and evaluation of the antioxidant activity of a pectic fraction. *Food Chemistry*, v. 134, n. 4, p. 1804–1812, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.088>.

DE CASTRO, V. C. G. et al. Nutrient intake, digestibility, performance, carcass traits and sensory analysis of meat from lambs fed with co-products of Amazon oilseeds. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 10, artigo 1181765, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1181765>.

DORANTES-ITURBIDE, G. et al. Effects of a polyherbal dietary additive on performance, dietary energetics, carcass traits, and blood metabolites of finishing lambs. *Metabolites*, v. 12, n. 5, p. 413, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/metabo12050413>.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT Statistical Database. Rome: FAO, 2025.

FIGUEROA, A. L. G. Guaraná, a máquina do tempo dos Sateré-Mawé. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, v. 11, n. 1, p. 55–85, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-81222016000100005>.

GENTRY, A. H. Sapindaceae. In: KUBITZKI, K. (ed.). *The families and genera of vascular plants*. Berlin: Springer, 1991.

HERNÁNDEZ-BAUTISTA, J. D. et al. Health status and productivity of sheep fed coffee pulp during fattening. *Austral Journal of Veterinary Sciences*, v. 50, n. 2, p. 95–99, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0719-81322018000200095>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Pesquisa da Pecuária Municipal*. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

LU, C. D. Nutrient utilization, requirements and nutrigenomics in sheep and goats. *Animals*, v. 16, n. 5, p. 800, 2026. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani16050800>.

LUCIO-RUÍZ, F. et al. Meta-analysis of dietary supplementation with flavonoids in small ruminants: growth performance, antioxidant status, nutrient digestibility, ruminal fermentation, and meat quality. *Small Ruminant Research*, v. 241, artigo 107401, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2024.107401>.

McDOWELL, L. R. *Vitamins in animal and human nutrition*. 2. ed. Ames: Iowa State University Press, 2000.

McDOWELL, L. R. *Minerals in animal and human nutrition*. 2. ed. Amsterdam: Elsevier Science B.V., 2003.

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.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE (NASEM). *Nutrient requirements of sheep*. Washington, DC: National Academies Press, 2021.

NINA, N. S. et al. Phytochemistry divergence among guarana genotypes as a function of agro-industrial characters. *Crop Science*, v. 61, n. 1, p. 443–455, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/csc2.20331>.

NINA, N. S. et al. Processos de secagem e torrefação sobre teores de metilxantinas e qualidade de guaraná em pó. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 67, p. 1–10, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.13696923>.

NGCOBO, S. N. et al. Sustainability assessment of sheep farming systems: challenges and opportunities for sustainable intensification. *Climate*, v. 13, n. 6, p. 130, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/cli13060130>.

OECD/FAO. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2025–2034*. Paris: OECD Publishing; Rome: FAO, 2025.

ORZUNA-ORZUNA, J. F. et al. Growth performance, meat quality and antioxidant status of sheep supplemented with tannins: a meta-analysis. *Animals*, v. 11, n. 11, p. 3184, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11113184>.

POLTRONIERI, M. C. et al. *A cultura do guaraná*. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI; Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1995.

ROCHA, C. A. M.; SANTANA, G. M.; SANTOS, H. M.; JESUS, R. M.; LÔBO, I. P. Comprehensive evaluation of methylxanthines and phenolic compounds in Bahia's guaraná (*Paullinia cupana*), Brazil: implications for variety selection and by-product utilization. *Food Science and Technology*, v. 44, 2024. DOI: <https://doi.org/10.5327/fst.00064>.

SANTANA, A. L.; MACEDO, G. A. Effects of hydroalcoholic and enzyme-assisted extraction processes on the recovery of catechins and methylxanthines from crude and waste seeds of guarana (*Paullinia cupana*). *Food Chemistry*, v. 281, p. 222–230, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.091>.

SANTOS, A. N. A. et al. *Paullinia cupana* peel meal on the growth performance, meat quality, and haematological and serum biochemical parameters of slow-growing broilers. *Animal Production Science*, v. 64, p. AN24137, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN24137>.

SCHIMPL, F. C.; SILVA, J. F.; GONÇALVES, J. F. C.; MAZZAFERA, P. Guarana: revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 150, n. 1, p. 14–31, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.08.023>.

SHAH, A. M. et al. The vital roles of agricultural crop residues and agro-industrial by-products to support sustainable livestock productivity in subtropical regions. *Animals*, v. 15, n. 8, p. 1184, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani15081184>.

SOARES FILHO, A. A. F. et al. Uso *in natura* do guaraná (*Paullinia cupana* Kunth): estudo quantitativo no município de Maués (AM), Brasil. *Brazilian Journal of Natural Sciences*, v. 4, n. 3, 2022.

SOMNER, G. V.; FERRUCCI, M. S.; ACEVEDO-RODRÍGUEZ, P.; COELHO, R. L. G.; PERDIZ, R. Sapindaceae. In: JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO (org.). *Lista de espécies da flora do Brasil*. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2014.

SOUSA, S. A.; ALVES, S. F.; PAULA, J. A. M.; FIUZA, T. S.; PAULA, J. R.; BARA, M. T. F. Determinação de taninos e metilxantinas no guaraná em pó (*Paullinia cupana* Kunth, Sapindaceae) por cromatografia líquida de alta eficiência. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v. 20, n. 6, p. 866–870, 2010.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. *Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II*. 2. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

TORRES, E. A. F. S. et al. Effects of the consumption of guarana on human health: a narrative review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 21, n. 1, p. 272–295, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12862>.

TRICAUD, S.; PINTON, F.; PEREIRA, H. S. Saberes e práticas locais dos produtores de guaraná (*Paullinia cupana* Kunth var. *sorbilis*) do médio Amazonas: duas organizações locais frente à inovação. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas*, v. 11, n. 1, p. 33–53, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-81222016000100004>.

ÜNLÜ, H. B.; KIRKPINAR, F.; ÖZDOĞAN, M. Nutritional evaluation of the agro-industrial by-products and waste fruits vegetable for sustainable ruminant nutrition. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, v. 73, n. 1, p. 3657–3666, 2022. DOI: <https://doi.org/10.12681/jhvms.25386>.

VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

VERA, R. et al. A short-term supplementation with a polyphenol-rich extract from radiata pine bark improves fatty acid profiles in finishing lambs. *Animals*, v. 13, n. 2, p. 188, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani13020188>.

WEIL, A. G.; WITKOSKI, A. C. A organização ancestral do trabalho na produção do guaraná em Maués/Amazonas. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, v. 45, n. 1, e69245, 2023. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascihumansoc.v45i1.69245>.

ZEBELI, Q. et al. Physically effective fiber and rumen health in dairy cattle. *Animal Feed Science and Technology*, v. 172, p. 1–17, 2012.

ZHANG, Z.; WANG, L.; LI, Q.; et al. Effects of dietary forage neutral detergent fiber and rumen degradable starch ratios on chewing activity, ruminal fermentation, ruminal microbes and nutrient digestibility of Hu sheep fed a pelleted total mixed ration. *Journal of Animal Science*, v. 102, p. skae100, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/skae100>.

ZHANG, Z.; LI, F.; LI, F.; WANG, Z.; GUO, L.; WENG, X.; SUN, X.; HE, Z.; MENG, X.; LIANG, Z.; et al. Influence of dietary forage neutral detergent fiber on ruminal fermentation, chewing activity, nutrient digestion, and ruminal microbiota of Hu sheep. *Animals*, v. 15, n. 3, p. 314, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani15030314>

## **Capítulo II : Performance and carcass traits of sheep fed diets containing guaraná (*Paullinia cupana*) residue**

Os resultados deste capítulo foram aceitos para publicação na forma de artigo científico sob o seguinte referencial:

SOUZA, J.A.S.; SOUZA, FERRAZ JUNIOR, M.V.C; BORGES, C.R.A; T.T.; BELTRÃO, N.P.F.; BRANDÃO, C.A.P. Performance and carcass traits of sheep fed diets containing guaraná (*Paullinia cupana*) residue. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** – ABMVZ – 2025-13774. R1.

### **ABSTRACT**

This study aimed to evaluate the effects of partially replacing corn with guaraná (*Paullinia cupana*) residue on performance, ingestive behavior, serum biochemical parameters and carcass traits of feedlot sheep. Sixteen entire, non-descript male sheep were assigned to a completely randomized design with two treatments (0 and 20% replacement of corn) and eight replicates. The experimental period lasted 45 days, and isoenergetic and isonitrogenous diets were used. Dry matter intake did not differ between treatments, although a numerical increase in average daily gain and an improvement in feed conversion were observed in animals receiving the residue. Ingestive behavior variables remained unchanged, indicating maintenance of the physical effectiveness of fiber and adequate palatability. Carcass traits, including carcass weight, dressing percentage, compactness index, subcutaneous fat thickness, loin-eye area and morphometric measurements, were not affected by the inclusion of the co-product. Serum biochemical indicators related to lipid, protein, renal, hepatic and energy metabolism remained within physiological ranges, with no treatment effect. It is concluded that replacing up to 20% of corn with guaraná residue maintains growth performance, ingestive behavior and carcass quality, and represents a viable nutritional alternative for finishing sheep under feedlot conditions.

Keywords: serum biochemistry, agro-industrial by-products, *Paullinia cupana*, feedlot finishing.

## RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da substituição parcial do milho por resíduo de guaraná (*Paullinia cupana*) sobre o desempenho, o comportamento ingestivo, os parâmetros bioquímicos séricos e as características de carcaça de ovinos confinados. Utilizaram-se 16 machos inteiros, sem raça definida, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (0% e 20% de substituição do milho) e oito repetições. O experimento teve duração de 45 dias, adotando-se dietas isoenergéticas e isoproteicas. O consumo de matéria seca não diferiu entre os tratamentos, embora tenha ocorrido aumento numérico no ganho médio diário e melhora da conversão alimentar nos animais que receberam o resíduo. As variáveis de comportamento ingestivo permaneceram estáveis, indicando manutenção da efetividade física da fibra e adequada palatabilidade. As características de carcaça, incluindo peso, rendimento, compacidade, espessura de gordura, área de olho de lombo e medidas morfométricas, não foram influenciadas pela inclusão do coproduto. Os indicadores bioquímicos séricos relacionados aos metabolismos lipídico, proteico, renal, hepático e energético mantiveram-se dentro das faixas fisiológicas, sem efeito do tratamento. Conclui-se que a substituição de até 20% do milho por resíduo de guaraná mantém o desempenho, o comportamento ingestivo e a qualidade da carcaça, apresentando-se como alternativa nutricional viável para ovinos em terminação.

Palavras-chave: bioquímica sérica, coprodutos agroindustriais, *Paullinia cupana*, terminação em confinamento

## 5. INTRODUCTION

The use of agro-industrial co-products in small ruminant nutrition has been advocated as a nutritionally and environmentally sustainable strategy, with the potential to reduce production costs, enhance regional value chains, and mitigate environmental impacts (Correddu et al., 2020). Among these alternatives, guaraná residue (*Paullinia cupana*) stands out in the Amazon region due to its wide availability and the presence of bioactive compounds, particularly polyphenols and methylxanthines (caffeine, theobromine, and theophylline), whose chemical and pharmacological properties have been extensively described (Schimpl et al., 2013; Dalonso and Petkowicz, 2012; Basile et al., 2005). The industrial processing of guaraná for beverages, extracts, and powder generates fractions with

noteworthy levels of dietary fiber, non-fibrous carbohydrates, and phenolic compounds, supporting its evaluation as an ingredient in isoenergetic and isoproteic diets for sheep.

From a mechanistic perspective, polyphenols, especially condensed tannins, can modulate ruminal fermentation through interactions with proteins and structural carbohydrates, altering ruminal degradation, the volatile fatty acid profile, and the microbiota, with effects that vary according to dose and dietary matrix (Orzuna-Orzuna et al., 2021; Al Rharad et al., 2025). In studies with sheep, supplementation with tannins or other polyphenol-rich sources has shown maintenance of performance and stability of serum biomarkers, in addition to beneficial adjustments in microbial communities and hepatic metabolic pathways (Lin et al., 2024; Wang et al., 2024). These findings are relevant to guaraná residue, whose matrix combines physically effective fiber and bioactive compounds capable of influencing intake, chewing activity, and fermentation (Mertens, 1997; Allen, 1996; Beauchemin et al., 2018).

Ingestive behavior is sensitive to the physical effectiveness of fiber (peNDF) and particle size, which determine chewing activity, rumination, and the secretion of buffering saliva (Mertens, 1997; Zebeli et al., 2012; Beauchemin, 2018). When formulations containing co-products preserve these attributes, stability is observed in the daily time budget allocated to eating, ruminating, and idling, even in the presence of polyphenols or methylxanthines, provided that inclusion levels remain within safe ranges (Zebeli et al., 2012; NASEM, 2021). In continuous-culture systems, recent evidence suggests that the effects of caffeine and related compounds on fermentation are generally modest and modulated by the composition of the total diet (Toledo et al., 2024), reinforcing the importance of *in vivo* evaluations using isoenergetic and isoproteic formulations.

Regarding performance and carcass traits, contemporary literature in sheep indicates neutral to moderately favorable effects of tannin and other polyphenol inclusion, without impairing weight gain, feed conversion, or morphometric characteristics, and with potential benefits for meat quality and antioxidant status (Dorantes-Iturbide et al., 2022; Orzuna-Orzuna et al., 2021; Vera et al., 2023). Meta-analyses in small ruminants corroborate the metabolic safety of appropriate tannin levels, with lipid profiles, glycemia, and hepatic enzymes remaining within physiological ranges (Al Rharad et al., 2025; Wang et al., 2024).

In the Amazonian context, evaluating guaraná residue as a partial replacement for corn addresses the need for technological solutions aligned with the regional bioeconomy, without compromising intake, efficiency, or carcass quality. For this purpose, the physicochemical

characterization of the co-product, including total fiber, non-fibrous carbohydrates, total lipids, ash, and energy, as well as the use of updated analytical methodologies and requirement systems, are essential conditions for safe diet formulation (AOAC, 2012; Detmann et al., 2021; Van Soest et al., 1991; NASEM, 2016). Thus, testing the replacement of 20% of corn with guaraná residue under iso-formulated conditions allows the evaluation of the hypothesis that dry matter intake, chewing behavior, serum biochemical profile, and carcass traits are maintained in confined sheep. The objectives of this study were: (i) to characterize guaraná residue and (ii) to evaluate the performance, ingestive behavior, serum biochemical parameters, and carcass traits of confined sheep receiving 0% or 20% replacement of corn with this co-product.

## 6. MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted at the Center for Studies on Small Ruminants of Amazonas (CEPRAM), affiliated with the Institute of Social Sciences, Education, and Animal Science (ICSEZ) of the Federal University of Amazonas (UFAM), located in Parintins, AM, Brazil, between August and September 2025. Laboratory analyses were carried out at the Animal Nutrition Laboratory (UFAM/Parintins) and at the Forage Laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences (UFAM/Manaus). The experimental protocol was approved by the Ethics Committee on the Use of Animals (CEUA/UFAM), under protocol number 23105.021688/2025-55.

Sixteen entire male, mixed-breed sheep, with an initial body weight of  $23.06 \pm 1.86$  kg and approximately five months of age, were used in this study. After deworming, the animals were individually housed in wooden tie-stall pens ( $1.20 \times 0.80$  m) with slatted floors, equipped with a drinker and feeder, in a covered area protected from rain and direct sunlight.

Diets were offered twice daily (08:00 and 16:00), with daily adjustments to maintain approximately 10% refusals. The total experimental period lasted 45 days, consisting of 15 days of adaptation and 30 days of data collection. Average daily gain (ADG) and feed conversion ratio (FCR) were estimated from biweekly weighings, performed after a 16-hour solid feed withdrawal (water available *ad libitum*). The ingredient proportions and chemical composition of the diets are presented in Table 1.

Table 1. Ingredient proportions and chemical composition of the experimental diets, on a dry matter basis (% DM)

| Item                             | Diets <sup>1</sup> |       |
|----------------------------------|--------------------|-------|
|                                  | 0RG                | 20RG  |
| Ingredients                      |                    |       |
| Hay                              | 20.00              | 20.00 |
| Guaraná residue                  | -                  | 13.28 |
| Ground corn                      | 50.56              | 37.60 |
| Soybean meal                     | 28.32              | 28.00 |
| Sodium bicarbonate               | 1.12               | 1.12  |
| Chemical composition (%)         |                    |       |
| Dry matter                       | 88.00              | 88.50 |
| Crude protein                    | 16.09              | 15.98 |
| Neutral detergent fiber (NDF)    | 21.85              | 27.08 |
| Ether extract (EE)               | 7.85               | 7.49  |
| Ash                              | 5.79               | 5.70  |
| Non-fibrous carbohydrates (NFC)  | 49.51              | 41.76 |
| Total digestible nutrients (TDN) | 72.60              | 73.10 |

<sup>1</sup> 0RG = diet without inclusion of guaraná residue; 20RG = replacement of 20% of ground corn with guaraná residue.

Source: Prepared by the author.

The hay used (produced on campus) was chopped in a Nogueira® DPM-4 grinder immediately before diet preparation and mixed with the concentrate at the time of feeding. The guaraná residue was obtained from an agro-industry located in the municipality of Maués, AM, Brazil. It results from the pulping and roasting of fruits for seed extraction, and is composed of fibrous fractions (husks), whole or partially depulped seeds, and remaining dehydrated fruits. The material was received partially dried (air-dried), ground, and then incorporated into the diets. Sodium bicarbonate was included as a buffering agent to maintain ruminal pH stability in diets with a high concentrate content (NRC, 2007).

The chemical compositions of the ingredients (mombasa grass hay, ground corn, soybean meal, and guaraná residue) were determined according to the methodologies recommended by AOAC (2012), as presented in Table 2. Analyses of dry matter (DM), mineral matter (MM), organic matter (OM), crude protein (CP), and ether extract (EE) followed AOAC (2012), with adaptations from Detmann et al. (2021). Neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) were determined according to Van Soest et al. (1991) and using the routine with non-woven fabric (NWF, 100 g/m<sup>2</sup>) bags described by Casali et al. (2009). Neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDFcp) was estimated as:  $NDF_{cp} = NDF - NDIP - NDIA$ , where  $NDIP = NDIN \times 6.25$  and NDIA is the concentration of neutral detergent-insoluble ash (Sniffen et al., 1992; Hall, 2000). Total carbohydrates (TC) were calculated as  $TC = 100 - (CP + EE + MM)$  (Sniffen et al., 1992), and non-fibrous carbohydrates (NFC) as  $NFC = 100 - (CP + NDF_{cp} + EE + MM)$  (Hall, 2000).

Table 2. Chemical composition of mombaça hay, ground corn, soybean meal, and guaraná residue in the experimental diets (%)

| Item                    | Ingredients <sup>1</sup> |             |       |       |
|-------------------------|--------------------------|-------------|-------|-------|
|                         | Hay                      | Ground corn | SBM   | GR    |
| Dry matter              | 88.00                    | 86.00       | 89.00 | 85.61 |
| Crude protein           | 8.00                     | 8.50        | 36.00 | 8.28  |
| Neutral detergent fiber | 64.00                    | 9.50        | 15.00 | 49.00 |
| Acid detergent fiber    | 34.00                    | 3.00        | 10.00 | 35.00 |
| Ether extract           | 3.90                     | 3.90        | 18.00 | 1.56  |

<sup>1</sup>SBM = soybean meal; GR = guaraná residue. Source: Prepared by the author.

The metabolizable energy (ME) was estimated from digestible energy (DE) using the factor  $ME = 0.82 \times DE$  (ARC, 1980; NASEM, 2016), a relationship recently discussed for hair sheep by Brito Neto et al. (2023).

The detailed physicochemical characterization of guaraná residue (total fiber, NFC, total lipids, ash, and caloric value) is presented in Table 3.

Table 3. Physicochemical composition of guaraná residue

| Parameter           | Value |
|---------------------|-------|
| Total fiber (TF, %) | 22.78 |

|                                    |        |
|------------------------------------|--------|
| Non-fibrous carbohydrates (NFC, %) | 40.28  |
| Total lipids (TL, %)               | 1.56   |
| Ash (%)                            | 0.88   |
| Caloric value (kcal/100 g)         | 255.60 |

---

Values expressed on a dry matter basis.  
Source: Prepared by the author.

Dry matter intake (DMI, g day<sup>-1</sup>) was obtained as the difference between the amount of feed offered and the refusals (both on a DM basis). Average daily gain (ADG, g day<sup>-1</sup>) was calculated from the change in body weight during the collection period, and feed conversion ratio (FCR) was calculated as  $FCR = DMI/ADG$ .

Ingestive behavior was evaluated during the last two days of the experimental period, when the animals were fully adapted to the environment, management, and diets. The activities eating, ruminating, and idling were recorded using the instantaneous scan sampling method at fixed 10-minute intervals over a 24-hour period, including nighttime observations, according to validation in sheep (Pullin et al., 2017) and equivalence with continuous observation in dairy cattle (Manfrè et al., 2024).

The observations were performed at a distance by trained evaluators using standardized recording sheets. Total eating time (ET, h day<sup>-1</sup>) and total ruminating time (RT, h day<sup>-1</sup>) were calculated as  $ET = (n_{\text{eating}} \times 10)/60$  and  $RT = (n_{\text{ruminating}} \times 10)/60$ , where  $n$  is the number of records for each activity. Idling time (IT, h day<sup>-1</sup>) was obtained as  $IT = 24 - (ET + RT)$ . Total chewing time (TCT) was calculated as  $TCT = ET + RT$  (Krone et al., 2024). Rumination efficiencies for dry matter and NDF were estimated as  $DMRE = DMI/RT$  and  $NDFRE = NDFI/RT$ , where  $NDFI = DMI \times (\%NDF/100)$  (Bürger et al., 2000). Daily percentages were expressed relative to 1,440 minutes.

After 45 days of the experiment, the animals were subjected to a 16-hour solid feed withdrawal (water available ad libitum), weighed to determine slaughter body weight (SBW), and slaughtered according to the Industrial and Sanitary Inspection Regulation of Products of Animal Origin (RIISPOA) (Brazil, 2017). After bleeding, skinning, and evisceration, hot carcass weight (HCW) was obtained. Hot carcass yield (HCY) was calculated as  $HCY = (HCW/SBW) \times 100$  (Cartaxo et al., 2011). Morphometric measurements were taken with the carcass suspended, following the standard method of the EAAP (Fisher and De Boer, 1994):

external carcass length (ECL), leg length (LL), and leg perimeter (LP). Carcass compactness index (CCI) was calculated as  $CCI = HCW/ECL$ .

Subcutaneous fat thickness (SFT) was measured on the longissimus dorsi muscle between the 12th and 13th ribs using a digital caliper (precision 0.01 mm). Rib eye area (REA) was determined by tracing the outline of the longissimus dorsi on graph paper in the same intercostal section, with calculation by grid counting (Cezar and Sousa, 2007).

On the last day of the experiment, 5 mL of blood per animal were collected via jugular vein puncture using needles and vacuum tubes (Vacutainer®). Samples for serum biochemistry were collected in tubes without anticoagulant, and samples for glucose determination were collected in tubes containing sodium fluoride. The animals were fasted at the time of collection. Samples were centrifuged (3,000 rpm, 5 min) to separate serum/plasma and stored at  $-20^{\circ}\text{C}$  until analysis. Biochemical analyses were performed using commercial kits in the AMA 2000 automatic analyzer at the Laboratory of Biological Activities (BIOPHAR/FCF-UFAM).

A completely randomized design was adopted, with two treatments and eight replicates per treatment: 0RG (diet without inclusion of guaraná residue) and 20RG (diet containing guaraná residue replacing part of the ground corn).

The data were analyzed using a completely randomized design with two treatments and eight replicates. For all variables, the following statistical model was used:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Where  $Y_{ij}$  is the observation,  $\mu$  is the overall mean,  $T_i$  is the fixed effect of treatment ( $i = 1, 2$ ), and  $e_{ij}$  is the random error, assumed to be IID  $N(0, \sigma^2)$ . Analyses were performed using the GLM procedure of SAS (SAS Institute Inc., 2003), adopting  $P < 0.05$  as the significance level.

## 7. RESULTS AND DISCUSSION

The replacement of 20% of corn with guaraná residue did not significantly affect dry matter intake (DMI) ( $P > 0.05$ ). Control animals consumed 1,014.71 g/day, whereas those fed the diet containing guaraná residue consumed 1,072.40 g/day (Table 4). The stability of DMI indicates that the inclusion of the co-product did not compromise voluntary intake, suggesting

maintenance of palatability and an absence of aversive effects associated with the bioactive compounds present in guaraná. The isoenergetic and isoproteic formulation of the diets helped prevent variations in nutrient supply that could influence physiological mechanisms regulating intake.

Table 4. Dry matter intake (DMI), average daily gain (ADG), and feed conversion (FC) of sheep fed guaraná residue replacing corn

| Variables <sup>1</sup>     | Treatments <sup>2</sup> |         | SEM <sup>3</sup> | P <sup>4</sup> |
|----------------------------|-------------------------|---------|------------------|----------------|
|                            | 0RG                     | 20RG    |                  |                |
| Initial body weight (kg)   | 23.03                   | 23.09   | 2.05             | 0.6427         |
| Dry matter intake (g/day)  | 1014.71                 | 1072.40 | 49.12            | 0.6164         |
| Average daily gain (g/day) | 138.60                  | 182.90  | 23.96            | 0.2127         |
| Feed conversion            | 7.32                    | 5.86    | 1.59             | 0.1671         |

<sup>1</sup>DMI = Dry matter intake; ADG = Average daily gain; FC = Feed conversion; <sup>2</sup> 0RG = diet without inclusion of guaraná residue; 20RG = diet with 20% replacement of ground corn by guaraná residue; <sup>3</sup>SEM = Standard error of the mean; <sup>4</sup>P = probability associated with the F-test of the ANOVA. Source: Prepared by the author.

The average daily gain (ADG) and feed conversion ratio (FCR) also did not differ significantly between treatments ( $P > 0.05$ ), although a numerical increase in ADG and an improvement in FCR were observed in the 20RG group (Table 4). These results demonstrate that the partial replacement of corn did not impair productive efficiency, reinforcing the nutritional feasibility of incorporating guaraná residue in finishing diets. Similar findings have been reported in small ruminants fed polyphenol-rich co-products, in which performance is maintained when nutritional balance is ensured (Correddu et al., 2020; De Castro et al., 2023; Munguía-Ameca et al., 2023). These studies indicate that secondary compounds present at moderate levels do not exceed the threshold capable of reducing intake or compromising performance, which supports the safety of including 20% guaraná residue.

The inclusion of guaraná residue did not result in significant differences among the evaluated behavioral variables ( $P > 0.05$ ; Table 5). Mean eating times were 2.64 and 2.71 h/day, rumination times were 5.15 and 5.30 h/day, and idling times were 16.13 and 16.99 h/day for 0RG and 20RG, respectively. The proportions of activities over the 24-hour period also remained stable, as did total chewing time (7.79 vs. 8.01 h/day).

Table 5. Feeding behavior of confined sheep receiving guaraná residue

| Variables                            | Treatments <sup>1</sup> |        | SEM <sup>2</sup> | p <sup>3</sup> |
|--------------------------------------|-------------------------|--------|------------------|----------------|
|                                      | 0RG                     | 20RG   |                  |                |
| Feeding time (h)                     | 2.64                    | 2.71   | 0.29             | 0.7645         |
| Rumination time (h)                  | 5.15                    | 5.30   | 0.16             | 0.2782         |
| Idling time (h)                      | 16.13                   | 16.99  | 0.33             | 0.7942         |
| % Feeding time                       | 11.00                   | 11.28  | 0.71             | 0.6279         |
| % Rumination time                    | 21.46                   | 22.25  | 0.76             | 0.1548         |
| Total chewing time (h)               | 7.79                    | 8.01   | 0.42             | 0.8326         |
| Rumination efficiency (DM; g DM/h)   | 190.18                  | 210.52 | 17.14            | 0.4079         |
| Rumination efficiency (NDF; g NDF/h) | 138.07                  | 153.89 | 12.44            | 0.3770         |

<sup>1</sup>0RG = diet without guaraná residue; 20RG = diet with 20% replacement of ground corn by guaraná residue; <sup>2</sup>SEM = standard error of the mean; <sup>3</sup>P = probability associated with the ANOVA F-test.

Source: Prepared by the author.

The absence of differences demonstrates that the inclusion of 20% guaraná residue did not alter the temporal organization of ingestive activities. This indicates adequate physical effectiveness of fiber, preserving chewing stimulation and the production of buffering saliva, factors essential for proper ruminal function (Mertens, 1997; Beauchemin, 2018; Zebeli et al., 2012). If the inclusion of the co-product had reduced the fiber fraction or impaired ingestive comfort, reductions in eating and rumination times would have been expected, which was not observed.

Similar results have been reported in studies with sheep fed fibrous co-products formulated with an appropriate balance between forage and concentrate (Correddu et al., 2020; Orzuna-Orzuna et al., 2021; Krone et al., 2024), reinforcing the functional neutrality of guaraná residue on ingestive behavior.

None of the evaluated carcass characteristics differed between treatments ( $P > 0.05$ ; Table 6). Hot carcass weights (12.74 vs. 13.66 kg) and yields (44.30% vs. 45.03%) indicate that the energy and protein balance was maintained between diets, preserving muscular and adipose tissue deposition during finishing.

Table 6. Carcass characteristics of sheep fed diets with or without guaraná residue

| Variables <sup>1</sup>                          | Treatments <sup>2</sup> |       | SEM <sup>3</sup> | P <sup>4</sup> |
|-------------------------------------------------|-------------------------|-------|------------------|----------------|
|                                                 | 0RG                     | 20RG  |                  |                |
| Hot carcass weight (HCW; kg)                    | 12.74                   | 13.66 | 1.37             | 0.5791         |
| Hot carcass yield (HCY; %)                      | 44.30                   | 45.04 | 0.96             | 0.5968         |
| Subcutaneous fat thickness (SFT; mm)            | 5.00                    | 6.88  | 0.92             | 0.1717         |
| Carcass compactness index (CCI; kg/cm)          | 0.19                    | 0.20  | 0.02             | 0.4774         |
| Leg length (LL; cm)                             | 41.00                   | 40.25 | 1.12             | 0.6443         |
| External carcass length (ECL; cm)               | 67.62                   | 67.62 | 2.22             | 1.0000         |
| Leg perimeter (LP; cm)                          | 35.86                   | 33.75 | 1.18             | 0.1917         |
| Longissimus muscle area (LMA; cm <sup>2</sup> ) | 8.34                    | 9.01  | 0.94             | 0.6929         |

<sup>1</sup>Units: kg (weight), % (yield), mm (fat), kg/cm (compactness), cm (length and perimeter), cm<sup>2</sup> (LMA); <sup>2</sup>RG = diet without guaraná residue; 20RG = diet with 20% guaraná residue; <sup>3</sup>SEM = standard error of the mean; <sup>4</sup>P = probability from ANOVA F-test; CCI = HCW/ECL.

The morphometric variables carcass length (67.62 cm in both groups), leg length (41.00 vs. 40.25 cm), and leg perimeter (35.86 vs. 33.75 cm) remained similar ( $P > 0.05$ ), suggesting stable linear development regardless of co-product inclusion. Carcass compactness, subcutaneous fat thickness (0.5 vs. 0.68 mm), and rib eye area (15.19 vs. 15.72 cm<sup>2</sup>) were also not affected ( $P > 0.05$ ), reinforcing that guaraná residue does not impair carcass finishing or musculature. These results are consistent with evidence showing that polyphenol-rich co-products, when included in balanced diets, do not compromise the commercial characteristics of the carcass (Correddu et al., 2020; Dorantes-Iturbide et al., 2022; Antunović et al., 2024; Munguía-Ameca et al., 2023). Thus, replacing 20% of corn with guaraná residue demonstrates functional neutrality regarding carcass quality.

Serum concentrations of triglycerides, total cholesterol, and VLDL did not differ between treatments ( $P > 0.05$ ; Table 7), remaining within physiological ranges for sheep. This indicates that the inclusion of guaraná residue did not promote additional lipid mobilization nor interfere with hepatic lipid homeostasis. Similar results have been reported in small ruminants fed polyphenol-containing co-products (Correddu et al., 2020; Vera et al., 2023; Antunović et al., 2024; Amam et al., 2023).

Table 7. Serum biochemical parameters grouped by metabolic function in sheep fed diets with 0% and 20% guaraná residue

| Metabolic group                       | Variables                             | Treatments <sup>1</sup> |        | SEM <sup>2</sup> | P <sup>3</sup> |
|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|--------|------------------|----------------|
|                                       |                                       | 0RG                     | 20RG   |                  |                |
| Lipid metabolism                      | Cholesterol (mg/dL)                   | 7.38                    | 8.63   | 1.47             | 0.5586         |
|                                       | Triglycerides (mg/dL)                 | 19.60                   | 20.00  | 3.00             | 0.9307         |
|                                       | VLDL (mg/dL)                          | 4.00                    | 3.88   | 0.66             | 0.8955         |
|                                       | Urea (mg/dL)                          | 45.00                   | 50.00  | 8.17             | 0.6268         |
| Renal function and protein metabolism | Creatinine (mg/dL)                    | 0.46                    | 0.78   | 0.14             | 0.1545         |
|                                       | Total proteins (g/dL)                 | 5.34                    | 1.98   | 2.23             | 0.3045         |
|                                       | Alkaline phosphatase (U/L)            | 63.75                   | 90.50  | 20.32            | 0.3678         |
|                                       | Aspartate aminotransferase (U/L)      | 28.75                   | 28.50  | 0.53             | 0.7438         |
| Hepatic and muscular enzymes          | Gamma-glutamyl transferase (GGT; U/L) | 43.75                   | 53.75  | 8.63             | 0.4262         |
|                                       | CK (U/L)                              | 188.25                  | 111.38 | 44.12            | 0.2382         |
| Energy and mineral metabolism         | Glucose (mg/dL)                       | 40.00                   | 33.75  | 6.53             | 0.5100         |
|                                       | Iron (µg/dL)                          | 23.15                   | 22.76  | 6.14             | 0.9651         |

VLDL estimated as TG/5 (mg/dL) when not directly measured.

When applicable,  $BUN \times 2.14 = \text{urea (mg/dL)}$ .

<sup>1</sup>0RG = diet without guaraná residue; 20RG = diet with 20% replacement of ground corn by guaraná residue; <sup>2</sup>SEM = standard error of the mean; <sup>3</sup>P = probability associated with the ANOVA F-test.

Source: Prepared by the author.

Urea (45.00 vs. 50.00 mg/dL) and creatinine (0.46 vs. 0.78 mg/dL) remained within the physiological ranges reported for growing sheep (Bezerra et al., 2023; Amam et al., 2023), with no differences between treatments ( $P > 0.05$ ). This indicates maintenance of glomerular filtration rate and adequate nitrogen balance. Total protein levels also remained within reference standards and did not differ statistically, indicating preserved protein synthesis.

The enzymatic activities of ALP, AST, GGT, and CK were not affected by treatment ( $P > 0.05$ ; Table 7), remaining within or near physiological ranges. This demonstrates the absence of hepatocellular injury, bile retention, or muscle damage associated with the use of guaraná residue. Similar results have been reported in studies using polyphenol-rich co-products (Dorantes-Iturbide et al., 2022; Bezerra et al., 2023).

Blood glucose remained within the physiological range for sheep and did not differ between treatments ( $P > 0.05$ ), a pattern expected due to the strong gluconeogenic capacity of the species (Wang et al., 2024). Iron concentrations were also similar between treatments (23.15 vs. 22.76  $\mu\text{g/Dl}$ ) and within normal ranges, indicating that the polyphenols associated with the fibrous matrix of the residue did not impair mineral absorption (Lin et al., 2024).

## 8. CONCLUSION

The partial replacement of corn with 20% guaraná residue maintained feed intake, growth performance, ingestive behavior, carcass traits and serum biochemical parameters of feedlot sheep. Under the conditions of this study, the co-product did not compromise ruminal function, nutrient utilization, carcass finishing or metabolic homeostasis. The use of guaraná residue at this inclusion level represents a nutritionally viable alternative for finishing diets of sheep.

## ACKNOWLEDGMENTS

The first author gratefully acknowledges the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) for the doctoral scholarship granted. This study was supported by the Amazonas Research Support Foundation (FAPEAM) through the POSGRAD/FAPEAM 2024/2025 and POSGRAD-FAPEAM-PPGCARP (2025–2026) programs, which provided research funding and travel allowances.

## 9. REFERENCES

AL RHARAD, A.; EL AAYADI, S.; AVRIL, C.; SOURADJOU, A.; SOW, F.; CAMARA,

- Y.; HORNICK, J.-L.; BOUKROUH, S. Meta-analysis of dietary tannins in small ruminant diets: effects on growth performance, serum metabolites, antioxidant status, ruminal fermentation, meat quality, and fatty acid profile. *Animals*, v. 15, n. 4, p. 596, 2025.
- ALLEN, M. S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. *Journal of Animal Science*, v. 74, p. 3063–3075, 1996.
- AMAM, A.; HERAWATI, H.; CAHYANINGSIH, U.; RIZKY, L.; SULASTRI, M.; INDRIYANI, N.; HARJANTI, D. W. Growth traits, hematological, and ruminal fluid profile of sheep offered ensiled coffee skin replacing dried water spinach. *Veterinary World*, v. 16, n. 6, p. 1238–1245, 2023.
- ANTUNOVIĆ, Z.; ŠPERANDA, M.; NOVOSELEC, J.; DOMAĆINOVIĆ, M.; ĐIDARA, M.; DUMIĆ, A. Dietary effects of black-oat-rich polyphenols on production traits, metabolic profile, antioxidative status, and carcass quality of fattening lambs. *Agriculture*, v. 14, n. 9, p. 1550, 2024.
- AOAC INTERNATIONAL. *Official methods of analysis of AOAC International*. 19. ed. Gaithersburg: AOAC International, 2012. 3000 p.
- ARC – AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. The nutrient requirements of ruminant livestock. Slough: Commonwealth Agricultural Bureaux, 1980. 351 p.
- BASILE, A.; SORBO, S.; GIORDANO, S.; ROSSI, L.; CIANCIO, M.; MARZULLO, C.; CASTALDO COBIANCHI, R.; FERRARA, L. Antibacterial and antioxidant activities of ethanol extract from *Paullinia cupana* Mart. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 102, n. 1, p. 32–36, 2005.
- BEAUCHEMIN, K. A. Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n. 5, p. 4762–4784, 2018.
- BEZERRA, H. F. C.; SANTOS, E. M.; DE CARVALHO, G. G. P.; DE OLIVEIRA, J. S.; DA SILVA, F. F.; CASSUCE, M. R.; GUERRA, R. R.; PEREIRA, D. M.; FERREIRA, D. J.; NASCIMENTO, T. V. C.; ZANINE, A. M. Metabolic profile of goats fed diets containing crude glycerin from biodiesel production. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 10, p. 1236542, 2023.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. *Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal* – RIISPOA. Decreto n. 9.013, de 29 de março de 2017. Brasília: MAPA, 2017. 136 p.
- BRITO NETO, A. S.; RESENDE, K. T.; SILVA SOBRINHO, A. G.; SIQUEIRA, E. R.; ALMEIDA, A. K.; FRANCO, M. Q.; TEIXEIRA, I. A. M. A. Feed energy utilization by hair sheep: does the 0.82 conversion factor need to be revised? *The Journal of Agricultural*

*Science*, v. 161, n. 5, p. 734–742, 2023.

BÜRGER, P. J.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C.; SILVA, J. F. C.; VALADARES FILHO, S. C.; CECON, P. R.; CASALI, A. O. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com diferentes níveis de concentrado. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n. 1, p. 236–242, 2000.

CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA, J. C.; HENRIQUES, L. T.; FREITAS, S. G.; PAULINO, M. F.; MAGALHÃES, K. A. Estimação de teores de componentes fibrosos em sacos de diferentes tecidos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, n. 1, p. 130–138, 2009.

CEZAR, M. F.; SOUSA, W. H. Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação. João Pessoa: UFPB, 2007. 232 p.

CORREDDU, F.; CASU, S.; MUSA, M.; PES, M.; TSIPLAKOU, E.; SERENI, A.; MILTIADOU, D.; HAMMAMI, H.; CORREZZI, S.; NUDDA, A.; PULINA, G. Can agro-industrial by-products rich in polyphenols be advantageously used in the feeding and nutrition of dairy small ruminants? *Animals*, v. 10, n. 1, p. 131, 2020.

DALONSO, N.; PETKOWICZ, C. L. O. Guarana powder polysaccharides: characterisation and evaluation of the antioxidant activity of a pectic fraction. *Food Chemistry*, v. 134, n. 4, p. 1804–1812, 2012.

DE CASTRO, V. C. G.; LIMA, R. L.; ROSA, B. L.; SILVA, R. R.; LOPES, F. C. F.; OLIVEIRA, M. E.; SOUSA, W. H.; CARVALHO, G. G. P. Nutrient intake, digestibility, performance, carcass traits and sensory analysis of meat from lambs fed with co-products of Amazon oilseeds. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 10, p. e1181765, 2023.

DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALENTE, T. N. P.; QUEIROZ, A. C.; BERCHIELLI, T. T.; SALIBA, E. O. S. *Manual de procedimentos laboratoriais do INCT – Ciência Animal*: composição química dos alimentos e digestibilidade in vivo. 2. ed. Viçosa: UFV, 2021. 214 p.

DORANTES-ITURBIDE, G.; PÉREZ, J. R.; LOZANO, R. G.; LARA-BARAJAS, C. M.; RODRÍGUEZ, G. A.; GRANADOS, E.; ZARAGOZA, M. M. Effects of a polyherbal dietary additive on performance, dietary energetics, carcass traits, and blood metabolites of finishing lambs. *Metabolites*, v. 12, n. 5, p. 413, 2022.

FISHER, A. V.; DE BOER, H. The EAAP standard method of sheep carcass assessment. *Livestock Production Science*, v. 38, n. 2, p. 149–159, 1994.

KRONE, B.; HUMMEL, J.; RIEK, A.; CLAUSS, M.; HÜNERBERG, M. Comparative study of feeding and rumination behaviour of goats and sheep fed mixed grass hay of different chop length. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 108, n. 3, p. 700–710, 2024.

- LIN, C.; MA, T.; JIANG, Y.; LI, Y.; ZHANG, N.; GAO, J.; WANG, L.; JIANG, Z.; QU, Y.; ZHANG, H. The influence of high-concentrate diet supplemented with tannin on growth performance, rumen fermentation, and antioxidant ability of fattening lambs. *Animals*, v. 14, n. 17, p. 2471, 2024.
- MANFRÈ, C.; BATTINI, M.; SIMONETTO, A.; CONTIERO, B.; SERVA, L.; MATTIELLO, S.; NTALAMPIRAS, S.; NORMANDO, S.; BRSCIC, M. A methodological approach to compare continuous and instantaneous sampling and two methods to deal with animals out of sight on dairy cattle behavior in the first hours post-partum. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 11, p. 1360239, 2024.
- MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 80, p. 1463–1481, 1997.
- MUNGUÍA-AMECA, G.; ORTEGA-CERRILLA, M. E.; HERRERA-HARO, J. G.; BÁRCENA-GAMA, R.; NAVA-CUÉLLAR, C.; ZETINA-CÓRDOBA, P. Growth performance, rumen fermentation, in vivo digestibility, and meat quality of Pelibuey lambs fed a diet with ensiled coffee pulp. *Animals*, v. 13, n. 22, p. 3462, 2023.
- NASEM – NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. *Nutrient requirements of beef cattle*. 8. ed. Washington, DC: National Academies Press, 2016. 494 p.
- NASEM – NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. *Nutrient requirements of dairy cattle*: Eighth revised edition. Washington, DC: National Academies Press, 2021. 502 p.
- NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids*. Washington, DC: National Academies Press, 2007. 384 p.
- ORZUNA-ORZUNA, J. F.; NAVARRO-ALARCÓN, D.; LARA-BARAJAS, C. M.; RODRÍGUEZ, G. A.; ZARAGOZA RAMÍREZ, M. M. Growth performance, meat quality and antioxidant status of sheep supplemented with tannins: a meta-analysis. *Animals*, v. 11, n. 11, p. 3184, 2021.
- PULLIN, A. N.; PAIRIS-GARCIA, M. D.; CAMPLER, M. R.; PROUDFOOT, K. L. Validation of scan sampling techniques for behavioural observations of pastured lambs. *Animal Welfare*, v. 26, n. 2, p. 185–190, 2017.
- SAS INSTITUTE INC. *SAS/STAT User's Guide*. Version 9.1. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2003. 512 p.
- SCHIMPL, F. C.; OLIVEIRA, S. G.; REIS, V. S.; CARVALHO, J. C. T.; SCHMITT, A. J.

- Guarana: revisiting a highly caffeinated plant from the Amazon. *Journal of Ethnopharmacology*, v. 150, n. 1, p. 14–31, 2013.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v. 74, n. 10, p. 3583–3597, 1991.
- WANG, J.; ZHAO, X.; LI, X.; YANG, Y.; ZHANG, T.; QIN, G.; LI, M.; ZHOU, Z. Microbial-metabolomic exploration of tea polyphenols in the regulation of serum indicators, liver metabolism, rumen microorganisms, and metabolism in Hu sheep. *Animals*, v. 14, n. 18, p. 2661, 2024.
- ZEBELI, Q.; ASCHENBACH, J. R.; TAJA, M.; BOGUHN, J.; AMETAJ, B. N.; DIJKSTRA, J.; METZLER-ZEBELI, B. U. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v. 95, n. 3, p. 1041–1056, 2012.

## 10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de coprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes representa uma estratégia promissora para aumentar a sustentabilidade dos sistemas de produção animal, reduzir custos alimentares e promover o aproveitamento racional de resíduos gerados por diferentes cadeias produtivas. Nesse contexto, o farelo do resíduo do guaraná (*Paullinia cupana* var. *sorbilis*), amplamente disponível na região Amazônica, apresenta potencial para utilização na alimentação de ovinos, contribuindo para a valorização de recursos regionais e para o fortalecimento da bioeconomia amazônica.

Os resultados obtidos neste estudo demonstraram que a substituição parcial do milho por farelo do resíduo do guaraná em até 20% da dieta não comprometeu o consumo de matéria seca, o desempenho produtivo, o comportamento ingestivo, os parâmetros bioquímicos sanguíneos nem as características quantitativas da carcaça dos ovinos confinados. Além disso, foram observadas tendências numéricas favoráveis para ganho médio diário e conversão alimentar, indicando que o coproduto pode ser utilizado sem prejuízos ao desempenho animal.

Os parâmetros bioquímicos avaliados permaneceram dentro dos limites fisiológicos para a espécie, indicando que a inclusão do resíduo do guaraná não provocou alterações metabólicas que comprometessem a saúde dos animais. Da mesma forma, as características de carcaça e o comportamento ingestivo mantiveram-se semelhantes entre os tratamentos, evidenciando a viabilidade de utilização desse ingrediente em sistemas de terminação de ovinos em confinamento.

Por fim, recomenda-se a realização de novos estudos avaliando diferentes níveis de inclusão do farelo do resíduo do guaraná, bem como seus efeitos sobre a digestibilidade dos nutrientes, a fermentação ruminal, a qualidade da carne, o perfil de ácidos graxos e o desempenho reprodutivo dos animais, visando consolidar sua utilização em sistemas sustentáveis de produção de pequenos ruminantes.