

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE MESTRADO**

**PELETIZAÇÃO DE MUCILAGEM DESIDRATADA DE SISAL COM SUBPRODUTO  
DE FARINHA DE MANDIOCA (CRUEIRA) PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL**

**Jessica Rosa da Silva**

**CRUZ DAS ALMAS, BAHIA  
FEVEREIRO, 2025**

**PELETIZAÇÃO DE MUCILAGEM DESIDRATADA DE SISAL COM SUBPRODUTO  
DE FARINHA DE MANDIOCA (CRUEIRA) PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL**

Jessica Rosa da Silva

Bacharel em Zootecnia, UFRB, 2019

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias (Área de Concentração: Agricultura Tropical).

**Orientadora:** Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares

**Coorientador:** Profa. Dra. Soraya Maria Palma Luz Jaeguer

**CRUZ DAS ALMAS, BAHIA**

**FEVEREIRO - 2025**

## Ficha Catalográfica

S586p

Silva, Jessica Rosa da.

Peletização de mucilagem desidratada de sisal com subproduto de farinha de mandioca (cruzeira) para alimentação animal / Jessica Rosa da Silva. Cruz das Almas, BA, 2025.

83 f.; il.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Cristina Fermino Soares

Co-Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Soraya Maria Palma Luz Jaeguer

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. Mestrado em Ciências Agrárias.

1. Nutrição animal - Sisal. 2. Alimentação animal - Pêletes. 3. Sisal – Manejo. I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas – CCAAB. II. Soares, Cristina Fermino. III. Jaeguer, Soraya Maria Palma Luz. IV. Título.

CDD: Ed. 21 -- 636.0852

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE MESTRADO**

**PELETIZAÇÃO DE MUCILAGEM DESIDRATADA DE SISAL COM SUBPRODUTO  
DE FARINHA DE MANDIOCA (CRUEIRA) PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de Jessica Rosa da Silva

Aprovada em Fevereiro de 2025

Profa. Dra. Ana Cristina Fermino Soares  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB  
Orientadora

Prof. Dr. Ossival Lolato Ribeiro  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB  
Examinador Interno

Dr. Pedro Henrique Soares Mazza  
Universidade Federal da Bahia – UFBA  
Examinador Externo

## DEDICATÓRIA

A Terêsa Pamponet, por ser abrigo, nutrição, disciplina, paz e amor. *In memoriam* a Jefferson David Silva Leandro. A toda minha família pelo apoio e cuidado, em especial a minha mãe Adelina Rosa da Silva e minha sobrinha Ana Karolina por terem se dedicado a mim por 40 dias e 40 noites, como Jesus no deserto, fazendo dessa imersão a minha cura física, mental e emocional. Sem esse rito jamais seria possível a escrita deste trabalho. Meus irmãos Jacqueline Rosa, Janaina Rosa, Jussara Rosa e Jonatan Felipe pelo apoio e incentivo de sempre.

## AGRADECIMENTOS

A CAPES e a UFRB pelo apoio financeiro, as estruturas utilizadas e o apoio humano oferecido.

A Ana Cristina F. Soares os meus mais sinceros agradecimentos, obrigada por querer educar, por querer sempre me corrigir e dar o seu melhor para que eu fosse um ser humano melhor no mundo. Obrigada por confiar em mim e me incentivar para que eu nunca desistisse.

A Soraya Palma Luz Jaeger por todos os minutos de dedicação, paciência e amor para comigo, por todas as vezes que foi realmente LUZ e me fez enxergar através do espelho. Meus mais sinceros agradecimentos por sanar minha alma e me fazer uma pessoa mais forte.

Ao Carlos Ledo pela amizade e apoio nessa dissertação. As técnicas Lene, Verônica e Silvane pelo profissionalismo e ajuda laboratorial.

A Valda Dias por sempre me ajudar na hora que “o couro come”.

Ao bolsista PIBIC Gabriel Cruz por me ensinar a humildade e por ser tolerante comigo.

A Tainá, Denilson, Will e João Pedro por me ajudarem nas análises e tabulações.

## **EPÍGRAFE**

**Gratidão é a memória do coração.**

# PELETIZAÇÃO DE MUCILAGEM DESIDRATADA DE SISAL COM SUBPRODUTO DE FARINHA DE MANDIOCA (CRUEIRA) PARA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

## RESUMO GERAL

Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a produção e conservação de péletes volumosos formulados com mucilagem desidratada de sisal (subproduto do desfibramento das folhas) e crueira (subproduto da produção de farinha de mandioca) como aglutinante. Foram avaliadas diferentes proporções de mucilagem (75%, 80%, 85%, 90%, 95% e 100%) e crueira (25%, 20%, 15%, 10%, 5% e 0%), totalizando seis tratamentos. O índice de durabilidade dos péletes (PDI) foi determinado. Foram realizadas análises químico-bromatológicas de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEMI), celulose (CEL) e lignina (LIG). Os péletes foram analisados para contaminação por microrganismos. Considerando o PDI como parâmetro de qualidade, as melhores formulações foram com 75% de sisal e 25% de crueira, com PDI de 92,53%, seguido de 80% de sisal e 20% de crueira, com PDI de 90,00% ( $P < 0,5$ ). A matéria seca dos péletes variou entre 828,3 e 863,3 g/kg, com o maior valor (863,3 g/kg) da MS obtido na formulação contendo 80% de sisal e 20% de crueira. O pélete formulado com 100% de sisal destacou-se com o maior teor de FDN (303,2 g/kg) da MS. Por outro lado, a crueira usada na formulação dos péletes apresentou o menor valor de FDN (43,0g/kg) da MS, evidenciando a baixa contribuição dessa matéria-prima para o teor de fibras totais. As formulações com 85% de sisal e 15% de crueira (214,8g/kg) da MS e com 80% de sisal e 20% de crueira (203,5g/kg) da MS apresentaram resultados significativos ( $P < 0,05$ ) para FDN. Não foi observada contaminação por bolores e leveduras e nem por coliformes a 35°C e 45°C e *Salmonella* spp. Microrganismos mesófilos foram detectados em todos as formulações com crueira, com maior contaminação nos péletes com 25% e 20% de crueira, com  $2,6 \times 10^4$  UFC/g ( $P < 0,05$ ). A mucilagem desidratada de sisal combinada com crueira pode ser usada na produção de péletes de boa qualidade nutricional e durabilidade para a conservação de forragem.

**Palavras-chave:** Alimentação animal, Nutrição animal, Péletes, Sisa, Sislal manejo

## PELLETIZATION OF DEHYDRATED SISAL MUCILAGE WITH CASSAVA FLOUR BYPRODUCT (CRUEIRA) FOR ANIMAL FEED

### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the production and conservation of bulk pellets formulated with dehydrated sisal mucilage (a byproduct of leaf decortication for fiber extraction) and cassava bran (a byproduct of cassava flour production) as a binder. Different proportions of mucilage (75%, 80%, 85%, 90%, 95%, and 100%) and cassava bran (25%, 20%, 15%, 10%, 5%, and 0%) were tested, with a total of six treatments. The pellets durability index (PDI) was determined. Chemical-bromatological analyses were performed for dry matter (DM), mineral matter (MM), ether extract (EE), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), hemicellulose (HEMI), cellulose (CEL), and lignin (LIG). Pellets were also analyzed for microbial contamination. Considering PDI as a quality parameter, the best formulations were 75% sisal and 25% cassava bran, with a PDI of 92.53%, followed by 80% sisal and 20% cassava bran, with a PDI of 90.00% ( $P < 0.05$ ). Pellets dry matter ranged between 828.3 and 863.3 g/kg, and the highest value (863.3 g/kg DM) was obtained with the formulation containing 80% sisal and 20% cassava bran. Pellets formulated with 100% sisal had the highest NDF content (303.2 g/kg DM), while cassava bran showed the lowest NDF value (43.0 g/kg DM), indicating its low contribution to total fiber content. Significant results ( $P < 0.05$ ) for NDF were observed in the formulations with 85% sisal and 15% cassava bran (214.8 g/kg DM) and 80% sisal and 20% cassava bran (203.5 g/kg DM). No contamination by molds, yeasts, coliforms at 35°C and 45°C, or *Salmonella spp.* was detected. However, mesophilic microorganisms were found in all cassava bran-containing formulations, with the highest contamination ( $2.6 \times 10^4$  CFU/g) being observed in pellets with 25% and 20% cassava bran ( $P < 0.05$ ). Dehydrated sisal mucilage combined with cassava bran can be used to produce pellets with good nutritional quality and durability for forage conservation.

**Keywords:** Animal feed, Animal nutrition, Sisal, Sisal management

## LISTA DE ABREVIATURAS

AFLA: Aflatoxinas

AGV's: Ácidos Graxos Voláteis

ANOVA: Análise de Variância

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

AQUA: Laboratório de Nutrição e Comportamento Alimentar de Peixe

BDA: Ágar Batata Dextrose

C-2, C-3, C-6: Posições de carbono na estrutura da glicose

CAM - Metabolismo do Ácido Málico

CCAAB: Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas

CL: Caldo Lactose

Conab: Companhia Nacional de Abastecimento

DIC: Delineamento Experimental Inteiramente Casualizado

FAO: Food and Agriculture Organization (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura)

DON: Deoxynivalenol

EE: Extrato Etéreo

EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FDA: Fibra de Detergente Ácido

FDN: Fibra de Detergente Neutro

FUM: Fumonisinias

g/kg: Gramas por quilograma

g: Grama

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

kg: Quilograma

LABRO: Laboratório de Análises Bromatológicas

LIG: Lignina

MDIC: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

MM: Matéria Mineral

mm: milímetros

MS: Matéria Seca

NH<sub>3</sub>: Amônia

NT: Nitrogênio Total

°C: Graus Celsius

ONU: Organizações das Nações Unidas

O-H: Grupo Hidroxila

OTA: Ocratoxinas

PB: Proteína Bruta

PCA: Ágar Padrão para Contagem

PDI: Índice de Durabilidade do pélete

PET: Poli tereftalato de Etileno

pH: Potencial Hidrogeniônico

SPS: Silagem de Polpa de Sisal:

TCT: Tricotecenos

TNT: Tecido Não-Tecido

UFC: Unidade Formadora de Colônias

UFRB: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

VB: Caldo Verde Brilhante Bile 2%

ZEA: Zearalenona

$\alpha$ : Alfa

$\alpha$ -amilase: Alfa-amilase

$\epsilon$ : Termo de Erro

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Distribuição relativa de unidades de monossacarídeos e ácido urônico em frações de polissacarídeos das folhas de sisal..... 24
- Tabela 2** - Parâmetros analisados para caracterização da crueira..... 33
- Tabela 3** - Composição química da mandioca (expressa em % de matéria seca)....34
- Tabela 4** - Combinações das formulações de mucilagem de sisal e crueira.....40
- Tabela 5** - Valores médios do teste para índice de durabilidade dos peletes produzidos com diferentes proporções de mucilagem de sisal e de crueira como agente aglutinante..... 50
- Tabela 6** - Ingredientes (mucilagem de sisal desidratada e crueira farinha de varredura de casas de farinha) e suas proporções na formulação dos peletes Componentes analisados na composição dos materiais. Valores expressos em gramas por quilograma (g/kg) de seca..... 53
- Tabela 7** - Contagem de bactérias mesófilas, bolores, leveduras, coliformes a 35° C, coliformes a 45°C e Salmonella sp. em amostras de Crueira mandioca, e péletes de sisal com adição de crueira aos sete dias..... 56

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Etapas de processamento da mandioca .....31
- Figura 2** - Estrutura do amido: a) Estrutura da amilose e b) Estrutura da amilopectina. c) Estrutura em hélice do amido. As ligações  $\alpha$ 1-4 dos polímeros da amilose e da amilopectina são dobráveis, o que facilita o armazenamento desses polímeros nas células na forma de grânulos densos.....34
- Figura 3** - Representação gráfica do grânulo de amido, da região cristalina e diferenças entre amilose e alimopectina .....35
- Figura 4** - Processo de produção dos péletes. (A) Aglutinação da mucilagem desidratada com água fervente; (B) Elaboração da massa de mucilagem de sisal desidratada com aglutinante de crueira e (C e D) Peletização de mucilagem desidratada com aglutinante crueira de mandioca peletizada em prensa elétrica.....42
- Figura 5** - Esquema de peletização da mucilagem de sisal com aglutinante crueira43
- Figura 6** - (A) Análises de Durabilidade dos péletes (PDI); (B) Compressor de ar com pressão de 50 psi para realização do PDI. ....44
- Figura 7** - Péletes de mucilagem de sisal preparadas com diferentes proporções de crueira .....49
- Figura 8** - Variações de granulometria observadas em amostras de crueira doadas por produtores de mandioca do Município de Cruz das Almas. (A) Padronização da granulometria da crueira com peneira de 2mm (B). Granulometria final utilizada para aglutinação dos péletes de mucilagem de sisal desidratada (C).....49
- Figura 9** - Finos dos péletes de mucilagem de sisal desidratada com adição de diferentes proporções de crueira. ....52
- Figura 10** - Presença de bactérias mesófilas nos péletes de mucilagem de sisal desidratado (A). Contaminação por organismos mesófilos na amostra do aglutinante de Crueira (B) .....58
- Figura 11** - Contaminação por organismos mesófilos na amostra do pélete 25% de crueira, na diluição  $10^{-4}$  (A) e Unidades formadoras de colônia em amostra contendo 100% de sisal (B).....58
- Figura 12** - Contaminação por organismos mesófilos na amostra de crueira, na diluição  $10^4$  (A), Unidades formadoras de colônia em amostra contendo 100% de crueira (B).....59

## SUMÁRIO

<b>1.0</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>2.0</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>20</b>
2.1	O papel da fibra na alimentação de ruminates.....	20
2.2	A importância da produção e conservação de volumosos .....	20
2.3	Peletização de volumosos .....	21
2.4	Resíduo, Subproduto ou Coproduto.....	22
2.5	Produção de fibra de sisal e o resíduo gerado.....	23
2.6	Resíduo de sisal e potencial de uso na alimentação animal.....	25
2.7	Alimentação animal com o subproduto de sisal .....	26
2.8	Crueira de mandioca.....	30
2.9	Qualidade microbiológica dos péletes.....	36
<b>3.0</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>39</b>
3.1	Objetivo Geral .....	39
3.2	Objetivos Específicos .....	39
<b>4.0</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>40</b>
4.1	Local .....	40
4.2	Aquisição dos Materiais .....	40
4.3	Formulações e Modelo Estatístico .....	40
4.4	Processo de Formação dos Péletes de Mucilagem de Sisal Desidratada ..	41
5.0	Índice de Durabilidade do Pélete (PDI).....	43
6.0	Análises Químicas .....	44
7.0	Análises dos parâmetros de qualidade microbiológica .....	45
7.1	Contagem padrão de microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis .....	45
7.2	Contagem de bolores e leveduras .....	45
7.3	Contagem de coliformes a 35 °C e coliformes a 45 °C .....	46

7.4	Análise para <i>Salmonella</i> spp.....	46
<b>8.0</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>48</b>
8.1	Elaboração dos péletes de mucilagem de sisal desidratada.....	48
8.2	Index de Durabilidade do Pélete (PDI).....	50
8.3	Composição bromatológica dos péletes de mucilagem de sisal desidratado com aglutinante crueira. ....	52
8.4	Análises microbiológicas dos péletes de mucilagem sisal desidratada e crueira. ....	56
<b>9.0</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>60</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>67</b>
<b>11</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>68</b>

## 1.0 INTRODUÇÃO

Para enfrentar o problema da produção de resíduos de sisal, gerados no processo de desfibramento das folhas e processamento das fibras, é importante explorar técnicas de manejo e valorização desses resíduos, transformando-os em coprodutos. A utilização dos resíduos agroindustriais, da produção de fibras de sisal, na alimentação animal em regiões semiáridas torna-se uma alternativa promissora, considerando que as condições climáticas afetam a produção de gramíneas e a pecuária carece de fontes de alimento. Contudo, apenas uma pequena parte dos resíduos gerados é utilizada por pecuaristas como alimento volumoso para os animais na forma de silagem e feno.

A mucilagem obtida do desfibramento do sisal é uma alternativa de alimento volumoso para animais, mas possui um teor elevado de umidade, necessitando de métodos de conservação que assegurem a manutenção da qualidade nutricional, possibilitando o armazenamento prolongado e comercialização do mesmo. Dessa forma, a produção de péletes de mucilagem desidratada de sisal utilizando crueira como aglutinante pode ser uma alternativa aos meios de conservação de forragens volumosas, além de propiciar uma melhor utilização dos resíduos de sisal, com o melhor aproveitamento da planta e potencial de geração de renda e segurança alimentar para os produtores rurais. A utilização de resíduos de origem agroindustrial como fonte de fibra e com potencial energético para a alimentação animal é uma opção para o seu reaproveitamento, que com mais estudos vem se tornando cada vez mais comum na pecuária (MENEGHETTI *et al.*, 2008).

Muitos resíduos agroindustriais são fáceis de adquirir, porém demandam de técnicas de conservação e armazenamento apropriadas, a fim de permitir a sua oferta e comercialização durante todo o ano. Apesar do fornecimento tanto de forragem conservada como de resíduos da agroindústria ser uma prática comum na produção de ruminantes, sabe-se que a qualidade nutricional destes volumosos pode ser comprometida, a depender do método de conservação a que são submetidos (REIS *et al.*, 2008). O uso indiscriminado desses alimentos na dieta dos animais pode ocasionar distúrbios fisiológicos decorrentes da baixa efetividade física da fibra, como no caso específico de resíduos com partículas muito pequenas (SILVEIRA *et al.*, 2019). Acrescenta-se a estas desvantagens, o fato do armazenamento e da comercialização desses alimentos serem, na maioria das

vezes, dificultados devido à forma física dos mesmos.

Sendo assim, o desenvolvimento de métodos de conservação de volumosos que mantenham as propriedades nutricionais pode promover o consumo, com desempenho, produção e saúde animais semelhantes àqueles observados em condição de pastejo. Novas tecnologias podem gerar produtos com características físicas que permitam o seu armazenamento por longos períodos, facilitando a sua comercialização e contribuindo para assegurar a lucratividade e sustentabilidade da produção animal ao longo do ano, garantindo a segurança alimentar dos animais, principalmente em períodos de seca.

Os estudos em relação à avaliação nutricional dos resíduos da cultura do sisal e o desenvolvimento de estratégias de utilização dos mesmos podem ser um importante diferencial para as regiões produtoras de sisal na Bahia e em outras regiões e países, quanto ao planejamento alimentar dos rebanhos. Destaca-se que a produção de fibra de sisal no Brasil, sendo em sua maioria na Bahia, em 2022 e 2023 foi superior a 90 mil toneladas (FAOSTAT, 2024), o que indica que uma quantidade enorme de resíduos é gerada por ano. Cerca de 15% dos resíduos do desfibramento de folhas de sisal corresponde ao resíduo sólido, conhecido como mucilagem (SILVA; BELTRÃO,1999), o que corresponde a mais de 1 milhão e trezentas mil toneladas de resíduos sólidos de sisal produzidos tanto em 2022 quanto em 2023, de acordo com a produção de fibras por ano. Parte dos resíduos gerados após a extração da fibra das folhas de sisal, a mucilagem do sisal, é utilizada por pecuaristas como alimento volumoso para os animais, na forma de silagem e feno, mas ainda é uma porcentagem muito pequena desses resíduos gerados anualmente. Um dos motivos para o baixo aproveitamento desse resíduo é por que a mucilagem obtida do desfibramento do sisal possui um teor elevado de umidade, necessitando de métodos de conservação que assegurem a manutenção da qualidade nutricional, o armazenamento e comercialização do mesmo por períodos longos. Entretanto, a peletização pode ser uma técnica eficiente para a conservação da mucilagem de sisal desidratada e a crueira, um aglutinante subproduto das casas de farinha de mandioca, pode contribuir para a formação e a integridade física dos péletes. Portanto, a nossa hipótese é que é possível a produção de péletes de mucilagem desidratada de sisal e crueira de mandioca e que peletização pode ser eficaz na conservação e qualidade microbiológica dos resíduos da agroindústria de sisal e mandioca.

O objetivo deste estudo foi avaliar a produção de péletes para alimentação animal, a partir de formulações contendo diferentes proporções da mucilagem desidratada de sisal combinada com um aglutinante conhecido como crueira, que é um resíduo da indústria de farinha de mandioca.

## **2.0 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 O papel da fibra na alimentação de ruminantes**

A criação de ruminantes exige dietas ricas em fibra para garantir o bom funcionamento do rúmen, que é essencial para a saúde e produtividade dos animais (ALVES *et al.*, 2016). A fibra proveniente de volumosos como pastagens e forragens estimula a mastigação, produção de saliva e a manutenção do pH ruminal, promovendo a ruminação (MACHADO *et al.*, 2009; ALVES *et al.*, 2016). Além disso, a fibra contribui para a motilidade digestiva e aumento dos teores de gordura no leite (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

A celulose e hemicelulose, presentes na parede celular dos vegetais são fermentadas pelos microrganismos do rúmen, resultando na produção de ácidos graxos voláteis (AGVs) e na conversão de amônia em proteína microbiana, fundamental para a nutrição dos animais (SALAZAR *et al.*, 2008). No entanto, a qualidade inadequada da fibra pode comprometer o desempenho e o bem-estar dos ruminantes, afetando a produção animal (MERTENS, 1997). A produção de alimentos volumosos é, contudo, desafiada por problemas fitossanitários e condições ambientais adversas, como inverno rigoroso e seca prolongada, tornando essencial a conservação desses alimentos (COSTA *et al.*, 2004; SENAR *et al.*, 2012).

### **2.2 A importância da produção e conservação de volumosos**

A demanda crescente por produção de alimentos, tanto de origem vegetal como animal, está ligada intimamente à necessidade de melhorias no sistema produtivo, o que tem recebido destaque nos últimos anos devido a duas premissas importantes. A primeira delas está relacionada ao aumento da população humana na Terra. O crescimento contínuo da população causa o aumento da demanda por alimentos em nosso planeta, sendo que os alimentos de origem animal desempenham um papel crucial devido ao seu alto valor proteico e nutricional. Os alimentos de origem animal têm o potencial de contribuir para a erradicação da fome global conforme discutido por Galmessa *et al.* (2019). No entanto, é importante ressaltar que essa premissa pode não estar bem fundamentada, uma vez que a

fome é predominantemente um problema de natureza social e econômica (GODFRAY *et al.*, 2010; KUMMU *et al.*, 2012, HOFFMAN, 2013). Existem evidências que indicam que já produzimos alimentos em quantidade suficiente para alimentar até três vezes mais pessoas do que a população atual do planeta (BENÉ *et al.*, 2016; HANSON *et al.*, 2016). A solução para o problema da fome reside, em grande parte, na distribuição equitativa de riquezas e na redução do desperdício de alimentos e recursos renováveis (FAO, 2020).

Contudo, ainda que a extensão territorial destinada à produção de forrageiras seja grande, as plantas forrageiras oscilam sua produção de biomassa e valor nutricional ao longo do ano, devido à inconstância de fatores climáticos necessários para o seu desenvolvimento (DAHER *et al.*, 2017). Em razão da dificuldade de controlar os fatores climáticos e ambientais que limitam a produção de forragem nas diversas regiões do Brasil, existe a necessidade do aprimoramento de técnicas de conservação que garantam a oferta contínua de alimento volumoso para os animais. Esses alimentos são caracterizados por aqueles que apresentam baixo teor energético, com altos teores em fibra ou teores de água. Alimentos volumosos possuem menos de 60% de nutrientes digeríveis totais e ou mais de 18% de fibra bruta (FB), podendo ser divididos em secos e úmidos como é o caso dos capins verdes, silagens, fenos e palhadas que tem que ser de qualidade em todos os estágios do ciclo de produção animal, torna-se fundamental para a sustentabilidade da criação de ruminantes. Os principais meios de conservação de forragens são a fenação e a ensilagem, mas atualmente a peletização de culturas volumosas tem se destacado em relação a outros métodos de conservação de forragens, devido aos principais benefícios obtidos por essa técnica de conservação.

### **2.3 Peletização de volumosos**

A peletização é uma técnica usada pela indústria na produção de alimentos para animais e pode ser definida como a aglomeração de pequenas partículas, de um ingrediente ou de uma mistura de ingredientes, por meio de procedimentos mecânicos. Esse processo é realizado sob condições de pressão, umidade e calor (KLEIN *et al.*, 1993; PEISKER, 2006). Segundo Meurer *et al.*, (2008), o propósito da peletização é adensar o produto de forma que facilite o transporte e a estocagem, e garanta que todas as unidades contenham todos os ingredientes usados na

formulação da dieta. É um processo termomecânico que adensa o alimento farelado, resultando em um composto com partículas menores moldadas em um agregado firme e consistente, de formato cilíndrico, denominado de pélete (MARX, 2014). A prensa peletizadora, composta pela matriz e rolos, compacta a ração farelada, que passa pelos orifícios da matriz sob pressão variando entre 75 e 600 kg/cm<sup>2</sup> (ZIGGERS, 2003; MURAMATSU, 2013). A umidade produzida pela máquina e a mistura de ração atuam como lubrificantes, diminuindo o atrito na matriz da peletizadora e aumentando a produtividade (REIMER e BEGGS, 1993; SMALLMAN, 1996). A temperatura da massa não deve aumentar mais de 15°C para evitar dissipação de energia como calor (KULIG e LASKOWSKI, 2008). No resfriador, os péletes recém-formados são resfriados até 8°C acima da temperatura ambiente, com umidade ajustada entre 100-120 g/kg. O fluxo de ar à temperatura ambiente remove calor e umidade dos péletes, melhorando a conservação (ROBINSON, 1976; WELLIN, 1976).

A peletização de plantas forrageiras é uma tecnologia que pode ser usada com o objetivo de conservar o alimento para períodos críticos de produção. A forma de armazenamento não requer condições especiais de temperatura ou anaerobiose, e sua forma física (péletes) tem aceitação pelos animais, além de facilitar a logística do transporte e da comercialização do material conservado (TABIL, 1996), minimizando as perdas que normalmente são observadas em outros métodos de conservação como fenação e ensilagem. Os objetivos básicos da peletização são: 1) aumentar a palatabilidade da ração; 2) alterar a forma física (tamanho da partícula), facilitando e estimulando a ingestão; 3) evitar ou reduzir a seleção dos ingredientes; 4) evitar ou reduzir os efeitos da separação da mistura; 4) aumentar a densidade da ração, reduzindo espaços de armazenamento e custos de transporte (aplicável a alguns tipos de rações); 6) diminuir as perdas de ração devido à geração de pó durante o armazenamento e transporte; 7) reduzir a contaminação por micro-organismos; 8) aumentar a durabilidade da ração (tempo de prateleira) e 9) minimizar o consumo de energia pelos animais (KLEIN, 2009).

#### **2.4 Resíduo, Subproduto ou Coproduto.**

De acordo com Jayathilakan *et al.* (2012), existe uma distinção conceitual entre coprodutos e subprodutos, que se baseia em suas características. Ambos são

materiais ou substâncias gerados de forma secundária durante um processo produtivo. No contexto agroindustrial, os coprodutos e subprodutos são resíduos gerados na industrialização de produtos agrícolas. A principal diferença entre esses conceitos reside na existência ou não de um mercado estabelecido para sua comercialização. Os produtos secundários que possuem demanda no mercado e apresentam um valor comercial definido são chamados de coprodutos, enquanto aqueles que não têm um potencial mercadológico reconhecido, ou cujo potencial não é efetivamente explorado, são classificados como subprodutos. Devido à conotação negativa associada aos termos "subproduto" ou "resíduos", frequentemente relacionados à ideia de inferioridade ou à presença de contaminantes, a comunidade científica tem adotado o termo "coproduto".

O Brasil está entre os países que mais produzem resíduos agroindustriais lignocelulósicos e, a maioria desses resíduos é descartada sem um manejo adequado, gerando impactos ambientais negativos (TRIPATHI *et al.*, 2019). Entretanto, a utilização de resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes tem se tornado cada vez mais comum como alternativa alimentar, visando reduzir os custos de produção, podendo ser estratégia promissora e economicamente viável para os sistemas intensivos de produção animal. Os ruminantes podem aproveitar esses alimentos, quando inseridos em dietas que atendam seus requerimentos de manutenção, crescimento e produção (FÁVARO *et al.*, 2022). Apesar de a maioria dos resíduos agroindustriais ser pobre em nutrientes, esses resíduos podem suprir, em parte, a necessidade energética dos animais, caso sejam previamente processados e melhorados.

## **2.5 Produção de fibra de sisal e o resíduo gerado**

O Brasil é o maior produtor mundial de fibra de sisal, com aproximadamente 92 mil toneladas de fibra sendo produzidas por ano, ao longo dos últimos três anos (2022-2024), sendo 96% dessa produção oriunda da região semiárida da Bahia (FAOSTAT, 2024; IBGE, 2024). O Brasil tem um papel significativo no cenário internacional de comercialização da fibra de sisal, com cerca de 42% da produção mundial (FAOSTAT, 2024). De acordo com dados fornecidos pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), as exportações brasileiras do complexo sisal totalizaram 59,9 mil toneladas no ano de 2021. No primeiro

semestre de 2023, o Brasil registrou a exportação de aproximadamente 40,0 mil toneladas de fibras de sisal.

Entretanto, as fibras do sisal representam apenas de 3 a 5% do peso fresco da folha. O restante da folha, após passar pela máquina desfibradora é conhecido como resíduo de sisal, que é composto, em média, por 15% de mucilagem ou polpa (formada pela cutícula e por tecido paliçádico e parenquimatoso), 1% de bucha (fibras pequenas) e 81% de suco ou seiva clorofilada (SOUSA *et al.*, 2008; BRANDÃO *et al.*, 2013). O resíduo resultante do processo de desfibramento mecânico das folhas corresponde à maior parte do conteúdo parenquimático, constituindo 95 a 97% dos resíduos totais. Dessa forma, no semiárido da Bahia é gerada uma quantidade significativa de resíduos do processamento das folhas de sisal, para extração da fibra.

O resíduo do desfibramento das folhas de sisal é caracterizado por ser rico em celulose (65,8%), possuindo também 12% de hemicelulose, 9,9% de lignina e 0,8% de pectina, conforme destacado por (MABUSELA *et al.*, 1989; MARTIN *et al.*, 2009). A investigação separada das frações de mucilagem e fibras revelou diferenças na distribuição de polissacarídeos. A porção fibrosa consiste principalmente de 4-O-metilglucuronoxilano como seu componente hemicelulósico, enquanto o material carnudo é composto principalmente por xiloglucano, com quantidades mínimas de xilano. A tabela 01 descreve os outros polissacarídeos presentes no conteúdo desse agave (MARTIN *et al.*, 2009; MABUSELA *et al.*, 1989).

**Tabela 1** - Distribuição relativa de unidades de monossacarídeos e ácido urônico em frações de polissacarídeos das folhas de sisal.

Carboidratos	Mucilagem			Fibra			Totais
	Pectina	Hemicelulose	Celulose	Pectina	Hemicelulose	Celulose	
Fucose	-	0,1	-	-	-	-	0,1
Arabinose	1,7	0,3	1,7	0,2	-	-	3,9
Xilose	0,6	1,1	2,7	0,4	9	1,3	15,1
Manose	0,4	0,1	-	-	-	-	0,5
Galactose	5,1	0,2	1,5	0,4	0,4	0,1	7,3
Glicose	1	0,7	18,6	0,1	0,1	34,6	55,1
Ácido urônico	9,5	0,1	2,6	1,3	1,2	0,3	15
Totais	19,5	2,8	27,7	2,5	10,4	36,2	100,2

Fonte: Martin *et al.*, (2009) e Mabusela *et al.*, (1989).

Apesar de apresentar características bromatológicas satisfatórias, como 7,5% de proteína bruta, 73% de fibra de detergente neutro e 17% de matéria seca, o potencial do resíduo de sisal como fonte de alimento volumoso na produção animal ainda não é amplamente explorado (SANTOS *et al.*, 2011). Sua composição química permite a sua utilização na alimentação animal, como por exemplo, a utilização de mucilagem na forma de silagem, feno ou até mesmo a biomassa fresca (ARAGÃO *et al.*, 2009).

## **2.6 Resíduo de sisal e potencial de uso na alimentação animal**

As folhas de sisal são desfibradas por meio de um processo mecânico de separação das fibras da polpa das folhas em máquina desfibradora que é móvel e que transita para diferentes campos de sisal durante a colheita das folhas. O resíduo líquido é perdido no campo, enquanto que a parte sólida (mucilagem e bucha) pode ser retirada, normalmente pelo produtor com uma pá de metal, e colocado em superfície cimentada para secagem ao sol por 2 a 3 dias. Após secagem, as fibras menores denominadas de bucha são retiradas em peneira de metal rotativa. No peneiramento, a mucilagem, que possui um tamanho de partícula entre 0,5 a 2,0 cm, passa através da malha da peneira e a bucha fica retida na peneira (ALVES; SANTIAGO, 2006).

A mucilagem, após o processo de remoção da bucha, pode ser oferecida aos animais na forma fresca, como feno ou mesmo como silagem, conforme discutido por Paiva *et al.*, (1986) e Casso e Castro (1998). Esse avanço tecnológico representa um passo significativo no uso eficiente do resíduo de sisal na alimentação animal, minimizando os riscos de causar problemas de saúde ao animal e proporcionando o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis. A ingestão contínua e exclusiva desses resíduos extremamente fibrosos como a bucha, pode levar a problemas como timpanismo, que ocorre devido à formação de bolos de fibras no sistema digestivo (SENNÁ, 2022). Essas constatações reforçam a importância de buscar alternativas para a utilização desses resíduos de maneira segura e eficiente, a fim de evitar consequências negativas para a saúde e bem-estar dos animais. Estratégias como o uso da peneira rotativa para remoção da bucha, conforme discutido anteriormente, representam uma abordagem promissora

para superar esses desafios, mas a conservação e armazenamento do resíduo ainda é um desafio.

No Brasil, o principal resíduo resultante da produção de fibras de sisal é a mucilagem, que passa a ser denominado de subproduto, mas seu aproveitamento na alimentação animal é restrito devido a vários obstáculos que os produtores enfrentam. Um dos principais obstáculos está relacionado à conservação da mucilagem e transporte do local de desfibramento das folhas, já que sua alta umidade e processos de fermentação tornam esse processo bastante complexo. É relevante observar que a mucilagem fresca possui uma concentração mais elevada de saponinas, como reportado por Santos (2009), substâncias que podem causar distúrbios nos animais, quando ingeridas em excesso, exigindo um controle zootécnico adequado.

As Agaváceas, incluindo o sisal, podem apresentar, dependendo do seu estágio de desenvolvimento, componentes antinutricionais, como saponinas e hecogeninas, que podem influenciar negativamente na digestão e ruminação dos animais. Os cristais de oxalato de cálcio, em conjunto com as saponinas, também podem causar irritação na pele de animais e pessoas envolvidas no manuseio do sisal. No entanto, os processos de manejo e conservação de forragens como a fenação e ensilagem podem contribuir para a redução dos níveis desses compostos (ZAMUDIO *et al.*, 2008), diminuindo-os de 6,1% no material in natura para 3,4% na matéria seca da silagem (PINOS-RODRIGUEZ *et al.*, 2008).

De fato, vários autores têm explorado a viabilidade da utilização da mucilagem do sisal como suplemento alimentar para animais no Brasil.

## **2.7 Alimentação animal com o subproduto de sisal**

Os estudos realizados por Paiva *et al.*, (1986) envolveram dietas alimentares para novilhos fistulados, com foco na utilização da mucilagem do sisal. Suas conclusões destacaram que, após a remoção das fibras longas da mucilagem e parte do suco, a mucilagem foi um suplemento valioso, especialmente durante o período seco. Esses autores sugeriram que a mucilagem do sisal pode ser oferecida aos animais, juntamente com outros ingredientes, durante o período de escassez de alimentos, aumentando assim o valor nutricional da dieta. No entanto, eles também enfatizaram que a utilização exclusiva da mucilagem não é recomendada devido a

possíveis implicações nutricionais, bioquímicas e fisiológicas para os animais. Essas conclusões ressaltam a importância de considerar cuidadosamente o uso da mucilagem como parte da dieta dos animais, bem como a necessidade de explorar estratégias que maximizem o seu valor nutricional e minimizem potenciais riscos à saúde e ao desempenho animal. Além disso, outra abordagem para melhorar o valor nutricional do subproduto do sisal é a utilização de tecnologias de conservação de forragens e aprimoramento das características bromatológicas.

Silva e Beltrão (1999), demonstraram um aumento satisfatório no ganho de peso de bovinos que foram alimentados com folhas de sisal cortadas e palma forrageira. Os resultados indicaram um ganho médio diário de peso de 745 g. Isso sugere que a utilização da mucilagem do sisal como suplemento alimentar para animais é uma opção viável. Com manejo adequado, a mucilagem de sisal pode oferecer resultados comparáveis aos de gramíneas exigentes em nutrientes, como o capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.). A mucilagem pode substituir integralmente o feno de capim, em dietas de crescimento de ovinos, na proporção de 50:50 de concentrado para volumoso, sem impactar negativamente a digestibilidade (SANTOS, 2013).

De acordo com Faria *et al.*, (2008), a adição de ureia em concentrações específicas como 8% aumentou significativamente o teor de proteína bruta em matéria seca do subproduto de sisal, beneficiando a qualidade da dieta dos animais. Contudo, o armazenamento do subproduto não melhorou os componentes não fibrosos nem a matéria seca, sugerindo a necessidade de medidas adicionais para preservar sua qualidade, como a desidratação prévia ou a adição de agentes de retenção de umidade. Essas abordagens podem aumentar a eficiência da dieta para ruminantes. Esses estudos destacam o potencial do sisal como uma alternativa viável na alimentação de ruminantes, especialmente quando são aplicadas estratégias para melhorar a qualidade nutricional do subproduto e preservar sua integridade durante o armazenamento. Faria *et al.*, (2008b) investigaram a adição de ureia pecuária em diferentes concentrações e outros aditivos durante a fermentação do coproduto do sisal, avaliando tempos de fermentação de 0, 8, 16 e 24 horas. Independentemente das concentrações de ureia e dos aditivos utilizados, os autores não observaram melhoria significativa na composição bromatológica do subproduto submetido à auto fermentação.

Na região semiárida brasileira, para melhorar o uso da mucilagem de sisal

como alimento volumoso, a silagem é uma estratégia viável. Devido ao baixo teor de matéria seca da mucilagem, que varia de 5% a 10%, é necessário usar um aditivo absorvente de umidade. Silva *et al.*, (2014) destacam que tal aditivo pode ajudar a produzir uma silagem com melhores características. A mucilagem apresenta elevado teor de umidade, cerca de 80% após o desfibramento, o que pode prejudicar a fermentação e promover o crescimento de microrganismos indesejáveis. Portanto, o uso de aditivos é crucial para melhorar a qualidade da silagem. Os teores de matéria seca (MS) de 17,6% (BORGES *et al.*, 2013) e 11,4% (BRANDÃO *et al.*, 2013) são considerados baixos para silagem de qualidade. A quantidade de MS é crucial, pois afeta a fermentação e a preservação durante o ensilamento. Baixos teores de MS podem causar fermentação inadequada, aumento do risco de deterioração e perda de valor nutricional (VAN SOEST, 1994). Estudos ressaltam a necessidade de ajustar as condições de ensilagem ou adicionar agentes de ensilagem para melhorar a qualidade da silagem quando os teores de MS são baixos.

Portanto, é necessário estudar novos métodos para a conservação da mucilagem de sisal, visando sanar a problemática do elevado teor de umidade e fatores relacionados à deterioração dessa forragem.

Souza *et al.*, (2018) avaliaram a inclusão de silagem de polpa de folhas de sisal (SPS) em dietas de ovinos, substituindo o feno de capim Tifton. Esses autores observaram que o aumento da SPS nas dietas reduziu significativamente a ingestão voluntária de água pelos ovinos, devido ao baixo teor de matéria seca da SPS. A dieta sem SPS teve uma ingestão de água de 889 g por kg de MS, enquanto a dieta com 100% de SPS apresentou 744 g de água por kg de MS. Isso indica que a substituição total do feno por SPS pode diminuir a ingestão de água, impactando o manejo alimentar.

Um estudo comparativo entre o pseudocaule do sisal e a palhada de milho na dieta de ovinos revelou que, embora o ganho médio diário tenha sido maior para a dieta com milho (179 g/dia), os ovinos alimentados com o resíduo do sisal apresentaram ganhos médios superiores (96,4 g/dia), comparados àqueles que receberam palhada de milho (72,1 g/dia). Além disso, o subproduto de sisal proporcionou uma taxa de conversão alimentar mais eficiente (8,32) do que a palhada de milho (11,12) (IÑIGUEZ-COVARRUBIAS *et al.*, 2001).

O trabalho de Gebremariam e Machin (2008) mostrou que a inclusão de 250 e 500 g de subproduto de sisal na dieta dos ovinos, juntamente com palha seca de

cevada e minerais, resultou em ganhos de peso diário médio de 41 e 53 g/animal, respectivamente. Comparativamente, os ovinos que receberam apenas palha seca de cevada apresentaram um ganho de 22 g/animal/dia. Esses resultados evidenciam o impacto positivo do subproduto de sisal no ganho de peso dos ovinos.

Pinos-Rodriguez *et al.* (2009), em estudo com caprinos alimentados com silagem de *Agave salmiana* aditivada com alfafa, observaram ganhos médios de peso de 125 g/animal/dia com 50% de alfafa e 118 g/animal/dia com 65% de alfafa. A conversão alimentar foi mais eficiente com a silagem aditivada, com 50% de subproduto de agave e 50% de alfafa, com uma taxa de 5,7, indicando que essa combinação de alimentos é vantajosa para conversão alimentar e ganho de peso em caprinos.

A utilização da mucilagem de sisal ensilada, com ou sem aditivo (pó-debatedeira, um pó fino gerado na indústria da fibra seca de sisal), na alimentação de ovinos foi analisada em comparação com a silagem de milho. A inclusão da mucilagem ensilada não alterou o consumo dos principais nutrientes e frações fibrosas dos alimentos. Além disso, promoveu um ganho de peso satisfatório. Os ovinos que consumiram a mucilagem ensilada sem aditivo apresentaram um ganho diário médio de 184 g, enquanto aqueles que receberam a mucilagem com o aditivo obtiveram um ganho de 229 g/dia. Ovinos alimentados com mucilagem fenada tiveram um ganho médio diário de 191 g e os que consumiram apenas silagem de milho apresentaram um ganho de 182 g/dia. Esses resultados indicam que a mucilagem ensilada, com ou sem aditivo, é uma estratégia viável para a dieta de ovinos, oferecendo ganhos de peso satisfatórios em comparação com a silagem de milho (SANTOS *et al.*, 2011).

A mucilagem de sisal ensilada, ao ser utilizado na alimentação de ovinos, proporcionou resultados semelhantes aos obtidos com feno de Tifton, com um ganho médio diário de 216 g/animal e uma conversão alimentar média de 5,56. Além disso, não houve impacto adverso na qualidade da carne dos ovinos. A mucilagem de sisal também se destaca como uma excelente fonte de água em regiões áridas e semiáridas, e pode reduzir os custos de produção de ração, oferecendo uma alternativa econômica e eficaz para a alimentação de ovinos (SOUZA *et al.*, 2018).

Bagaldo *et al.* (2020) reportaram que a adição de ureia à silagem de mucilagem de sisal aumentou os níveis de pH e NH<sub>3</sub>/NT, prejudicando a qualidade fermentativa e retardando a redução do pH. Para evitar esses problemas, foi

recomendada a adição de ureia em concentrações ideais de 6% a 8%, que aumentam a proteína bruta da silagem e minimizam perdas de matéria seca, gasosas e efluentes. Além disso, a densidade de 950 kg/m<sup>3</sup> foi identificada como ideal para obter um perfil fermentativo de melhor qualidade. Os autores frizaram a necessidade de mais estudos para aprimorar os processos de ensilagem da mucilagem de sisal, dada sua diferenciação das culturas tradicionais como milho e sorgo forrageiro.

Até o momento, diversas técnicas têm sido desenvolvidas para a conservação da mucilagem de sisal, visando maximizar seu aproveitamento e diferentes aplicações. No entanto, a técnica de peletização ainda não foi amplamente explorada. A peletização é uma técnica de processamento que envolve a compactação do material em pequenos grânulos ou péletes, o que facilita o manuseio, armazenamento e transporte.

A tecnologia de peletização na conservação da mucilagem de sisal pode representar uma oportunidade de inovação no setor produtivo de sisal e pecuária. A pesquisa científica pode analisar a peletização, estabilidade e qualidade do produto, bem como sua viabilidade econômica, em comparação com outros métodos de conservação. Essa abordagem inovadora pode abrir portas para o desenvolvimento de novas aplicações e mercados para a mucilagem de sisal, contribuindo para o aproveitamento mais eficiente desse recurso versátil e sustentável. A utilização de agentes aglutinantes é de suma importância para promover a peletização, pois esses ingredientes são fontes ricas em amido responsáveis pela coesão final dos péletes.

## **2.8 Crueira de mandioca**

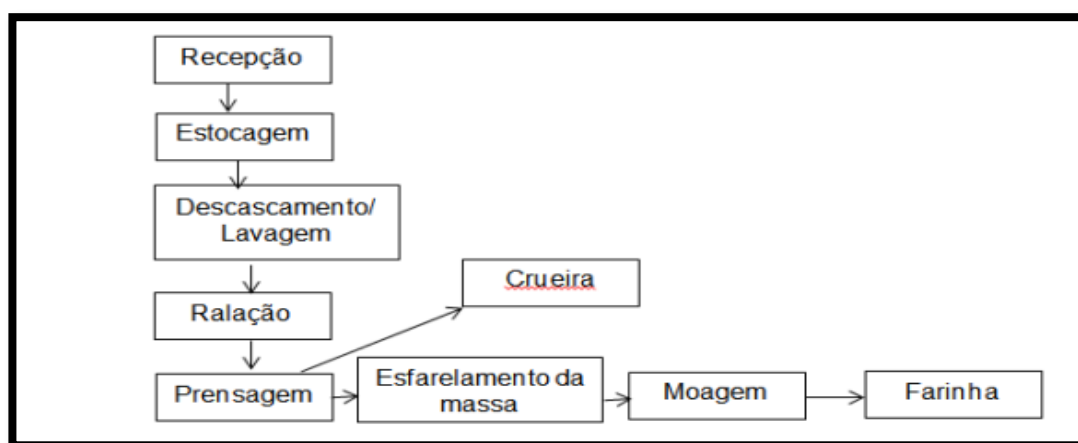
A crueira é a porção mais espessa da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), que não passa pelas malhas da peneira durante o processo de produção de farinha. A origem da palavra "crueira" remonta ao tupi-guarani, sendo composta pelas palavras "kuru", que significa caroço e "era", que significa semelhança ou algo semelhante a, como registrado no Vocabulário Indígena Com a Orthographia Correcta (Complemento da Poranduba Amazonense) (RODRIGUES, 1894).

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma dicotiledônea da família Euphorbiaceae, sendo a planta mais antiga cultivada no Brasil (JUDD *et al.*, 1999).

O Brasil é o quarto maior produtor mundial de mandioca, com a cultura presente em todo o país devido à sua alta adaptabilidade. Ela desempenha um papel socioeconômico essencial, especialmente em regiões áridas, semiáridas e tropicais úmidas, como a Amazônia. Sua principal utilização está na produção de fécula e farinha. De acordo com o Levantamento Sistemático da Produção (LSPA) de maio de 2023, oferecido pela CONAB, divulgado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a produção brasileira de raiz de mandioca para o ano de 2023 foi estimada em 18,4 milhões de toneladas, sendo colhida em uma área total de 1,24 milhão de hectares (IBGE, 2023).

A mandioca é processada industrialmente para a produção de farinha e fécula, com diversas aplicações, especialmente na alimentação humana. As indústrias desenvolvem produtos como polvilho doce e azedo, tapioca, flocos, péletes, e farinha de raspas, além de servir como matéria-prima para outros setores, agregando valor. Subprodutos como farinha de cascas, farelo e crueira também são gerados (LIMA, 2010). No esquema ilustrativo (Figura 01) adaptado de Silva e Fernandes (2011), pode se visualizar o processamento geral de uma casa de farinha e como se obtém a crueira.

**Figura 1** - Etapas de processamento da mandioca.



Fonte: Adaptado de Silva e Fernandes (2011)

A crueira é um subproduto que surge durante o processo de peneiramento da mandioca já prensada, sendo composta por pedaços de casca, entrecasca e polpa, e contém uma quantidade significativa de amido. A quantidade de crueira produzida varia, mas em média, a cada tonelada de mandioca processada, são obtidos cerca

de 15,9 kg de crueira (DE ARAÚJO *et al.*, 2014). Rocha (2016) relatou que essa variação geralmente representa uma fração menor, normalmente menos de 10% da quantidade de mandioca utilizada na fabricação da farinha. De fato, a quantidade de crueira gerada pode variar substancialmente, e isso está relacionado a uma série de fatores, como a variedade da mandioca utilizada, o momento da colheita e os ajustes realizados no ralador durante o processo de produção. Além desses fatores, outros elementos também influenciam na produção de crueira, como o tipo de equipamento de processamento empregado, a malha da peneira utilizada e o controle dos parâmetros do processo.

Dada à quantidade significativa de crueira produzida, torna-se crucial encontrar abordagens eficazes para lidar com esse subproduto. Uma dessas abordagens pode ser a reutilização ou reciclagem da crueira, o que não apenas reduziria o impacto ambiental decorrente de seu descarte inadequado, mas também maximizaria o aproveitamento da mandioca como um recurso alimentar e econômico valioso. Portanto, a gestão adequada da crueira é fundamental para promover práticas sustentáveis na indústria de processamento de mandioca.

Os dados de produção de mandioca retratam a importância contínua da mandioca na agricultura brasileira e seu papel significativo como cultura de subsistência e comercial. A reutilização da crueira é crucial, pois contribui para a redução do acúmulo de resíduos orgânicos e minimiza o impacto ambiental decorrente de seu descarte inadequado. Portanto, encontrar maneiras de aproveitar a crueira de forma eficiente torna-se necessário, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. Entre as mais de 120 espécies do gênero *Manihot*, apenas *Manihot esculenta* Crantz é utilizada para consumo humano, com novas variedades sendo continuamente identificadas (ELSAM *et al.*, 2018). Segundo a Embrapa, as cultivares de mandioca se dividem em duas categorias: 1) Mandiocas Doces ou de Mesa, com baixo teor de cianeto, adequadas para consumo humano e animal; e 2) Mandiocas Amargas ou Bravas, com altos níveis de compostos tóxicos, utilizadas principalmente na indústria para produção de farinhas e amido. Essa classificação reflete seu uso e toxicidade.

Os tubérculos de mandioca, conhecidos como raízes, são ricos em amido, representando de 65% a 85% da massa seca. O amido é um carboidrato de reserva também encontrado em grãos de cereais (40% a 90% da massa seca), leguminosas (30% a 50%), tubérculos e frutas imaturas (40% a 70%) (LAJOLO; MENEZES,

2006). A mandioca é composta principalmente por água (60% a 65% do peso total) e carboidratos na forma de fécula (30% a 35% do peso) (Burrell, 2003). Análises químicas, como as descritas por Guimarães *et al.* (2011), indicam que a crueira, subproduto da produção de farinha de mandioca, apresenta alta concentração de carboidratos (93,7%) e baixo teor de proteína bruta (1,7%). Rocha *et al.*, (2016) encontraram na crueira 2,19% de proteína bruta (PB), 1,52% de matéria mineral (MM) e 0,54% de extrato etéreo (EE). Esses dados destacam a mandioca como uma fonte significativa de amido e carboidratos, com a crueira mantendo elevados níveis de carboidratos e baixo teor proteico, conforme Tabela 02.

**Tabela 2** - Parâmetros analisados para caracterização da crueira.

Parâmetros	Resultados
Umidade (%)	30,00 ± 0,46
Cinzas (%)	1,52 ± 0,03
Lipídeos (%)	0,54 ± 0,03
Fibra bruta (%)	2,43 ± 0,13
Proteínas (%)	8,20 ± 0,26
Amido (%)	82,00 ± 0,58
Ph	5,00 ± 0,20

Fonte: Adaptada de Rocha *et al.*, (2016).

Por outro lado, Fiorda *et al.*, (2013) ao avaliarem a farinha de bagaço da mandioca (massa), encontraram os seguintes valores para a composição bromatológica: 1,97% de proteína bruta, 1,81% de matéria mineral e 2,35% de extrato etéreo. A composição química da raiz de mandioca pode variar consideravelmente, dependendo da cultivar, da idade da planta, da época de colheita e das condições geográficas e climáticas. Na Tabela 03 é possível observar a composição química da mandioca tanto na polpa quanto na casca (KOBILIZ, 2011).

**Tabela 3** - Composição química da mandioca (expressa em % de matéria seca).

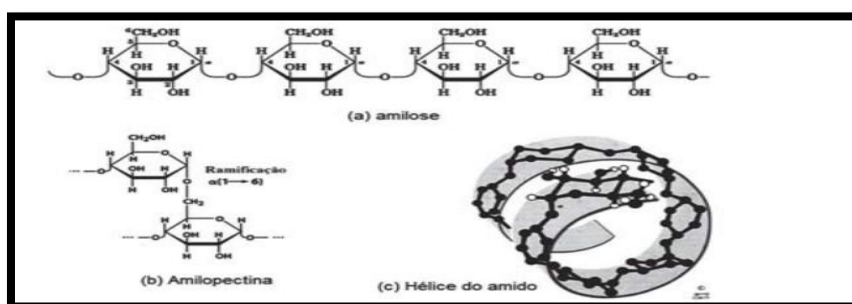
Componente	Polpa	Casca
Amido	70 a 91	45 a 59
Açúcares redutores	1,5 a 5,8	5,2 a 7,1
Fibra bruta	3,0	5,0 a 15,0
Cinzas	1,0 a 2,5	2,8 a 2,4
Proteínas	1,0 a 6,0	7,0 a 14,0
Lipídios	0,3 a 1,5	1,5 a 2,8

Fonte: Koblitz, 2011.

Esses dados evidenciam a considerável variação na composição nutricional dos resíduos agroindustriais da mandioca, o que ressalta a importância de realizar análises específicas para cada material, a fim de melhor compreender sua composição e o potencial uso em diferentes aplicações (Tabelas 02 e 03). Apesar das características nutricionais peculiares dos subprodutos da mandioca, como a crueira, esses materiais apresentam potencial significativo para a alimentação animal, podendo ser utilizados para fornecer energia e atender a outras necessidades.

A estrutura do amido (Figura 02) possui vários grupos hidroxila (O-H). Dois desses grupos estão localizados nas posições C-2 e C-3 de cada unidade de glicose, enquanto um grupo hidroxila adicional está presente na posição C-6. Esses grupos hidroxila não estão interligados entre si, conforme descrito nos princípios da bioquímica propostos por Nelson e Cox (2002).

**Figura 2** - Estrutura do amido: a) Estrutura da amilose e b) Estrutura da amilopectina. c) Estrutura em hélice do amido. As ligações  $\alpha$ 1-4 dos polímeros da amilose e da amilopectina são dobráveis, o que facilita o armazenamento desses polímeros nas células na forma de grânulos densos.

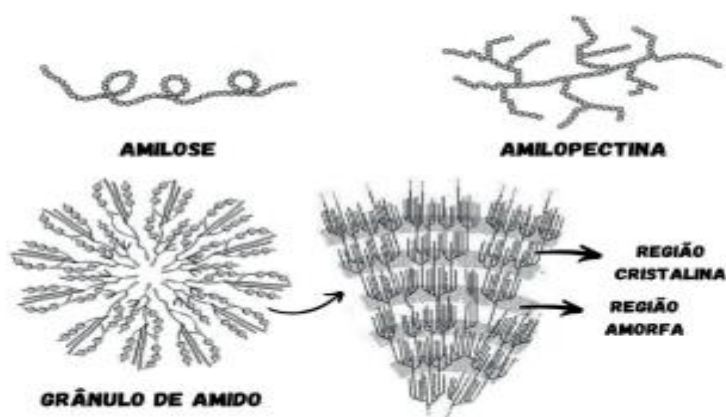


Fonte: Nelson e Cox, 2002.

Os amidos são glucanos composto por dois componentes principais: amilose e amilopectina. A amilose, que representa entre 20-30% do amido, é constituída por moléculas lineares de glicose unidas por ligações  $\alpha$  (1-4). A amilopectina, compondo 70-80% do amido, é formada por moléculas ramificadas, onde ligações  $\alpha$  (1-6) conectam as unidades de ramificação à cadeia linear de glicose  $\alpha$  (1-4). Essas ramificações ocorrem com uma frequência de cerca de 5 a 6%, variando conforme a origem botânica do amido. Esta estrutura confere ao amido sua característica hidrofílica, ou afinidade pela água (BULÉON *et al.*, 1998; SVIHUS *et al.*, 2005).

O amido é um biopolímero semicristalino, com grupamentos redutores voltados para o centro dos grânulos (hilo) (Figura 03), atuando como reservatório de carboidratos em muitas plantas, incluindo sementes, tubérculos e cereais. Além disso, destaca-se por sua excelente condutividade térmica e propriedades biodegradáveis (DENARDIN; SILVA, 2009; BEMILLER *et al.*, 2018; NAVARRO *et al.*, 2019; DAMODARAN; PARKIN, 2019).

**Figura 3** - Representação gráfica do grânulo de amido, da região cristalina e diferenças entre amilose e alimopectina.



Fonte: adaptado de Bemiller *et al.*, (2019); Damodaran; Parkin, (2019); Denardin; Silva, (2009).

Um ponto crucial sobre as características da crueira, rica em amido, é compreender as propriedades físico-químicas que influenciam o comportamento dos

grânulos de amido, que possuem regiões cristalinas e amorfas, com uma transição gradual entre elas. A região cristalina é formada por cadeias laterais da amilopectina, enquanto os pontos de ramificação e a amilose são os principais componentes das regiões amorfas (PARKER; RING, 2001). A gelatinização do amido, iniciada nas regiões amorfas devido à menor organização estrutural (LUND; LORENZ, 1984) é um processo irreversível facilitado pela penetração da água, calor, atrito e tempo. Quando exposto a temperaturas entre 50 e 80°C, o grânulo de amido absorve água, dissolve amilose e aumenta de tamanho, levando à liberação de amilose na fase aquosa (DENARDIN *et al.*, 2009).

As propriedades de gelatinização do amido estão relacionadas à proporção de amilose e amilopectina, tipo de cristalinidade, tamanho e estrutura dos grânulos (LINDEBOOM; CHANG; TYLER, 2004). A formação de géis durante a gelatinização aumenta a viscosidade da massa de amido (viscosidade de setback) produzindo um sistema viscoelástico opaco. A retrogradação ocorre durante o resfriamento do amido gelatinizado, resultando no reagrupamento das moléculas de hidrogênio e recristalização da estrutura (LAJOLO; MENEZES, 2006). A elevação da viscosidade durante a gelatinização desempenha um papel fundamental na digestão do amido e pode melhorar a qualidade física de rações processadas, promovendo melhor coesão e agregamento entre as partículas da ração (SVIHUS *et al.*, 2005). Os efeitos mais significativos da retrogradação são notados na textura, aceitação e digestibilidade dos alimentos que contêm amido.

O uso dos subprodutos da indústria da mandioca é comum na nutrição de ruminantes, desempenhando um papel fundamental na produção animal, principalmente em sistemas de criação extensivos, devido a sua fácil disponibilidade e por ser uma fonte rica em energia e por consequência pode substituir o uso de grãos. A crueira por suas características apresentadas possui propriedade que podem desempenhar papel significativo na aglutinação e formação dos péletes de sisal.

## **2.9 Qualidade microbiológica dos péletes**

A homogeneização dos ingredientes da mistura da ração a ser obtida é um processo que requer monitoramento constante e cuidadoso, quando falamos da qualidade do material a ser utilizado. Todos os processos desde a obtenção dos

ingredientes, o transporte e armazenamento da ração, resultam concomitantemente na qualidade final do produto a ser preparado, devendo se evitar possíveis contaminantes na alimentação e por sequência nos animais de produção (LAZZARI, 1997). Pode haver contaminação em rações secas por diversos agentes microbiológicos, como fungos, bactérias mesófilas, Coliformes Fecais, *Salmonella* sp. dentre outros (LAMBERTINI *et al.*, 2016). A crescente valorização da relação entre seres humanos e animais tem gerado maior atenção em relação ao bem-estar dos animais, bem como à qualidade dos alimentos e a segurança alimentar dos animais (GAZZOTTI *et al.*, 2015).

Diversos fatores influenciam o desenvolvimento de fungos e outros microrganismos indesejáveis em alimentos, incluindo temperatura elevada, alta umidade e as condições de armazenamento, incluindo as embalagens. As forragens estão susceptíveis à contaminação durante seu cultivo no campo e também durante o armazenamento, sendo influenciadas por diversas espécies de fungos micotoxigênicos (GALLO *et al.*, 2015). Esse processo não apenas aumenta, mas também diversifica o risco de exposição às micotoxinas.

Micotoxinas são metabólitos secundários de natureza tóxica, produzidos por fungos, e que causam doenças em humanos e animais. Essas substâncias são sintetizadas por meio de reações enzimáticas consecutivas quando há acúmulo de metabólitos primários, por diversos fungos filamentosos durante seu crescimento com condições ideais de temperaturas (SERRANO-COLL; CARDONA-CASTRO, 2015). Alimentos contaminados por micotoxinas têm o potencial de causar sintomas agudos nos animais, caracterizados por danos de percepção rápida, que podem resultar em efeitos irreversíveis e até levar à morte do animal. Além disso, podem ocorrer sintomas subagudos, decorrentes de exposição a doses menores, provocando distúrbios alimentares, redução da eficiência produtiva e comprometimento da imunidade dos animais (MURPHY *et al.*, 2006; SHEPHARD, 2008). As principais micotoxinas presentes na alimentação animal podem ser divididas em três grupos: as aflatoxinas (AFLA), produzidas por fungos do gênero *Aspergillus* como *A. flavus* e *A. parasiticus*; as ocratoxinas (OTA), produzidas pelo *A. ochraceus* e diversas espécies do gênero *Penicillium* e as fusariotoxinas, que possuem como principais representantes os tricotecenos (TCT) (também faz parte o deoxynivalenol – Don), a zearalenona (ZEA) e as fumonisinas (FUM), produzidas por diversas espécies do gênero *Fusarium* (HUSSEIN; BRASEL, 2001; ZHAO *et al.*,

2015).

A ocorrência significativa de microrganismos mesófilos em grande quantidade em alimentos pode indicar uma deficiente qualidade higiênica da matéria-prima. Isso pode ser atribuído a processos tecnológicos inadequados, manipulação higiênica incorreta ou armazenamento em condições impróprias (BRASIL, 1990). Coliformes são bactérias classificadas como diarreiogênicas que causam infecção intestinal tanto nos homens como nos animais, principalmente em bezerros neonatos (PIANTA, 1993; SOUZA *et al.*, 2008).

### **3.0 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Avaliar a viabilidade da produção e conservação de péletes de mucilagem de sisal desidratado, utilizando como aglutinante a crueira de mandioca.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

1. Determinar a melhor combinação de agente aglutinante e mucilagem desidratada de sisal para a formação de péletes para a alimentação de ruminantes;
2. Determinar a resistência a impactos e transporte dos péletes produzidos;
3. Avaliar a qualidade nutricional dos péletes produzidos;
4. Avaliar a qualidade microbiológica e o tempo de prateleira dos péletes produzidos.

## 4.0 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Local

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Microbiologia Agrícola, Laboratório de Análises Bromatológicas (LABRO) e Laboratório de Nutrição e Comportamento Alimentar de Peixes (AQUA) do Centro de Ciências Agrárias Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) em Cruz das Almas, Bahia.

### 4.2 Aquisição dos Materiais

Para a produção dos péletes volumosos foi utilizado o resíduo de sisal conhecido como mucilagem, obtido no campo, após o desfibramento das folhas de sisal, seguido de secagem ao sol e peneiramento com peneira rotativa, no município de Valente, Bahia, no período de janeiro de 2024. A crueira foi obtida em uma casa de farinha de mandioca, em Cruz das Almas, Bahia no período de fevereiro de 2024.

### 4.3 Formulações e Modelo Estatístico

Foram utilizadas as formulações descritas na Tabela 04.

**Tabela 4** - Combinações das formulações de mucilagem de sisal e crueira.

Fomulações	crueira (%)	mucilagem de sisal (%)
T1	0	100
T2	5	95
T3	10	90
T4	15	85
T5	20	80
T6	25	75

O experimento foi realizado com delineamento inteiramente casualizado (DIC), 6 tratamentos e 3 repetições, totalizando 18 parcelas experimentais. O modelo estatístico utilizado foi expresso da seguinte forma:

$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$ , em que:

$Y_{ij}$  é a observação referente ao tratamento  $i$  e repetição  $j$ .

$\mu$  é a média geral.

$\alpha_i$  é o efeito do  $i$ -ésimo tratamento ( $i = 1$  a  $6$ ).

$\epsilon_{ij}$  é o erro experimental associado à observação  $ij$ .

As médias dos tratamentos foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. As análises foram realizadas com o programa estatístico R (R Core Team, 2024).

#### **4.4 Processo de Formação dos Péletes de Mucilagem de Sisal Desidratada**

Os teores de matéria seca (MS) (método 967.03) da mucilagem de sisal e da crueira foram determinados após secagem das amostras em estufa de ventilação forçada a 55-60°C por 72h, conforme a metodologia descrita no AOAC (2019), estabelecendo o parâmetro de qualidade e uniformidade com o teor de matéria seca acima de 80%. Posteriormente, o material foi acondicionado em sacos plásticos, sendo vedados e abertos somente no dia da preparação dos péletes. No laboratório de Bromatologia (LABRO) da UFRB, em moinho de facas tipo “Willey” com peneira de 2,0 mm de malha, as amostras da crueira foram trituradas para a obtenção de partículas homogêneas. A mucilagem seca de sisal foi mantida com o mesmo tamanho de partículas provenientes das amostras de campo, entre 0,5 e 2 cm.

Os péletes foram produzidos conforme a metodologia descrita por TABIL e SOKHANSANJ, (1996). O processo de produção dos péletes de sisal envolveu a umidificação da mucilagem de sisal desidratada, cujas partículas variaram de ,0,5 a 2,0 cm, com a adição de crueira de mandioca moída em peneira de 2 mm, utilizada como aglutinante. Após a pesagem, os ingredientes foram homogeneizados em bandejas plásticas, totalizando 1 kg de material a ser peletizado, por cada formulação. Adicionou-se 1 litro de água aquecida entre 90 e 100°C para promover a aglutinação do material vegetal. A mistura resultante formou um torrão ao ser comprimida, sem liberar água. Em seguida, a mistura foi processada em uma prensa elétrica, equipado com uma matriz de furos de 10 mm, para a formação dos péletes (Figuras 04 C e D).

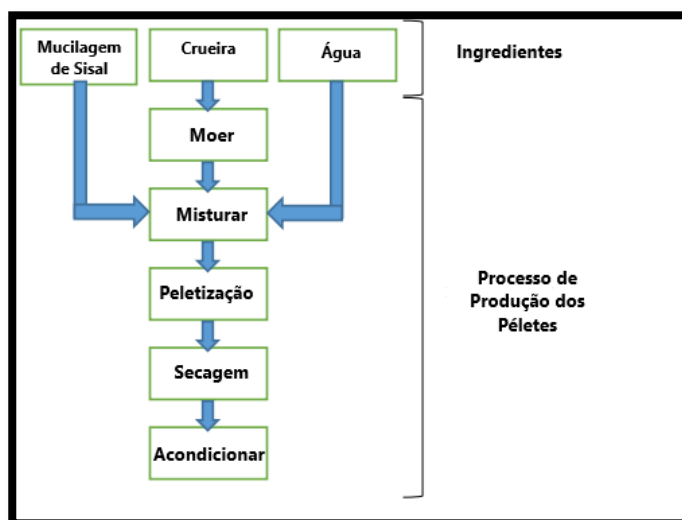
**Figura 4** - Processo de produção dos péletes. (A) Aglutinação da mucilagem desidratada com água fervente; (B) Elaboração da massa de mucilagem de sisal desidratada com aglutinante de crueira e (C e D) Peletização de mucilagem desidratada com aglutinante crueira de mandioca peletizada em prensa elétrica.



Autora: Jessica Rosa da Silva

Após a peletização, os péletes foram transferidos para bandejas de plásticos e secos em estufa de ventilação forçada a 55-60°C, até a secagem completa. Os péletes secos foram embalados em sacos de polipropileno descartáveis e selados para evitar contaminação microbiana conforme o esquema da figura 5.

**Figura 5** - Esquema de peletização da mucilagem de sisal com aglutinante crueira.



Autora: Jessica Rosa da Silva

## 5.0 Índice de Durabilidade do Pélete (PDI)

Para determinação do PDI utilizou-se a metodologia de Holmen, descrita por WINOWISKI (1995), com adaptação. Esse método é baseado na agitação física e mecânica dos péletes em contato com jatos de ar comprimido. Para cada formulação e em triplicata, uma amostra de 100 g do peléte produzido foi colocada numa garrafa de poli tereftalato de etileno (PET) de 1 litro, com a base cortada e esta foi vedada com um saco de plástico (Figura 06 A). Jatos de ar comprimidos a 50 psi foram injetados dentro da garrafa, com uma mangueira, para causar fricção durante 60 segundos (Figuras 06 B). Esse processo foi realizado 10 vezes, para testar a qualidade física dos péletes e a sua durabilidade.

**Figura 6** - (A) Análises de Durabilidade dos péletes (PDI); (B) Compressor de ar com pressão de 50 psi para realização do PDI.



Autora: Jessica Rosa da Silva

Para a obtenção do PDI, os péletes inteiros que resistiram à fricção física foram desconsiderados e o pó ou péletes desintegrados chamados de finos, foram coletados e pesados e uma média aritmética foi expressa da relação do material íntegro e os finos, obtidos para cada formulação estudada.

O índice de durabilidade do pélete foi calculado utilizando-se a seguinte

$$\text{fórmula: PDI} = \frac{\text{Peso dos péletes pós-teste}}{\text{Peso dos péletes pré-teste}} \times 100$$

## 6.0 Análises Químicas

Após a secagem, amostras dos péletes foram trituradas em moinho tipo Willey com peneira de 1mm de malha e armazenadas em vasilhas descartáveis de polietileno com tampa, para as análises bromatológicas. Em triplicata, foram determinados os teores de matéria seca (MS) (método 967.03), matéria mineral (MM) (método 942.05), extrato etéreo (EE) (método 920.29), conforme a metodologia descrita no AOAC (2019). Para fibra em detergente neutro (FDN) foi utilizada a metodologia de Van Soest *et al.*, (1991) modificada para sacos de filtro não tecido (SENGER *et al.*, 2008). Para análise de FDN foi adicionado de amilase termoestável (Sigma A3306;Sigma-Aldrich, Steinheim, Alemanha). O teor de hemicelulose (HEM) foi obtido, enquanto o teor de celulose foi determinado pela subtração da lignina (LIG). A lignina (LIG) foi determinada pelo tratamento do

resíduo da fibra com ácido sulfúrico a 72%. Os cálculos foram realizados por meio de análises sequenciais na mesma amostra.

As análises de proteína bruta (PB) (método 981.10) foram realizadas em empresa especializada, e o teor de proteína bruta (PB) foi calculado com base no teor de nitrogênio multiplicado pelo fator 6,25.

## **7.0 Análises dos parâmetros de qualidade microbiológica**

As análises microbiológicas foram feitas em triplicata e em diferentes períodos de tempo após a produção dos péletes. A primeira análise foi realizada sete dias após a fabricação dos péletes e a segunda foi realizada com 90 dias após a fabricação, com o objetivo de verificar a qualidade microbiológica dos péletes após armazenamento. As amostras dos péletes, conservados em sacos de plástico selados, foram pesadas para a realização das análises microbiológicas, com a adaptação dos protocolos de Silva *et al.*, (2010).

### **7.1 Contagem padrão de microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis**

Para a contagem de bactérias heterotróficas mesófilas aeróbias foi realizado o plaqueamento em profundidade de 1 mL das diluições  $10^{-1}$  a  $10^{-4}$ , utilizando Ágar Padrão para Contagem (PCA) em placas de Petri esterilizadas, em duplicata. As placas foram incubadas em estufa bacteriológica a 35°C por 48h. A leitura foi realizada com um contador de colônias, selecionando as placas que continham entre 30 a 300 colônias e foi calculado o número de Unidades Formadoras de Colônias – UFC/g de acordo com a diluição usada para a contagem das colônias.

### **7.2 Contagem de bolores e leveduras**

Para a contagem de bolores e leveduras foi realizado o plaqueamento em superfície usando 0,1 mL das diluições  $10^{-1}$  a  $10^{-3}$ , em placas de Petri contendo Ágar Sabouraud Dextrose com 9 mL/L de cloranfenicol. Em seguida, as placas foram incubadas a 35°C durante 48h, ao fim do qual a leitura foi realizada. A contagem ocorreu nas placas que tiveram crescimento de colônias de bolores e leveduras.

### 7.3 Contagem de coliformes a 35 °C e coliformes a 45 °C

A contagem de coliformes a 35°C e a 45°C foi realizada por meio da estimativa do número mais provável (NMP), usando a técnica de fermentação de tubos múltiplos e a tabela de Hoskins. A análise de coliformes foi realizada em três etapas distintas: prova presuntiva, prova confirmatória e prova bioquímica. Na prova presuntiva, alíquotas de 1 mL das diluições  $10^{-1}$  a  $10^{-3}$  foram inoculadas em 10 mL de Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) contendo tubos de Durham invertidos e incubados por 48 horas a 34°C. O resultado positivo foi confirmado através da formação de gás nos tubos de Durham e turvação do meio. Após esse período, um inóculo dos tubos positivos foi transferido para tubos contendo caldo bile verde brilhante (CBVB) para os coliformes a 35°C e caldo EC para os coliformes a 45°C. Os tubos de CBVB foram incubados por 48 h a 35°C e os tubos de EC foram incubados por 24-48 h em banho-maria a 44,5°C. A positividade das provas foi verificada através da turvação do meio e formação de gás nos tubos de Durham. Posteriormente, alíquotas dos tubos com EC e CBVB positivos foram estriadas, usando uma alça de níquel cromo no meio sólido Ágar Eosina Azul de Metileno (EMB), que é um meio seletivo diferencial para distinguir *Escherichia coli* dos demais coliformes termotolerantes. As placas foram incubadas a 35°C por 24 h. As colônias características de *E. coli* foram isoladas e submetidas aos testes bioquímicos IMViC: Indol, VM (Vermelho de Metila), VP (Voges-Proskauer) e Citrato de Simmons. Os resultados foram expressos em número mais provável por grama (NMP / g).

### 7.4 Análise para *Salmonella* spp.

Para a análise de *Salmonella* spp., inicialmente foi realizado um pré-enriquecimento usando 25g da amostra em 225mL de água peptonada tamponada e incubado a 35°C por 24h. Após o período de incubação, foi realizado o enriquecimento seletivo. Uma alíquota de 1 mL foi transferida para 10 mL de caldo Tetrionato (TT) com adição de 0,2 mL da solução de iodo e 0,1 mL de solução verde brilhante, e incubados a 35°C por 24h. Uma alíquota de 0,1 mL também foi transferida para 10 mL de caldo Rappaport-Vassiliadis (RV) incubados a 42,5°C por 24h. Em seguida, o inóculo de cada tubo foi semeado pela técnica de esgotamento

em placas contendo Agar MacConkey (colônias de coloração transparente) e Agar *Salmonella Shigella* (colônias de cor transparente ou com centro negro) e incubadas a 35°C por 24h. As colônias com características típicas de *Salmonella* foram submetidas às provas bioquímicas em Agar Tríplice Açúcar Ferro, Agar Lisina Ferro, Agar Citrato de Simmons, caldo uréia, caldo malonato e indol.

## **8.0 RESULTADOS**

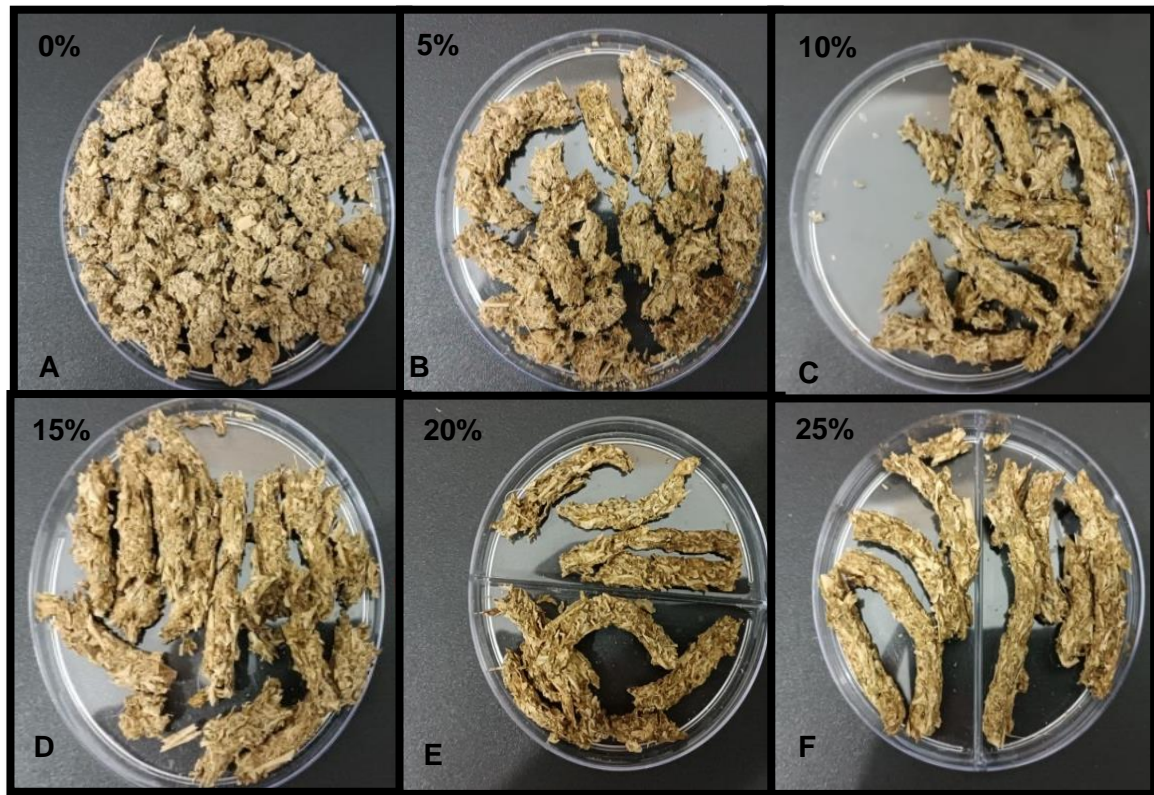
### **8.1 Elaboração dos péletes de mucilagem de sisal desidratada**

O pré-processamento da mistura a ser peletizada é uma etapa crucial, pois a combinação da crueira com as partículas de mucilagem de sisal desidratada garante a coesão e a formação adequada dos péletes. Foi observado que, quando a proporção de crueira excedia 5% formava-se uma pasta viscoelástica que unia as partículas da mucilagem desidratada de sisal. Além disso, quanto maior a quantidade de crueira na mistura, mais fácil era o deslizamento da massa no prensa elétrica, devido às suas propriedades elásticas, que também atuavam como um lubrificante natural para o equipamento.

Todas as formulações com o aglutinante resultaram na formação adequada dos péletes. Por outro lado, a formulação com apenas mucilagem de sisal desidratada (100%) apresentou problemas no processo de peletização, com a mistura desintegrando-se ao sair da prensa, o que não foi observado nas demais formulações que incluíam crueira. No entanto, foi observado que a formação dos péletes não garante necessariamente sua coesão final. Fisicamente, a formulação com 5% de crueira apresentou maior porosidade em comparação com a formulação com 25%, que não apresentava rachaduras após a secagem em estufa.

Nos péletes de mucilagem de sisal com crueira a retrogradação do amido que facilita a secagem do material na estufa de ventilação forçada, com a expulsão de água e a reestruturação no que se refere à coesão final do pélete como demonstrado na Figura 07.

**Figura 7-** Péletes de mucilagem de sisal preparadas com diferentes proporções de crueira.



Autora: Jessica Rosa da Silva

A crueira, oriunda de doação de pequenos produtores do Município de Cruz das Almas, apresentou variações na qualidade física, havendo a necessidade de sua padronização (Figuras 08 A, B e C).

**Figura 8-** Variações de granulometria observadas em amostras de crueira doadas por produtores de mandioca do Município de Cruz das Almas. (A) Padronização da granulometria da crueira com peneira de 2mm (B). Granulometria final utilizada para aglutinação dos péletes de mucilagem de sisal desidratada (C).



Autora: Jessica Rosa da Silva

No processo de peletização de mucilagem de sisal, a moagem da crueira desempenha um papel fundamental, pois a redução do tamanho das partículas da crueira melhora a agregação das partículas de sisal.

## 8.2 Index de Durabilidade do Pélete (PDI)

Dentre os indicadores de qualidade relacionados à fabricação de rações concentradas para animais, destaca-se o PDI. Esse índice é um parâmetro de análise física que mede a quantidade de péletes recuperados após serem submetidos a agitação mecânica ou pneumática, simulando o transporte e manuseio em condições normais dentro da fábrica. A Tabela 05 apresenta os valores médios de PDI para as diferentes proporções de mucilagem de sisal e crueira.

**Tabela 5** - Valores médios do teste para índice de durabilidade dos peletes produzidos com diferentes proporções de mucilagem de sisal e de crueira como agente aglutinante.

Fomulações	PDI
75% sisal e 25% crueira	92,53 a
80% sisal e 20% crueira	90,00 a
85% sisal e 15% crueira	51,83 b
90% sisal e 10% crueira	34,51 c
95% sisal e 5% crueira	24,41 d
100% sisal	1,7 e
EMP <sup>1</sup> - Erro Médio Padrão	14,48

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

As diferentes proporções de mucilagem desidratada de sisal e crueira influenciaram significativamente o PDI ( $p < 0,05$ ). A formulação com 75% sisal e 25% crueira apresentou o maior valor de PDI (92,53%), seguido pela formulação com 80% sisal e 20% crueira (90,00%), indicando a importância da crueira de mandioca como agente aglutinante. O pré-tratamento (moagem) da crueira, antes da hidrólise com água fervente, é fundamental para aumentar a área de superfície, facilitando a

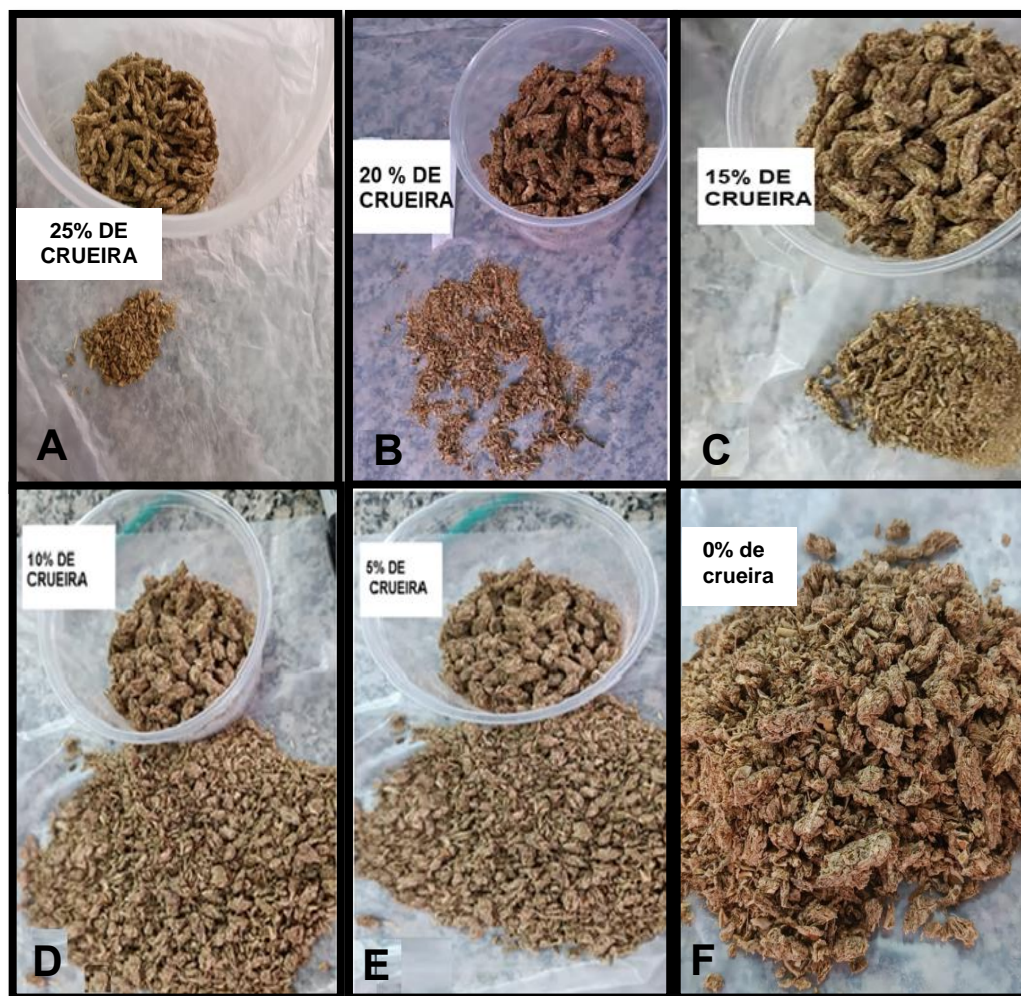
gelatinização dos grânulos de amido. Isso promove uma maior acessibilidade às cadeias de amilose e amilopectina.

Na formulação composta exclusivamente por sisal formaram-se péletes na prensa elétrica. Contudo, esses péletes sem crueira, apenas com a mucilagem desidratada do sisal, desintegravam-se facilmente ao serem manipulados. Quando secos em estufa, esses péletes desmoronavam rapidamente ao toque. A média observada para a produção de finos na formulação sem crueira foi de 98,41 g em relação ao peso final remanescente e intacto. Devido a esses valores e características, não foi possível classificar como péletes esse material produzido, devido à sua tendência à desintegração. Esse produto apresentou um PDI muito baixo, cerca de 1,7%, indicando que este tipo de volumoso não pode ser peletizado sem a adição de um aglutinante. A crueira desempenha um papel crucial na formação dos péletes, garantindo a sua durabilidade. A produção de finos variou consideravelmente entre as formulações, os péletes produzidos com 25% crueira e 75% sisal obtiveram 7,47 gramas de finos totais.

Os péletes que apresentaram os melhores aspectos físicos e visuais foram os das figuras 09 A e B, que continham 75% sisal e 25% crueira, 80% sisal e 20% crueira, respectivamente. Esses péletes eram robustos ao toque, sem rachaduras, possuíam uma textura firme e crocante, com uma baixa porcentagem de finos e um alto PDI. Esses péletes apresentaram características industriais. Entretanto, as formulações com 85% sisal e 15% crueira, 90% sisal e 10% crueira, 95% sisal e 5%, 100% sisal formaram péletes que não agregaram depois do teste de PDI (Figuras 09 C, D, E e F). Embora tivessem formado péletes, não foi um resultado viável para fabricação em prensa elétrica com essas proporções mais baixas do aglutinante crueira.

Os principais fatores que contribuíram para a falta de coesão dos péletes com menores níveis de crueira foram à formulação da dieta e as especificações gerais da matriz da prensa. O tamanho escolhido para a fabricação dos péletes de sisal foi de 10 mm, mas talvez uma matriz com maior milimetragem pudesse ser mais adequada para o tamanho de partícula da mucilagem de sisal desidratada.

**Figura 9** - Finos dos péletes de mucilagem de sisal desidratada com adição de diferentes proporções de crueira.



Autora: Jessica Rosa da Silva

### **8.3 Composição bromatológica dos péletes de mucilagem de sisal desidratado com aglutinante crueira.**

Em relação à bromatologia dos ingredientes e das formulações dos péletes, os resultados estão descritos na tabela 6.

**Tabela 6**-Ingredientes (mucilagem de sisal desidratada e crueira farinha de varredura de casas de farinha) e suas proporções na formulação dos peletes Componentes analisados na composição dos materiais. Valores expressos em gramas por quilograma (g/kg) de seca.

Itens k/kg <sup>2</sup>	100% Crueira	100% Sisal	Proporção (%) de crueira e sisal na formulação dos péletes					EMP <sup>1</sup>	P-valor
			5/95	10/90	15/90	20/80	25/75		
MS	829,4 c	834,7 c	833,1 c	837,7 b	841,2 b	863,3 a	828,3 c	0,2585	< 0,05
MM	17,8 e	129,7 b	142,7 a	129,2 b	131,1 b	125,6 c	120,9 d	0,8887	< 0,05
EE	2,5 b	8,8 a	7,9 a	10,0 a	9,7 a	9,5 a	7,4 a	0,0596	< 0,05
FDN	43,0 e	303,2 a	272,7 b	236,8 c	214,8 d	203,5 d	191,0 d	1,7429	< 0,05
LIG	2,7 e	66,2 a	6,71 a	58,9 b	60,8 b	53,8 c	48,2 d	0,4643	< 0,05
HEMI	148,0 a	129,0 a	107,0 b	100,4 b	83,2 c	80,1 c	76,1 c	0,6088	< 0,05
CEL	188,2 a	107,9 b	98,5 b	77,4 c	70,7 c	69,5 c	66,6 c	0,9053	< 0,05
PB	20,4 b	39,8 a	35,8 a	35,6 a	37,4 a	36,4 a	36,0 a	0,1523	< 0,05

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

<sup>1</sup>EMP - Erro Médio Padrão.

<sup>2</sup>Valores expressos em gramas por quilograma (g/kg) de matéria seca.

A matéria seca dos péletes variou entre 828,3 e 863,3 g/kg. A formulação 20% crueira e 80% sisal apresentando o maior valor (863,3 g/kg) da MS. As diferenças foram significativas ( $p < 0,05$ ). A mucilagem de sisal desidratada apresentou um teor de matéria seca de 834,7g/kg da MS. A inclusão de crueira influenciou significativamente os teores de matéria seca dos péletes, sendo que a dição de crueira, até determinado ponto, elevou o teor de MS, provavelmente devido às suas características físicas.

Os peletes com maior proporção de crueira apresentaram coesão e rigidez. O diametro da matriz da prensa de peletização pode ter influenciado nos teores de materia seca, pois sua milimetragem é muito grossa em relação ao tempo de secagem em estufa de ventilação forçada. Foi utilizada estufa de ventilação forçada a 55°C por 72h para a secagem dos péletes e a matriz de 10 mm na prensa elétrica, sendo talvez necessário mais tempo de secagem para atingir os niveis de matéria seca de péletes de ração animal. O teor de materia seca não influenciou a qualidade do pélete, sendo o fator determinatete para a qualidade física do produto final, ai proporção de crueira na formulação dos péletes. Quanto maior a proporção do aglutinante crueira melhor eram os pélete.

Para matéria mineral, o ingrediente 100% crueira apresentou o menor valor de materia mineral 17,8 g/kg da MS ( $p < 0,05$ ). Os péletes com formulação 5% de crueira e 95% sisal apresentaram o maior teor de matéria mineral 142,7g/kg da MS, seguido pelos péletes com elevadas proporções de sisal, com fomulação 100% sisal apresentando 129,7g/kg da MS de MM. Nos péletes com PDI dentro dos limites de qualidade industrial, o teor de matéria mineral foi 120,9 g/kg da MS para a formulação com 75% de sisal e 25% de crueira, seguido do pélete formulados com 80% de sisal e 20% de crueira, com 125,6g/kg da MS de MM. Estes resultados indicam que o teor de MM diminui com o aumento na proporção de crueira na formulação.

Para o extrato etéreo (EE) ( $p < 0,05$ ), os péletes formulados com 10% de crueira e 90% sisal apresentaram um teor mais alto, de 10,0g/kg, em comparação a crueira, a qual apresentou 2,5 g/kg da MS. Nos péletes produzidos com a formulação 25% de crueira e 75% de sisal, os quais apresentaram o melhor valor de PDI, o peso de EE foi 7,4g/kg da MS. Os péletes formulados com apenas 20% de crueira e 80% de sisal apresentaram valores maiores de extrato etéreo, 9,5%g/kg da MS. Os valores para extrato etéreo variaram entre as formulações dos péletes,

entretanto essa diferença não foi estatisticamente significativa.

Os teores de Fibra em Detergente Neutro (FDN) apresentaram variação significativa entre as formulações ( $p < 0,05$ ). O pélete formulado com 100% de sisal destacou-se com o maior teor de FDN 303,2 g/kg da MS, indicando um elevado conteúdo de fibra. Por outro lado, ingrediente com 100% de crueira apresentou o menor valor de FDN 43,0g/kg da MS, evidenciando a baixa contribuição dessa matéria-prima para o teor de fibra total. Entretanto, as formulações com 15% de crueira e 85% de sisal 214,8g/kg e 20% de crueira e 80% de sisal 203,5g/kg

O menor teor de lignina ( $p < 0,05$ ) foi observado no ingrediente utilizado como aglutinante, a crueira de mandioca, com 2,7g/kg da MS de conteúdo de lignina, enquanto nos péletes com sisal os valores variaram de acordo com a quantidade de crueira utilizada. Nos péletes que atingiram o melhor valor de PDI (20% de crueira e 80% sisal), o valor de lignina foi 53,8g/kg da MS e nos péletes com 25% de crueira e 75% sisal foi 48,2g/kg da MS. A contribuição da crueira como agente redutor de lignina foi observado neste estudo.

O aglutinante crueira apresentou o conteúdo de hemicelulose de 148,0g/kg da MS ( $p < 0,05$ ), enquanto o pélete com 100% sisal apresentou 129,0g/kg da MS. Entre as formulações analisadas e possíveis para obtenção de péletes em prensa elétricatraca, a formulação com o melhor PDI, composta por 20% de crueira e 80% de sisal, apresentou um valor de hemicelulose de 80,1g/kg. Os péletes com formulação de 25% de crueira e 75% de sisal apresentaram 76,1g/kg de hemicelulose. A crueira é claramente a principal fonte de celulose (CEL) nas formulações ( $p < 0,05$ ), como evidenciado pelo valor mais alto 148,0 g/kg, quando avaliada separadamente das formulações.

Para proteína bruta (PB) ( $p < 0,05$ ), os péletes formulados com 100% de sisal apresentaram o maior valor de proteína bruta 39,8g/kg, seguido dos péletes com as altas proporções de sisal. O ingrediente aglutinante crueira 100% teve o menor valor de proteína bruta 20,4g/kg MS. Os péletes que se enquadraram no PDI, formulados com 20% de crueira e 80% de sisal, apresentaram o valor de PB de 36,4g/kg MS. Proteína bruta é um importante indicador do valor nutricional, especialmente em dietas para animais.

Para aumentar os níveis de proteína bruta dos péletes pode se substituir o aglutinante crueira por fontes de amido mais proteicas como o milho e o sorgo, elevando de maneira natural os níveis de proteína bruta dos péletes fabricados.

#### 8.4 Análises microbiológicas dos péletes de mucilagem sisal desidratada e crueira

Bactérias mesofílicas heterotróficas estavam presentes em todas as amostras de crueira e péletes estudados nas diluições entre  $10^{-1}$  e  $10^{-4}$ , com uma contagem máxima de  $2,6 \times 10^4$  UFC/g. Além disso, os péletes contendo diferentes proporções de crueira também apresentaram contaminação por bactérias mesófilas, em todas as formulações (Tabela 07).

**Tabela 7** - Contagem de bactérias mesófilas, bolores, leveduras, coliformes a 35° C, coliformes a 45°C e Salmonella sp. em amostras de Crueira mandioca, e péletes de sisal com adição de crueira aos sete dias.

Tempo de armazenamento (7 dias)	Mesófilos (UFC/g) MÉD	Bolores e leveduras (UFC/g)	Coliformes a 35°C (NMP/g)	Coliformes a 45°C (NMP/g)	Salmonella spp
Crueira (C)	1,5x10 <sup>4</sup> b	N D	N D	N D	N D
Sisal (S)	1,0x10 <sup>4</sup> c	N D	N D	N D	N D
95% S + 5% C	0,6x10 <sup>4</sup> d	N D	N D	N D	N D
90% S + 10% C	1,0x10 <sup>4</sup> c	N D	N D	N D	N D
85% S + 15% C	2,1x10 <sup>4</sup> a	N D	N D	N D	N D
80% S + 20% C	2,3x10 <sup>4</sup> a	N D	N D	N D	N D
75% S + 25% C	2,6x10 <sup>4</sup> a	N D	N D	N D	N D

E.M.P<sup>1</sup> - Erro Médio Padrão 7,56<sup>1</sup>

Médias seguidas pela mesma letra nas colunas pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância.

A Tabela 7 apresenta os resultados da análise microbiológica das amostras dos péletes de mucilagem de sisal desidratada com crueira e do aglutinante crueira, após 7 dias de armazenamento. A contagem de microrganismos mesófilos variou ( $p < 0,05$ ) entre as diferentes formulações. O ingrediente aglutinante crueira (C) apresentou uma contagem de  $1,5 \times 10^4$  UFC/g, enquanto o sisal (S) apresentou  $1,0 \times 10^4$  UFC/g. Nas formulações observou-se um aumento progressivo na contagem de mesófilos à medida que a proporção de crueira aumentava. A mistura com 75% de sisal e 25% de crueira (75% S + 25% C) apresentou a maior contagem de mesófilos ( $2,6 \times 10^4$  UFC/g), indicando que a adição de crueira pode favorecer o

crescimento microbiano durante o armazenamento.

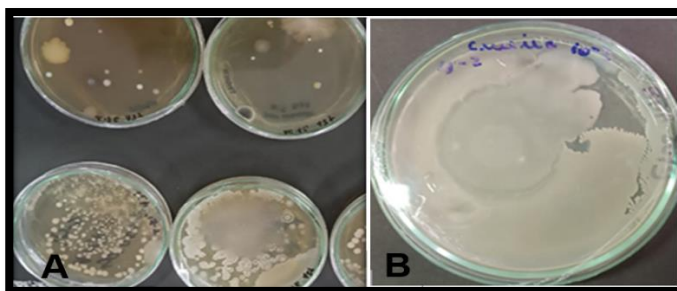
Em relação aos bolores e leveduras, coliformes totais a 35°C, coliformes termotolerantes a 45°C e a presença de *Salmonella sp.*, esses microrganismos não foram detectados nas amostras dos péletes após armazenamento, demonstrando que não houve contaminação por esses microrganismos durante o período de armazenamento avaliado. Esse resultado é relevante, pois a ausência de coliformes e *Salmonella spp.* indica que as amostras estão dentro dos padrões microbiológicos aceitáveis para uso seguro.

A crueira incorporada à formulação dos péletes pode influenciar a carga microbiana das rações, especialmente no que diz respeito às bactérias mesófilas. A variação na quantidade de bactérias mesofílicas nas diferentes formulações pode estar relacionada às propriedades físico-químicas do sisal e da crueira e o manuseio desses ingredientes, na origem. A ausência de crescimento de outros microrganismos, como bolores, leveduras e coliformes, indica que, apesar da presença de bactérias mesófilas, as condições higiênico-sanitárias das rações peletizadas foram adequadas.

Essas observações são importantes para a formulação de rações, pois a carga microbiana pode influenciar a qualidade e a segurança dos produtos finais. A escolha dos ingredientes deve considerar não apenas os aspectos nutricionais, mas também os microbiológicos, garantindo que a ração ofereça o melhor desempenho possível sem comprometer a saúde dos animais.

A figura 10 ilustra a contaminação por organismos mesófilos nas amostras de aglutinante, nota-se a formações de colônias em todas as amostras analisadas.

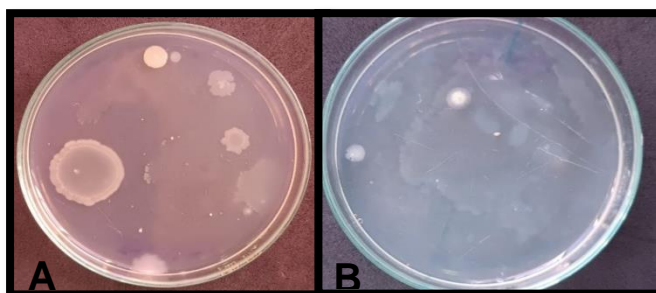
**Figura 10** - Presença de bactérias mesófilas nos péletes de mucilagem de sisal desidratado (A). Contaminação por organismos mesófilos na amostra do aglutinante de Crureira (B).



Autora: Jessica Rosa da Silva

Após noventa dias da fabricação dos péletes, realizaram-se novamente as análises microbiológicas para bactérias mesofílicas heterotróficas, avaliando os ingredientes utilizados na produção e os péletes formulados. Os valores de contagem de bactérias mesofílicas heterotróficas nos péletes de sisal permaneceram baixos. A formulação com 100% sisal, 95% sisal e 5% crueira, 90% sisal e 10% crueira e 85% sisal e 15% crueira, a média obtida apresentada foi de (3 UFC/g) na diluição  $10^{-4}$ , enquanto na formulação 80% sisal e 20% crueira e 75% sisal e 25% crueira, a média foi de (5 UFC/g) na diluição  $10^{-4}$ . A figura 11 ilustra o crescimento microbiano observado nas amostras de péletes de sisal.

**Figura 11** - Contaminação por organismos mesófilos na amostra do pélete 25% de crueira, na diluição  $10^{-4}$  (A) e Unidades formadoras de colônia em amostra contendo 100% de sisal (B).



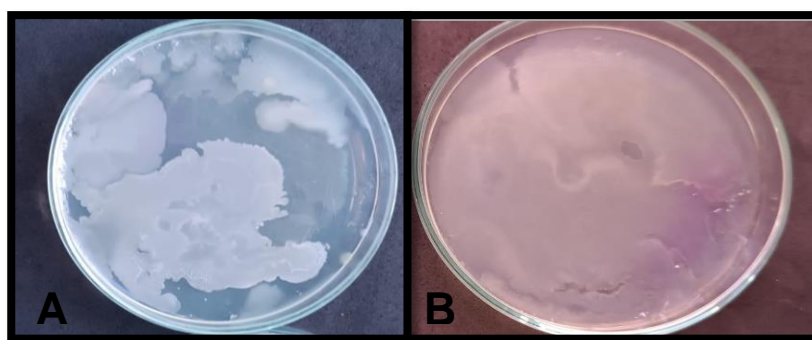
Autora: Jessica Rosa da Silva

Os valores registrados foram inferiores aos observados na primeira análise aos 7 dias de armazenamento dos péletes, indicando que a população de bactérias mesofílicas heterotróficas não cresceu ao longo do tempo e não causou deterioração

nos péletes. Houve aumento da contaminação na crueira. Entretanto, devido ao crescimento por toda a placa em todas as diluições, não foi possível contabilizá-la, demonstrando que este ingrediente é o agente que causa a contaminação por bactérias mesófilicas heterotróficas nos péletes, conforme ilustrado na Figura 12.

As amostras de crueira de mandioca mantiveram as características microbiológicas tanto no início quanto ao longo do armazenamento. O armazenamento por 90 dias não alterou os padrões microbiológicos das amostras, para coliformes totais e fecais, *Salmonella* spp., bolores e leveduras, mantendo-se sem contaminação.

**Figura 12** - Contaminação por organismos mesófilos na amostra de crueira, na diluição  $10^4$  (A), Unidades formadoras de colônia em amostra contendo 100% de crueira (B).



Fonte: Jessica Rosa da Silva

Os péletes de mucilagem desidratada de sisal com aglutinante de crueira apresentaram um teor de matéria seca acima de 80%, sendo assim considerados um alimento seco e com baixa atividade de água livre o que torna um ambiente inospício para o crescimento de microrganismos. Outro fato que podemos associar ao baixo crescimento de microrganismos é a natureza antimicrobiana do extrato de folhas de sisal. O suco extraído do sisal é rico em metabólicos secundários e a ação antimicrobiana é atribuída principalmente à presença de alcaloides, flavonoides, terpenos, taninos e saponinas na planta (DA SILVA CARNEIRO *et al.*, 2021).

## 9.0 DISCUSSÃO

De acordo com Klein (1996) e McKinney e Teeter (2004), a qualidade física de um pélete deve ser um fator crucial na sua produção, pois a baixa qualidade pode aumentar a quantidade de partículas desagregadas, fazendo com que os benefícios da peletização desapareçam em comparação com rações fareladas. Nos péletes de mucilagem desidratada de sisal, a desagregação das partículas foi observada na formulação sem crueira e com a quantidade mínima de 5% crueira utilizada, e pode ter ocorrido também pelo fenômeno da retrogradação que ocorre à medida que o tempo avança durante a diminuição da temperatura do amido gelatinizado. Nesse processo, as cadeias de amido tendem a interagir mais fortemente entre si, formando um gel firme e viscoelástico. Durante o resfriamento, as moléculas de amido perdem energia, o que fortalece as ligações de hidrogênio e promove a reorganização das moléculas em simples e duplas hélices, além da recristalização dos grânulos. Essa forte interação entre as cadeias de amido resulta na expulsão de água do sistema, um fenômeno conhecido como sinérese (DAMODARAN, 2018). Este é um dos fatores limitantes na digestão do amido, pois a relação entre o volume de amido e a área superficial, e conseqüentemente o contato substrato-enzima, diminui à medida que o tamanho dos grânulos aumenta, como mencionado por Svihus *et al.*, (2005).

O controle preciso da moagem é crucial nas fábricas de rações (Bellavar, 2000). Segundo Nitzke (2000), reduzir o tamanho das partículas aumenta a relação superfície/volume, melhorando a eficiência de operações como extração, aquecimento, resfriamento e desidratação. Além disso, a uniformidade do tamanho das partículas facilita a homogeneização e solubilização de produtos em pó. De uma forma global, do ponto nutricional, pode se considerar que quanto menor o tamanho das partículas do alimento, maior é o contato com os sucos digestivos. Isso favorece a digestão e a absorção dos nutrientes (LÓPEZ; BAIÃO, 2004).

O PDI é expresso em porcentagem, sendo que um índice alto, entre 92% e 95%, indica um alimento durável e de alta qualidade (GIRAL, 2022). Segundo Cardeal *et al.* (2014), o índice de durabilidade dos pellets (PDI) garante a resistência dos pellets ao dano durante o processo e o transporte por atrito. Quanto maior o valor do PDI, menor a proporção de finos e melhor a qualidade dos pellets.

O PDI também permite avaliar a porcentagem da ração que permanece sem

se desfazer após simulações de transporte da fábrica ao comedouro. Este fator é altamente valorizado pelos produtores ao escolherem rações. Existe uma correlação negativa entre a quantidade de finos nas rações peletizadas e o PDI. Ou seja, um alto PDI indica que os péletes conseguem permanecerem mais íntegros até o momento da ingestão pelos animais (BEYER, 2005).

Para garantir que os benefícios da peletização da ração sejam plenamente aproveitados em termos de desempenho é crucial que ela chegue ao comedouro de forma íntegra ou, pelo menos, com uma baixa proporção de finos (pelotas desagregadas). Caso contrário, pode haver comprometimento nos resultados de desempenho. À medida que a quantidade de finos aumenta, os resultados se aproximam daqueles obtidos com uma dieta na forma farelada. Segundo Maiorka (1998). É considerado normal que as rações tenham de 10 a 15% de finos. A produção de finos dos péletes de sisal desidratado com adição de crueira está dentro das normas industriais, mesmo utilizando um prensa elétrica para a peletização. As formulações com 80% sisal e 20% crueira e 75% sisal e 25% crueira como aglutinante alcançaram o desempenho e qualidade industrial para péletes fabricados. Este método oferece uma forma eficaz de conservar alimentos volumosos para períodos críticos do ano, como a seca. Conforme Thomas *et al.*, (1998), diferentes fontes de fibra podem impactar as características do produto processado. As fibras solúveis em água, como glucanos, arabinoxilanos e pectinas, aumentam a viscosidade, incorporam partículas mais grossas, reduzem a porosidade do alimento e melhoram a integridade estrutural do aglomerado, resultando em maior durabilidade e dureza do produto. As fibras insolúveis em água podem contribuir para o processamento ao se dobrarem e entrelaçarem com outras partículas ou fibras. Contudo, sua rigidez dificulta o contato eficiente entre as fibras e as demais partículas, comprometendo tanto o processo produtivo quanto a estabilidade do produto final.

A qualidade do pélete não depende apenas da peletizadora, mas de todo o processo de fabricação, que inclui formulação, moagem, mistura condicionamento, resfriamento e transporte (JUNQUEIRA; DUARTE, 2009). A qualidade da peletização é avaliada por dois indicadores principais: o índice de durabilidade do pellet (PDI – Pelleting Durability Index) e a dureza, medidos em porcentagem e quilogramas, respectivamente. As características nutricionais são um ponto importante a se observar na qualidade de um alimento.

Na matéria seca (MS) estão contidas a matéria orgânica (MO) e a matéria mineral (MM), que são os grupos de nutrientes mais importantes para o desenvolvimento dos animais. A matéria orgânica (MO) inclui compostos que contêm carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio (De Oliveira, 2008), englobando carboidratos, extrato etéreo e proteína bruta.

Os teores de MS recomendados variam conforme o tipo de alimento: silagens de milho e sorgo devem apresentar entre 30% e 35% de MS; forrageiras, entre 15% e 30%; fenos, rações comerciais e farelos o indicado seja acima de 87% (RECH; FÁVARO; ARRUDA CÓRDOVA, 2024). Hironaka *et al.*, (1996) avaliando péletes de feno de alfafa, nos quais os valores da matéria seca variaram de 85.2 a 85.3% dependendo do ponto de corte e maturidade da planta. Os minerais são parte importante da dieta de um animal, sua falta pode desencadear doenças de deficiências minerais.

Como o sisal é a principal fonte de minerais nos péletes formulados com a mucilagem de sisal desidratada, possivelmente as saponinas e o oxalato de cálcio explicam o seu teor mineral como citado em estudos (DA SILVA, 2017; CAMACHO-CAMPOS, CONRADO *et al.*, 2020).

A fibra visa estimular a ruminação, o fluxo de saliva, o tamponamento ruminal, a saúde e a funcionalidade da parede do rúmen (MACHADO, *et al.* 2009). O limite mínimo de FDN para um ruminante varia dependendo da espécie, do estágio de produção (como lactação ou crescimento) e do tipo de dieta. Os níveis mínimos recomendados para vacas em lactação são na faixa de 19 a 21 % de FDA e de 25 a 28% de FDN na MS total da ração (WEISS,1993). Em bovinos de leite, a falta de fibra é rapidamente percebida, devido a mudanças na produção e composição do leite, para os bovinos de corte não existem valores mínimos de fibra bem definidos.

Dietas de terminação, que são mais energéticas, podem ter um limite mínimo de cerca de 15-20% de FDN da matéria seca para evitar problemas digestivos, como acidose ruminal. Em bovinos de corte, alguns sistemas de formulação de rações estipulam um nível crítico de 15% de FDN. No entanto, sabe-se que em zebuínos essa exigência de FDN efetiva é ainda mais crítica (EMBRAPA, 2011).

Mertens, (1987) sugeriu que nos casos em que o consumo seja limitado por entraves físicos, o consumo de FDN deve ser mantido próximo ao valor de  $12,0 \pm 1,0$  g/kg de peso vivo (PV) e dietas de crescimento geralmente requerem entre 25-35% de FDN da matéria seca. Dessa forma, os resultados indicam que os péletes

contendo proporções intermediárias de crueira e sisal, especialmente 25% de crueira e 75% de Sisal e 20% de crueira e 80% de sisal, podem representar uma formulação equilibrada, atendendo às necessidades nutricionais de ruminantes sem comprometer a saúde ruminal. Esses níveis encontram-se próximos dos valores críticos sugeridos para vacas em lactação, que variam de 25 a 28% de FDN na matéria seca da ração (NRC, 2001).

A lignina está naturalmente presente nas forragens em diferentes teores e composições, independentemente da forma do volumoso (pasto, silagem, feno ou resíduos agroindustriais). Na nutrição animal é considerada uma substância não nutricional e indigestível, que atua como barreira física contra a ação de microrganismos na parede celular vegetal. Além disso, a lignina se liga a carboidratos e proteínas, tornando-os indisponíveis para a digestão e absorção pelos animais (Halpin, 2019).

A hemicelulose é uma fibra que é parcialmente digestível. A parede celular é composta por celulose, hemicelulose, pectina, compostos fenólicos como lignina, proteínas ligadas à parede celular, além de outros componentes como sílica e cutina (MERTENS, 1997). A hemicelulose é uma combinação de polissacarídeos amorfos com grau de polimerização muito inferior ao da celulose (VAN SOEST, 1994). As plantas apresentam variações significativas na quantidade de hemicelulose, variando entre 10 e 25% da matéria seca em forragens, farelos e polpas, e entre 2 e 12% em grãos de cereais (REIS; RODRIGUES, 1993).

A mandioca também possui uma quantidade limitada de proteína, normalmente variando de 1% a 2% de seu peso, além de quantidades modestas de vitaminas e minerais (SOUZA *et al.*, 2008). Um baixo teor de proteína e um alto teor de amido na dieta favorecem a utilização de ureia. A inclusão de tecnologias nutricionais para o aumento da proteína bruta como na peletização sisal e crueira de mandioca, que são pobres em proteína, busca trazer benefícios para a dieta dos ruminantes. O uso de fontes de nitrogênio não proteico, como a ureia, é uma alternativa viável para reduzir os custos com alimentação e produzir péletes que sejam melhores nutricionalmente.

Diferentemente da maioria das proteínas, que possuem em média 16% de nitrogênio (N) em sua composição, a ureia, um composto nitrogenado não proteico, contém 46% de N. Portanto, teoricamente, cada quilo de ureia equivale a 2,87 kg de proteína bruta ( $0,46 \text{ kg de N} \times 6,25$  – fator de conversão de N em proteína bruta).

Seguindo esse raciocínio, em termos de equivalente proteico, a ureia pode apresentar um teor de proteína bruta (PB) variando de 262,5% a 287,5%, para concentrações de N entre 42% e 46%. Assim, pode-se inferir que, para cada 1 ponto percentual de adição de ureia, o teor de PB da dieta aumenta, em média, entre 2,6% e 2,8% pontos percentuais (NRC, 2007). Nesse contexto, a peletização do amido com ureia deve aumentar a velocidade de fermentação do amido no rúmen e reduzir a intensidade da liberação de amônia da ureia, favorecendo a síntese de proteína microbiana (SALVADOR *et al.*, 2004). Além disso, a peletização possibilita a inclusão de ureia em rações, otimizando seu uso por ruminantes através da sincronização entre a liberação de amônia no rúmen e a oferta de esqueletos de carbono provenientes da degradação de carboidratos (KOZLOSKI *et al.*, 2009).

Adicionar leveduras, como *Saccharomyces cerevisiae*, à mucilagem de sisal para ruminantes é uma alternativa econômica e orgânica para enriquecer a dieta dos animais. Segundo Macedo (2015), a fermentação semissólida pode aumentar significativamente o teor proteico da palma forrageira e do sisal, com um aumento de até 400% na proteína bruta após 24 horas. Este método oferece vantagens sobre a fermentação submersa, como menor atividade de água, maior produtividade e redução de custos e resíduos. De acordo com os autores, a concentração de suplemento mineral e a quantidade de massa de sisal foram fatores importantes, com maiores concentrações resultando em maiores aumentos no teor proteico. Em resumo, a fermentação semissólida com *Saccharomyces cerevisiae* é uma alternativa eficaz para produzir suplementos proteicos de alta qualidade e reduzir custos na alimentação de ruminantes.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) não possui uma legislação específica sobre padrões microbiológicos e sanitários para alimentos destinados ao consumo animal, focando principalmente na inspeção, fiscalização e análises laboratoriais (Brasil, 1974; 2007a; 2007b). Em contraste, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) estabelece limites máximos de micotoxinas em alimentos (Brasil, 2011). De acordo com a Instrução Normativa nº 4/2007 do MAPA, empresas de produção de alimentos para animais devem garantir que os ingredientes estejam registrados, salvo dispensa específica. Os estabelecimentos devem evitar matérias-primas com parasitas, microrganismos, ou substâncias tóxicas, garantindo que o produto final atenda aos padrões de identidade e qualidade (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007).

Além disso, a norma enfatiza a importância da origem, qualidade e inocuidade das matérias-primas, ingredientes e embalagens utilizadas na produção de alimentos para animais (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2007).

Os termos estabelecidos pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) indicam que o padrão microbiológico é um parâmetro essencial para determinar a aceitabilidade de um lote ou processo de alimento (Brasil, 2022). A Instrução Normativa não estabelece padrões para todos os indicadores higiênico-sanitários, como mesófilos, bolores e leveduras, Enterobacteriaceae, psicrófilos, etc., porque a prioridade da ANVISA é a proteção da saúde pública. Assim, a normativa RDC nº 724, de 1º de julho de 2022 foi elaborada com o objetivo de estabelecer limites principalmente para micro-organismos patogênicos ou indicadores de contaminação e falhas de processamento, como a *Escherichia coli* e Enterobacteriaceae.

Existem vários microrganismos que são considerados indicadores de contaminação, incluindo os aeróbios mesófilos, Coliformes e Coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e Enterobacteriaceae, Enterococcus, Bifidobactérias e os Colifagos/Enterovírus (RAY, 2004; JAY, ADAMS; MOSS, 2008; WONG-GONZÁLEZ, 2008). De acordo com Cardoso *et al.* (1985), a farinha de mandioca é frequentemente contaminada por fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, que podem produzir *aflatoxinas*, que são toxinas perigosas para humanos e animais. As aflatoxinas, especialmente produzidas por *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, causam sérios danos físico-químicos. Embora ruminantes sejam menos suscetíveis aos efeitos das micotoxinas comparados a espécies monogástricas, a contaminação continua a ser uma preocupação significativa. Os péletes de mucilagem de sisal desidratado com aglutinante de crueira estavam isentos de contaminações fungicas, o que os torna um alimento seguro para os animais.

O método artesanal de produção de farinhas é suscetível a níveis elevados de contaminação microbiana ao longo do processo. Conforme apontado por Chisté *et al.* (2007), os principais fatores que geram problemas na fabricação da farinha de mandioca incluem a precariedade das instalações produtivas, a presença de animais domésticos na área de produção, a falta de higiene dos trabalhadores e a ausência de limpeza adequada dos equipamentos. Além disso, o tubérculo da mandioca carrega naturalmente microrganismos oriundos do solo. As contaminações

microbiológicas podem ocorrer em todas as etapas do processo, desde a colheita até o processamento, sendo facilitadas por agentes como água, ar e contato físico, mecânica ou manual (SOUZA *et al.*, 2004).

## 10 CONCLUSÃO

É possível a peletização da mucilagem de sisal desidratada utilizando crueira de mandioca como aglutinante com potencial para substituir os métodos convencionais de conservação desse tipo de forragem, especialmente para pequenos produtores rurais. Esse processo pode ser executado de forma eficiente com o uso de uma prensa elétrica. Além de garantir o sucesso da peletização da mucilagem de sisal desidratada, essa técnica pode resolver problemas ambientais associados aos resíduos da crueira e do sisal.

A crueira desempenha um papel fundamental na integridade física e na durabilidade dos péletes, garantindo resistência a impactos e transporte. A formulação de 25% de crueira e 75% de mucilagem desidratada de sisal é essencial para a formação de péletes de alta qualidade para a alimentação de animais. A presença de crueira nessas proporções melhora a integridade dos péletes e reduz a produção de finos, que são observados em grandes quantidades na ausência de crueira.

A peletização é eficaz na conservação dos péletes. Os testes microbiológicos mostraram ausência de crescimento de bolores, leveduras, coliformes e *Salmonella* sp., indicando um bom controle microbiológico e um tempo de prateleira adequado.

## 11 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, M. R.; MOSS, M. O. **Food microbiology**. (3th ed.). Cambridge: The Royal Society of Chemistry. 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (Brasil). **Rotulagem nutricional: Perguntas e Respostas**. 2ª edição. Disponível em: [https://www.gov.br/anvisa/ptbr/centraisdeconteudo/publicacoes/alimentos/perguntas-e-respostas-arquivos/rotulagem-nutricional\\_2a-edicao.pdf](https://www.gov.br/anvisa/ptbr/centraisdeconteudo/publicacoes/alimentos/perguntas-e-respostas-arquivos/rotulagem-nutricional_2a-edicao.pdf). Acesso em: 17 maio 2023.

ALVARENGA JR, E. R. Cultivo e aproveitamento do Sisal (*Agave sisalana*). **Dossiê Técnico**, v. 24, 2012.

ALVES, A. R. *et al.* Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e funcional. **Pubvet**, v. 10, p. 513-579, 2016.

ALVES, I. **Peneira rotativa CNPA: uma alternativa para o aproveitamento da mucilagem na alimentação animal**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1998. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa, 36).

ALVES, M. O.; SANTIAGO, E. G. Tecnologia e relações sociais de produção no setor sisaleiro nordestino. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 37, n. 3, p. 368-381, 2006. <https://doi.org/10.61673/ren.2006.656>.

ANDRADE, R.; ORNELAS, J.; BRANDÃO, W. Situação atual do sisal na Bahia e suas novas possibilidades de utilização e aproveitamento. **Comunicação SEAGRI**, p. 14-19, 2012.

ARAGÃO, A. S. L. *et al.* Composição Bromatológica Do Co-produto Do Desfibramento Do Sisal Submetido a Amonização. **Animal Feed Science and Technology**, v. 235, p. 120-127, 2018.

**ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC)**. *Official methods of analysis*. 21st ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2019. 3200 p.

BAGALDO, A. R.; RIBEIRO, O. L.; PERINOTTO, W. M. S. (Eds.). **Ciência Animal em Debate**. EDUFRB, 2020.

BELLAVER, C. Ingredientes de origem animal destinados à fabricação de rações. Simpósio sobre ingredientes na alimentação animal, v. 1, p. 1-23, 2001.

BEMILLER, J. N. **Physical Modification of Starch**. In: *Starch in Food*. Woodhead Publishing, 2018. p. 223-253.

BEMILLER, J. N. Starches: molecular and granular structures and properties. **Carbohydrate chemistry for food scientists**, v. 3, p. 159-189, 2019.

BÉNÉ, C. *et al.* Contribution of fisheries and aquaculture to food security and poverty reduction: assessing the current evidence. **World Development**, v. 79, p. 177-196, 2016.

BEYER, R. SCOTT. The impact of feed milling and manufacturing procedures on nutrient availability and the importance of quality control. **Kansas State University, Department of Animal Science and Industry**, 2005.

BORGES, G. *et al.* Preliminary evaluation of Sisal (*Agave sisalana*) silage on total confinement lamb feeding. **Asian Journal of Animal Research**, v. 1, p. 9-11, 2013.

BRANDÃO, L. G. N. *et al.* Efeito de aditivos na composição bromatológica e qualidade de silagens de coproduto do desfibramento do sisal. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 6, p. 2991-3000, 2013.

BRANDÃO, L. G. N. *et al.* Valor nutricional de componentes da planta e dos coprodutos da *Agave sisalana* para alimentação de ruminantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, p. 1493-1501, 2011.

BRASIL. **Instrução Normativa - IN Nº 160, de 1º de julho de 2022. Estabelece os limites máximos tolerados (LMT) de contaminantes em alimentos**. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-in-n-160-de-1-de-julho-de-2022-413367081> Acesso em: 13 dez. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Câmaras Setoriais e Temáticas. Câmara Setorial de Fibras Naturais.** 17ª Reunião Ordinária. Disponível:<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/fibras-naturais/2017/17a-ro/csfm-17a-ro-in-vf.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Decreto nº 6.296, de 11 de dezembro de 2007. Aprova o Regulamento da Lei nº 6.198, de 26 de dezembro de 1974, que dispõe sobre a inspeção e a fiscalização obrigatórias dos produtos destinados à alimentação animal, dá nova redação aos Arts. 25 e 56 do Anexo ao Decreto nº 5.053, de 22 de abril de 2004, e dá outras providências.** Brasília, 2007b. Disponível:[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/decreto/d6296.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6296.htm) Acesso em: 10 dez. 2023

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 4, de 23 de fevereiro de 2007. Aprova o regulamento técnico sobre as condições higiênicosanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos fabricantes de produtos destinados à alimentação animal e o roteiro de inspeção.** Brasília, 2007a Disponível. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/InstruoNormativa04.2007.pdf> Acesso em: 10 dez. 2023

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Lei nº 6.198, de 26 de dezembro de 1974. Dispõe sobre a Inspeção e a Fiscalização Obrigatórias dos Produtos Destinados à Alimentação Animal, e dá outras Providências.** Brasília, 1974. Disponível:<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/LEI00006198.pdf> Acesso em: 10 dez. 2023

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução de diretoria colegiada – RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos.** Brasília, 2001.. Disponível [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/res0012\\_02\\_01\\_2001.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2001/res0012_02_01_2001.html) pdf Acesso em: 10 dez. 2023

BRASIL. Portaria SVS n. 451 de 19 de setembro de 1997. **Aprova o Regulamento Técnico Princípios Gerais para o Estabelecimento de Critérios e Padrões Microbiológicos para Alimentos e seus anexos.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 22 de setembro de 1997. Seção 1, p.21005. Disponível: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2000/rdc0053\\_15\\_06\\_2000.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2000/rdc0053_15_06_2000.html) Acesso em: 13 dez. 2023

BRASIL. **Regulamento técnico sobre as condições higiênicosanitárias e de boas práticas de fabricação para estabelecimentos fabricantes de produtos destinados à alimentação animal:** Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-4-de-23-de-fevereiro-de-2007.pdf/view>. Acesso em: 13 dez. 2023.

BRASIL. **Resolução - RDC nº 724, de 1º de julho de 2022. Dispõe sobre os padrões microbiológicos dos alimentos e sua aplicação.** Disponível: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-rdc-n-724-de-1-de-julho-de-2022-413364812> . Acesso em: 23 dez. 2023.

BULEON, A. *et al.* Starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 23, n. 2, p. 85-112, 1998.

CAMACHO-CAMPOS, Conrado *et al.* Evaluación fitoquímica, antibacteriana y moluscicida de extractos de hojas de Agave spp. **Revista Cubana de Química**, v. 32, n. 3, p. 390-405, 2020.

CARDEAL, P. C. *et al.* Efeito do transporte de péletes sobre sua qualidade. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 66, p. 1618-1622, 2014.

CARDOSO, M.W.; SILVA, G.G.; CANO, V. **Análise microbiológica de alimentos Parte I.** Rio de Janeiro: Merck, 1985. 198p.

CASSO, R. B.; CASTRO, C. S. Use of Sisal Waste as Animal Feed. **Common Fund Commodities Special Agreement**, N. 98/09. Merida, Yucatan, 1998.

CHISTÉ, R. C. *et al.* Qualidade da farinha de mandioca do grupo seca. **Food Science and Technology**, v. 26, p. 861-864, 2006.

DA SILVA CARNEIRO, Jocinede et al. Atividades biológicas de Agave sisalana com ênfase para a ação antimicrobiana: uma revisão da literatura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. 24, 2021

DA SILVA, N. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. Editora Blucher, 2017.

DA SILVA, Yara Emilia Arlindo et al. Preliminary phytochemical analysis and the effect of Agave sisalana on body weight and defensive behaviours in ovariectomized rats. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 11, n. 34, p. 538-548, 2017.

DAHER, R. F. *et al.* Variação sazonal na produção de forragem de clones intra e interespecíficos de capim elefante. **Agrarian**, v10 n38,. 294–303. 2017 <https://doi.org/10.30612/agrarian.v10i38.4072>

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed editora , 2019

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de alimentos de Fennema**.4. ed Porto Alegre Artmed editora, 2018.

DE ARAÚJO, N. C. *et al.* Quantificação da geração de resíduos em uma casa de farinha no Estado da Paraíba. **Revista Monografias Ambientais**, v 5 n 13, 3793–3799. (2014 ) <https://doi.org/10.5902/2236130814984>

DE MACEDO, A. D. B. Bioconversão da palma forrageira e do sisal como alternativa para alimentação animal. **Revista Química: ciência, tecnologia e sociedade**, v. 3, n. 1, 2015. P 630-639, ISSN 2318-4043, <http://dx.doi.org/10.1016/chenpro-5erq-am3>

DE OLIVEIRA SALES, Ronaldo *et al.* I Congresso Brasileiro de Nutrição Animal-21 a 24 de setembro de 2008-Fortaleza-CE-Trabalhos Científicos. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal: RBHSA**, v. 2, n. 2, p. 1, 2008.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 39, p. 945-954, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000003>

DOMINGUES, L. F. *et al.* Evaluation of anthelmintic activity of liquid waste of Agave sisalana (sisal) in goats. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 19, n. 4, p. 270-272, 2010.

DÓSEA, R. R. *et al.* Qualidade microbiológica na obtenção de farinha e fécula de mandioca em unidades tradicionais e modelo. **Ciência Rural**, v. 40, n. 2, p. 411-416, fev. 2010.

EISKER, M. *et al.* Processamento de rações – impactos no valor nutritivo e no estado higiênico em rações para frangos de corte. In: **Proc. 18th Aust.** 2006. p. 7-16.

ELSAM, J. D. E. *et al.* *Manihot takape* sp. nov. (*Euphorbiaceae*), a new tuberous subshrub from the Paraguayan Chaco. *PhytoKeys*, n. 103, p. 1, 2018.

EMBRAPA. **Nutrição de ruminantes: fundamentos e aplicações**. 2. ed. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/120040/1/Nutricao-Animal-livro-em-baixa.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2024.

EMBRAPA. **Tecnologia pós-colheita**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/sisal/pos-producao/tecnologia-pos-colheita>. Acesso em: 5 ago. 2024.

FAO. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cc4625en/cc4625en.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2024.

FAO. FAOSTAT.Rome, [2024]. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data> Acesso em: 1 nov. 2024.

FAO. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2020**. Rome: FAO; 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca9692en/CA9692EN.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2023.

FARIA, M. M. S. *et al.* Composição bromatológica do co-produto do desfibramento do sisal tratado com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 377-382, 2008.

FARIA, V. P. *et al.* Nitrogen supplementation for cattle. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 1, p. 125-134, 1984.

FÁVARO, V. R.; RECH, Â. F. Utilização de resíduos agroindustriais na alimentação de ruminantes. **Agropecuária Catarinense**, v. 35, n. 2, p. 14-16, 2022.

FERREIRA, S. F. *et al.* Fatores que afetam o consumo alimentar de bovinos. **Arquivos de Pesquisa Animal**, v. 2, n. 1, p. 9-19, 2013.

FIGUEIREDO, L. J. C.; COUTO, E. S. Estudo experimental da toxicidade do resíduo do sisal, *Agave sisalana* Perrine em bovinos [BahiaBrasil]. **Arquivos da Escola de Medicina Veterinária da Universidade Federal da Bahia** (Brasil), v. 1, n. 1, p. 80-93, 1976.

FIORDA, F. A. *et al.* Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 408-416, 2013.

GALMESSA, U. *et al.* Rumen manipulation: one of the promising strategies to improve livestock productivity-review. **Dairy and Veterinary Sciences Journal**, v. 9, n. 2, p. 553, 2019. DOI: 10.19080/JDVS.2018.08.55574.

GAZZOTTI, Teresa *et al.* Ocorrência de micotoxinas em alimentos comerciais extrusados para cães. **Animal Feed Science and Technology**, v. 202, p. 81-89, 2015.

GEBREMARIAM, D. Y.; MACHIN, D. H. Evaluation of sun dried sisal pulp (*Agave sisalana*, Perrine) as feed for sheep in Eritrea. **Livestock Research for Rural Development**, v. 20, n. 11, p.45-48 2008.

GIRAL, FRANCISCO. **PDI um Indicador de Qualidade Determinante na Redução de Perdas em uma Fábrica**. Grãos Brasil, Cuiabá, n. 116, p. 50-55, set. 2023. Disponível em: <https://issuu.com/graosbrasil/docs/gb116online/s/17068404>

GODFRAY, H. C. J. *et al.* Food security: the challenge of feeding 9 billion people. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 812-818, 2010.

GUIMARÃES JÚNIOR, R. *et al.* Dietary management for cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 1, p. 50-58, 2007.

HALPIN, Claire. Lignin engineering to improve saccharification and digestibility in grasses. **Current opinion in biotechnology**, v. 56, p. 223-229, 2019.

HARRISON, D. G. Subproductos del sisal como alimento para los rumiantes. **Revista Mundial de Zootecnia**, v. 49, p. 25-31, 1984.

HIRONAKA, Robert *et al.* The effect of pelleting of alfalfa hay on methane production and digestibility by steers. **Science of the Total Environment**, v. 180, n. 3, p. 221-227, 1996.

HOFFMAN, B. **Behind the Brands: Food justice and the 'Big 10' food and beverage companies**. Oxfam, 2013.

HUSSEIN, H. S.; BRASEL, J. M. Toxicity, metabolism, and impact of mycotoxins on humans and animals. *Toxicology*, v. 167, n. 2, p. 101-134, 2001IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/caprinos/br>. Acesso em: 25 abr. 2024.

IBGE. **Pesquisa**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/15/12040>. Acesso em: 11 fev. 2024.

IÑIGUEZ-COVARRUBIAS, G.; LANGE, S. E.; ROWELL, R. M. Utilization of byproducts from the tequila industry: part 1: *Agave bagasse* as a raw material for animal feeding and fiberboard production. **Bioresource Technology**, v. 77, n. 1, p. 25-32, 2001.

JAY, James M.; LOESSNER, Martin J.; GOLDEN, David A. **Modern food microbiology**. Springer Science e Business Media, 2005.

JAYATHILAKAN, K. *et al.* Utilização de subprodutos e resíduos de indústrias de processamento de carne, aves e peixes: uma revisão. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49, p. 278-293, 2012.

JUDD, W. S. *et al.* Plant systematics: a phylogenetic approach. **Ecología Mediterránea**, v. 25, n. 2, p. 215, 1999.

JUNQUEIRA Otto Mack; DUARTE Karina Ferreira. **Importância da qualidade das matérias-primas para a produção de rações para frangos de corte**. 2009. Disponível em:[https://pt.engormix.com/avicultura/producao-racoes-aves/importancia-qualidade-materias-primas\\_a36760/](https://pt.engormix.com/avicultura/producao-racoes-aves/importancia-qualidade-materias-primas_a36760/). Acesso em:28/12/2024

KLEIN, A. A. Peletização de rações: aspectos técnicos, custos e benefícios e inovações tecnológicas. In: **Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas**. Porto Alegre: FACTA, 2009. p. 173-193.

KLEIN, C. H. *et al.* Efeito da forma física e do nível de energia da ração sobre o desempenho e a composição de carcaça de frango de corte. 1993. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 4 p. (Comunicado Técnico, 243).

KLEIN, C.H. **Efeito da forma física e do nível de energia da ração sobre o desempenho, a composição de carcaça e a eficiência de utilização da energia metabolizável consumida por frangos de corte** 1996. 118f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Zootecnia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1996.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: UFSM, 2002. 140 p.

KULIG, R.; LASKOWSKI, J. Effect of conditioning parameters on pellet temperature and energy consumption in the process of plant material pressing. **Teka Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa**, v. 8, p. 105, 2008.

KUMMU, M. *et al.* Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. **Science of the Total Environment**, v. 438, p. 477-489, 2012.

LAJOLO, F. M.; MENEZES, E. W. **Carboidratos em alimentos regionales Iberoamericanos**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 648 p.

LIMA, J. A. Nutritional strategies in cattle. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, n. 2, p. 125-132, 2017.

LINDEBOOM, N.; CHANG, P. R.; TYLER, R. T. Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. **Starch-Stärke**, v. 56, n. 3-4, p. 89-99, 2004.

LÓPEZ, C. A. A.; BAIÃO, N. C. Efeitos do tamanho da partícula e da forma física da ração sobre o desempenho, rendimento de carcaça e peso dos órgãos digestivos de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, p. 214-221, 2004.

MABUSELA, W. T.; STEPHEN, A. M. Fractionation and structural studies of polysaccharides from sisal (*Agave sisalana*) leaves. **South African Journal of Chemistry**, v. 42, n. 4, p. 151-161, 1989.

MACHADO, F. S. et al. Fibra na alimentação de gado de leite. **Gado de Leite**, p. 152, 2009.

MAIORKA, A. **Efeito da forma física, nível de energia em dietas formuladas com base em aminoácidos totais e digestíveis no desempenho e composição de carcaças de frangos de corte, machos, dos 21 aos 42 dias de idade, 1998. 115p.** 1998. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre

MANEJO DE PASTAGENS. **Serviço Nacional de Aprendizagem Rural**. 2. ed. Brasília: SENAR, 2012. 34 p. (Coleção SENAR). ISBN 978-85-7664-063-9. Acesso em: 11 fev. 2024.

MARTIN, A. R. *et al.* Caracterização química e estrutural de fibra de sisal da variedade *Agave sisalana*. **Polímeros**, v. 19, p. 40-46, 2009.

MARX, F. O. **Controle de qualidade e pélete: estudo dos parâmetros de qualidade utilizados e sua variabilidade na produção de rações em uma cooperativa do Paraná.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Zootecnia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2014. 55 p.

MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K.; HINTZ, H. F.; WARNER, R. G. **Animal Nutrition.** Trad. FIGUEIREDO, F. A. B. N. 3. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 736 p.

McKINNEY, L.; TEETER, R. **Caloric value of pelleting. Publication of Cobb-Vantress**, Inc, 2002. P. 1-5. (Comunicado técnico). 2002.

MENEGHETTI, C. de C. et al. Características nutricionais e uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 2, p. 512-536, 2008.

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

MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v. 64, n. 5, p. 1548-1558, 1987.

MEURER, R. P. *et al.* Avaliação de rações peletizadas para frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, v. 13, n. 3, p. 229-240, 2008.

MURAMATSU, K. **Aplicação de modelagem preditiva no processo de peletização de rações para frangos de corte**. 2013. 99 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

NAVARRO, D. M. D. L.; ABELILLA, J. J.; STEIN, H. H. Structures and characteristics of carbohydrates in diets fed to pigs: a review. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 10, n. 1, p. 1-17, 2019.

NEGESSE, T.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutritive value of some non-conventional feed resources of Ethiopia determined by chemical analyses and an in vitro gas method. **Animal Feed Science and Technology**, v. 154, n. 3-4, p. 204-217, 2009. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2009.09.010.

NELSON, D. L.; COX, M. M.; LEHNINGER, A. L. **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. 1298 p. ISBN 9788582710722.

NRC. **Mineral Tolerance of Animals. 2. ed. revisada**. Washington DC: National Research Council of the National Academies, The National Academies Press, 2005.

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

NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th rev. ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381 p.

OLIVEIRA, V. S. *et al.* Carboidratos fibrosos e não fibrosos na dieta de ruminantes e seus efeitos sobre a microbiota ruminal. **Veterinária Notícias**. v.22 n2. p1-18.2016.

PAIVA, J. A. de J.; VALE, O. E. do; MOREIRA, W. M.; SAMPAIO, A. O. Utilização do resíduo do desfibramento do sisal (*Agave sisalana*, Perrine) na alimentação de novilhos. Salvador: EPABA, p. 27, 1986.

PARKER, R.; RING, S. G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, v. 34, n. 1, p. 1-17, 2001.

PINOS-RODRÍGUEZ, J. M. *et al.* Effects of maturity and ensiling of *Agave salmiana* on nutritional quality for lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 152, n. 3-4, p. 298-306, 2009.

PINOS-RODRÍGUEZ, J. M. *et al.* Use of "Maguey"(*Agave salmiana* Otto ex. Salm-Dick) as forage for ewes. *Journal of Applied Animal Research*, v. 30, n. 2, p. 101-107, 2006.

PINOS-RODRÍGUEZ, J. M.; ZAMUDIO, M.; GONZÁLEZ, S. S. The effect of plant age on the chemical composition of fresh and ensiled *Agave salmiana* leaves. **South African Journal of Animal Science**, v. 38, n. 1, p. 43-50, 2008. DOI: 10.4314/sajas.v38i1.4108.

RAY, B. **Fundamental food microbiology**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2004.

RECH, Ângela Fonseca; FÁVARO, Vanessa Ruiz; DE ARRUDA CÓRDOVA, Ulisses. Interpretação de análises bromatológicas para alimentação de ruminante. **Boletim Didático**, n. 176, 2024

REIMER, L. L.; BEGGS, W. A. Making better péletes: Harnessing steam quality. **Feed Management**, v. 44, n. 1, p. 22, 1993.

REIS, R. A. *et al.* **Fatores que afetam o consumo de forragens conservadas. Produção e Utilização de Forragens Conservadas**. Maringá, PR, p. 9-40, 2008.

REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. Valor nutritivo de plantas forrageiras. Jaboticabal: FCAVJ-UNESP/FUNEP 1993, 26p

ROBINSON, R. **Pelleting – Introduction and General Definitions. Feed Manufacturing Technology**, American Feed Manufacturers Association, INC, USA, 1970.

ROCHA, G. G. C. *et al.* Crureira: resíduo agroindustrial sólido rico em amido. **Scientia Plena**, v. 12, p. 1-5, 2016.

RODRIGUES, J. B. Vocabulário indígena com a orthographia correcta (complemento da poranduba amazonense). Biblioteca Nacional (Brasil). **Anais da Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro**, v. 16, p. 56, 1894.

SALAZAR, D. R.; CORTINHAS, C. S.; FREITAS, J. R. Sincronismo energia-proteína: assimilação de nitrogênio e síntese de proteína microbiana em ruminantes. **Pubvet**, Universidade de São Paulo, v. 2, p. 15, 2008

SANTOS, A. de S. **Substituição do feno de tifton-85 pela mucilagem de sisal ensilada aumenta o consumo e digestibilidade dos nutrientes em ovinos.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA 2014.74p

SANTOS, A. S. **Mucilagem de sisal e licuri na alimentação de cabras leiteiras.** 2013. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2013. 89 p.

SANTOS, R. D. *et al.* Consumo e desempenho produtivo de ovinos alimentados com dietas que continham coprodutos do desfibramento do sisal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, p. 1502-1510, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000600030>.

SANTOS-ZEA, L. *et al.* Caracterização de seivas concentradas de agave e efeitos de armazenamento sobre escurecimento, capacidade antioxidante e teor de aminoácidos. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 45, p. 113-120, 2016.

SENGER, C.C.; KOZLOSKI, G.V.; SANCHEZ, L.M.B.; MESQUITA, F.R., ALVES, T.P., CASTAGNINO, D.;, 2008. **Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs**. Anim. Feed Sci. Technol. 146 (1-2), 169–174. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.12.008>.

Sérgio Raposo de Medeiros e Carolina Tobias Marino **Nutrição animal: capítulo 4**  
Em: <https://www.alice.cnptia.em.br/Alice//bi/doc/1011216/1/Nutricao.pdf>. Acesso em: 29/04/2024:

SERRANO-COLL, H. A.; CARDONA-CASTRO, N. Micotoxicosis y micotoxinas: generalidades y aspectos básicos. **Ces Medicina**, v. 29, n. 1, p. 143-151, 2015.

SHEPHARD, G. S. Avaliação de risco de aflatoxinas em alimentos na África. **Food Additives and Contaminants**, v. 25, n. 10, p. 1246-1256, 2008.

SILVA, A. M. *et al.* Valor nutricional de resíduos da agroindústria para alimentação animal. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 4, p. 370-379, 2014.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Varela, 1997. 87 p.

SILVA, O. R. R. F. da; BELTRÃO, N. E. de M. **O agronegócio do sisal no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1999. 205 p.

SILVA, O. R. R. F. *et al.* **Cultivo do sisal no nordeste brasileiro**. Circular Técnica n. 123. Campina Grande: Embrapa, 2008.

SILVA, Odilon Reny Ribeiro Ferreira da; BELTRÃO, Napoleão Esberard de Macêdo. **Agronegócio do sisal no Brasil**. Serviço de Produção de Informação, 1999. Brasília: Embrapa-SPI; Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1999. 205 p. ISBN 85-7383-051-4.

SILVEIRA, R. K.; TEIXEIRA, U. H. G.; DA SILVEIRA, A. P. Alimentos processados para bovinos: riscos relacionados aos teores de fibra. **Revista Brasileira de Nutrição Animal**, v. 13, n. 2, p. 1-11, 2019.

SOUZA, C. de O. *et al.* Escherichia coli enteropatogênica: uma categoria diarreiofônica versátil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 7, n. 2, p. 79-91, 2016.

SOUZA, E. L.; SILVA, C. A.; SOUSA, C. P. Qualidade sanitária de equipamentos, superfícies, água e mãos de manipuladores de alguns estabelecimentos que comercializam alimentos na cidade de João Pessoa, PB. **Rev. Hig. Alimentar**, São Paulo. v.18, n. 116/117, p.98-103, 2004

SOUZA, F. N. C.; DA SILVA, T. C.; RIBEIRO, C. V. D. M. Sisal silage addition to feedlot sheep diets as a water and forage source. **Animal Feed Science and Technology**, v. 235, p. 120-127, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.10.010>.

SOUZA, Joana Maria Leite de *et al.* Variabilidade físico-química da farinha de mandioca. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 907-912, 2008.

SVIHUS, B.; UHLEN, A. K.; HARSTAD, O. M. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 122, n. 3-4, p. 303-320, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.02.025>.

TABIL, L. G. **Binding and pelleting characteristics of alfalfa**. 1996. Tese (Doutorado) - University of Saskatchewan, 1996.

TABIL, L. G. Jr.; SOKHANSANJ, S.; TYLER, R. T. Performance of different binders during alfalfa pelleting. **Canadian Agricultural Engineering**, v. 39, n. 1, p. 17-23, 1997.

THOMAS, M.; VAN VLIET, T.; VAN DER POEL, A.F.B. Physical quality of pelleted animal feed: 3. Contribution of feedstuff components. **Animal Feed Science Technology**, v.70, n.1-2, p.59-78, 1998

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Cornell: Cornell University Press, 1994. 476 p.

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.

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fiber with permanganate. **Journal of Association of Agricultural Chemistry**, Washington, v. 51, p. 780-785, 1968.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

WELLIN, F. Péleteing equipment operations. In: PFOST, H. B. (ed.). **Feed Manufacturing Technology**. Arlington: American Feed Manufacturers Association, 1976. p. 329-332.

WINOWISKI, Thomas S. Pellet quality in animal feeds. American Soybean Association, 1995.

WONG-GONZÁLEZ, Eric. Robustez del recuento total aerobio al modificar la etapa de diluciones decimales. **Agronomía Mesoamericana**, v. 19, n. 2, p. 267-270, 2008.

ZAMUDIO, D. M. *et al.* Effects of Agave salmiana Otto Ex Salm-Dyck silage as forage on ruminal fermentation and growth in goats. **Animal Feed Science and Technology**, v. 148, n. 1, p. 1-11, 2009.

ZHAO, H. *et al.* The mechanism of Lactobacillus strains for their ability to remove fumonisins B1 and B2. **Food and Chemical Toxicology**, v. 97, p. 40-46, 2016.