UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

DAYANA MESQUITA DERGAN

SILAGEM DE PARTE AÉREA E RAIZ DE MANDIOCA PARA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS EM CONFINAMENTO

CASTANHAL – PA
2024

DAYANA MESQUITA DERGAN

SILAGEM DE PARTE AÉREA E RAIZ DE MANDIOCA PARA ALIMENTAÇÁO DE CORDEIROS EM CONFINAMENTO

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, da Universidade Federal do Pará - UFPA, como pré-requisito para obtenção do título de Doutor.

Orientador: Dr. Cristian Faturi
Coorientador: Dr. Thiago Carvalho da Silva.

CASTANHAL – PA
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D427s Dergan, Dayana Mesquita.
Silagem de parte aérea e raiz de mandioca para alimentação de cordeiros em confinamento / Dayana Mesquita Dergan. — 2024.
88 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Cristian Faturi
Coorientador(a): Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva
Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Castanhal, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Castanhal, 2024.

1. alimentos não convencionais. 2. conservação de alimentos. 3. Manihot esculenta . 4. nutrição de ruminantes. I. Título.

CDD 636.085

SILAGEM DE PARTE AÉREA E RAIZ DE MANDIOCA PARA ALIMENTAÇÁO DE CORDEIROS EM CONFINAMENTO

Data da aprovação: 10/09/2024.

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
CRISTIAN FATURI
Data: 10/09/2024 16:32:43-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Presidente: Dr. Cristian Faturi
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

Documento assinado digitalmente
ANIBAL COUTINHO DO REGO
Data: 10/09/2024 16:46:57-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Membro Titular: Dr. Aníbal Coutinho do Rêgo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Documento assinado digitalmente
JOAO LUIZ PRATTI DANIEL
Data: 17/09/2024 17:04:11-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Membro Titular: Dr. João Luiz Pratti Daniel
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Documento assinado digitalmente
EBSON PEREIRA CANDIDO
Data: 18/09/2024 18:13:38-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Membro Titular: Dr. Ebson Pereira Cândido
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

Documento assinado digitalmente
THOMAZ CYRO GUIMARAES DE CARVALHO ROD
Data: 17/09/2024 08:32:18-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Membro Titular: Dr. Thomaz Ciro Guimarães de Carvalho Rodrigues
Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)

Ao meu querido esposo, ao meu amado filho, à minha dedicada mãe e às memórias de minha eterna avó, dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que plantou em mim a vontade de realizar os meus sonhos e o da minha família através dos estudos e, até aqui me abençoou, com mais essa graça na minha vida.

À Nossa Senhora de Nazaré, que intercede por mim desde quando a decisão de fazer o Doutorado foi tomada no meu coração. A quem eu recorro, nos momentos bons e difíceis, e peço força e sabedoria para continuar em frente pelo meu propósito.

À minha família, que é a razão pela qual eu me propus a realizar esse trabalho. Ao meu querido esposo Leonildo Dergan, por todo o amor, cuidado e suporte com a nossa família, especialmente durante esses anos, para que eu pudesse me ausentar quando foi preciso. Ao meu filho Lucas Dergan, por ser o motivo pelo qual eu busco ser melhor a cada dia. Por acreditar em mim e ser o meu maior fã. Vocês são a minha luz!

À minha mãe Edilene Mesquita, que nunca deixou faltar nada para que os filhos só estudassem. E hoje, vivencia a alegria de ver a filha se tornar doutora. A senhora é uma vencedora mãezinha. Obrigada por ser a minha maior rede de apoio durante esses anos.

Aos meus irmãos Dayene e Eryton, por serem minha metade e minha inspiração.

À minha avó Teófila Xavier, uma analfabeta, 'que nunca sentou num banco de escola', mas foi quem me alfabetizou. Ensinou-me a ler e a fazer a tabuada. Foi a maior incentivadora dos meus estudos. É um exemplo pujante e admirável de garra! Criou sozinha a nossa família e a sua maior preocupação era que todos nós estudássemos, esse era o sonho dela. Foi muito difícil perdê-la nesse período, mas sei que está feliz e orgulhosa daí de onde a senhora está, ao lado de Jesus.

Ao Grupo de Estudo em Ruminantes e Forragicultura da Amazônia (GERFAM), por me acolher, para que eu pudesse realizar esse trabalho.

Aos meus orientadores, professores Cristian Faturi e Thiago Carvalho, pela confiança, paciência, amizade e todos os ensinamentos repassados. Eu engrandeço e admiro o ofício de vocês. Vocês são exemplos de docência para mim.

Aos estagiários e colegas de pós-graduação do GERFAM. Obrigada por toda ajuda e dedicação que vocês tiveram para realizar esse trabalho junto comigo. Agradeço a cumplicidade, amizade, por todos os momentos alegres, e os difíceis também, que vivemos juntos. Sem dúvida, foi mais tranquilo e divertido realizar cada atividade, trabalhando com vocês, em especial com a minha 'melhor escala': Francy Lima, Juliana Pitirini, Saymon Gavinho, Geissy Helen, João Victor Oliveira, Izabella Gomes e Rômulo Engelhard.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (PPGCAN), professores, coordenador e secretário, pela contribuição com meu aprendizado e todo suporte que precisei.

À CAPES, pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao CNPq pelo financiamento dessa pesquisa.

A todos que de alguma forma contribuíram para realização desse trabalho, meu muito obrigada!

“Bendito seja Deus, que não rejeitou a minha oração e nem afastou de mim o seu amor constante e fiel!”

Salmo 66:20

RESUMO

A mandioca apresenta potencial de utilização na alimentação animal, podendo ser aproveitada de forma integral, parte aérea e raízes, sendo fontes de diversificação de volumoso e concentrado energético alternativo para ruminantes. Objetivou-se avaliar dietas compostas por silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz da mandioca (SRM) em substituição à silagem de planta inteira de milho (SM) e ao milho moído (MM), a partir da estabilidade aeróbia, consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes, comportamento ingestivo e desempenho de cordeiros em confinamento. O estudo foi dividido em dois experimentos. Em um, avaliou-se a estabilidade aeróbia das silagens (SM, SPAM e SRM) e das dietas (SM+MM; SM+SRM; SPAM+MM; e, SPAM+SRM) a partir de dois delineamentos inteiramente casualizados, um com três tratamentos e quatro repetições para avaliação da estabilidade aeróbia das silagens, e o outro, distribuído em um esquema fatorial 2×2, com quatro repetições, para avaliação da estabilidade aeróbia das dietas, sendo as fontes de volumoso (SM ou SPAM) e concentrado energético (MM, ou SRM) os fatores estudados. Na avaliação da estabilidade aeróbia, foram realizadas análises de pH e da população microbiana durante os dias 0, 4 e 7 de exposição ao ar. Além disso, foi aferida a temperatura das silagens, dietas e do ambiente, a cada 3 horas, ao longo de todo o período de exposição aeróbia, para registrar o tempo em estabilidade aeróbia (EA, *dias*), tempo para atingir temperatura máxima (TTmax, *dias*), temperatura máxima (Tmax, °*C*) e amplitude de temperatura (AmpT, *ºC*) das silagens e das dietas. No experimento dois, avaliou-se o consumo, digestibilidade aparente, balanço de nitrogênio, comportamento ingestivo e desempenho dos cordeiros alimentados com as dietas experimentais. Utilizou-se um delineamento em blocos casualizados, de acordo com o peso e sexo dos animais, com oito repetições, arranjados em esquema fatorial 2×2, considerando-se 2 fontes de volumoso (SM e SPAM) e 2 fontes de concentrado energético (MM e SRM). Verificou-se que as SPAM e SRM apresentaram maior estabilidade aeróbia, comparadas à SM, conferindo dietas com maior resistência à deterioração e tempo de vida útil no cocho. Ambas, SPAM e SRM são opções para a diversificação alimentar em dietas para cordeiros e podem substituir, respectivamente, a SM e o MM, porém é recomendado o uso da SPAM para animais de menor exigência, devido dietas compostas por esse volumoso terem proporcionado menor digestibilidade aparente da matéria seca e de nutrientes, consumo, ganho de peso total e o ganho de peso médio diário, além de menor retenção de nitrogênio. Já a SRM pode ser utilizada em substituição total ao MM, pois apresenta alta digestibilidade, sobretudo de carboidratos não fibrosos, sem comprometer o desempenho produtivo.

Palavras-chaves: alimentos não convencionais, conservação de alimentos, *Manihot esculenta*, nutrição de ruminantes

ABSTRACT

Cassava has potential for use in animal feed and can be used in its whole form, its aerial part and its roots, as a source of diversified bulk and an alternative energy concentrate for ruminants. The objective was to evaluate diets composed of cassava shoot silage (CSS) and cassava root silage (CRS) as a substitute for whole plant corn silage (WPCS) and ground corn (GC), based on aerobic stability, intake, apparent nutrient digestibility, ingestive behavior and performance of lambs in confinement. The study was divided into two experiments. In one, the aerobic stability of silages (WPCS, CSS and CRS) and diets (WPCS+GC; WPCS+CRS; CSS+GC; and CSS+GC) was assessed using two completely randomized designs, one with three treatments and four replicates to assess the aerobic stability of the silages, and the other, distributed in a 2×2 factorial design, with four replicates, to assess the aerobic stability of the diets, with roughage sources (WPCS or CSS) and energy concentrate (GC or CRS) being the factors studied. To assess aerobic stability, pH and microbial population analyses were carried out on days 0, 4 and 7 of exposure to air. In addition, the temperature of the silages, diets and environment was measured every 3 hours throughout the aerobic exposure period to record the time in aerobic stability (AS, days), time to reach maximum temperature (TMT, days), maximum temperature (MT, °C) and temperature range (TR, ºC) of the silages and diets. In experiment two, the intake, apparent digestibility, nitrogen balance, ingestive behavior and performance of the lambs fed the experimental diets were evaluated. A randomized block design was used, according to the weight and sex of the animals, with eight replicates, arranged in a 2×2 factorial, considering 2 sources of roughage (WPCS and CSS) and 2 sources of energy concentrate (GC and CRS). CSS and CRS were found to have greater aerobic stability compared to WPCS, giving diets with greater resistance to deterioration and shelf life. Both CSS and CRS are options for dietary diversification in lamb diets and can replace WPCS and GC respectively, but CSS is recommended for less demanding animals, as diets composed of this roughage have lower apparent digestibility of dry matter and nutrients, intake, total weight gain and average daily weight gain, as well as lower nitrogen retention. CRS, on the other hand, can be used as a total substitute for GC, as it has high digestibility, especially of non-fibrous carbohydrates, without compromising production performance.

Keywords: non-conventional foods, food preservation, *Manihot esculenta*, ruminant nutrition

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2: ESTABILIDADE AERÓBIA DE DIETAS COMPOSTAS POR SILAGENS DE PARTE AÉREA E RAIZ DE MANDIOCA.

Figura 1. Médias (log10 *ufc* g^{-1}) de bactérias ácido láticas, enterobactéria, levedura e mofo no dia 0, 4 e 7 de exposição aeróbia da silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM). 46

Figura 2. Médias de pH no dia 0, 4 e 7 de exposição aeróbia da silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM). 47

Figura 3. Médias (log10 *ufc* g^{-1}) de bactérias ácido láticas, enterobactérias, leveduras e mofo em dietas compostas por silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM) ao longo da exposição aeróbia. 50

Figura 4. Médias de pH em dietas compostas por silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM) ao longo da exposição aeróbia. 51

Figura 5. Estabilidade aeróbia (EA), tempo para atingir temperatura máxima (TTmax) e temperatura máxima (Tmax) de dietas compostas por silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM). 52

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA.

Tabela 1. Composição química da parte aérea de mandioca na forma *in natura* e silagem, de acordo com registros da literatura. 23

Tabela 2. Composição química da parte aérea de mandioca na forma *in natura* e silagem, de acordo com registros da literatura. 27

CAPÍTULO 2: ESTABILIDADE AERÓBIA DE DIETAS COMPOSTAS POR SILAGENS DE PARTE AÉREA E RAIZ DE MANDIOCA.

Tabela 1. Quantidade *(g Kg^{-1})* e composição química *(g Kg^{-1} MS)* das silagens de planta inteira de milho, parte aérea de mandioca, raiz de mandioca e demais ingredientes que utilizados para compor as dietas experimentais. 42

Tabela 2. Composição microbiana (log10 *ufc g^{-1}*) e pH da silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM) ao longo dos dias de exposição aeróbia (DEA). 45

Tabela 3. Estabilidade aeróbia (EA), amplitude de temperatura (AmpT), tempo para atingir temperatura máxima (TTmax) e temperatura máxima (Tmax) da silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM). 48

Tabela 4. Composição microbiana (log10 *ufc g^{-1}*) e pH de dietas compostas por silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM) ao longo dos dias de exposição aeróbia. 48

Tabela 5. Estabilidade aeróbia (EA), tempo para atingir temperatura máxima (TTmax), temperatura máxima (Tmax) e amplitude de temperatura (AmpT) de dietas compostas por silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM). 51

CAPÍTULO 3: CONSUMO, DIGESTIBILIDADE APARENTE, COMPORTAMENTO INGESTIVO E DESEMPENHO DE CORDEIROS EM CONFINAMENTO ALIMENTADOS COM SILAGEM DE PARTE AÉREA E RAIZ DE MANDIOCA.

Tabela 1. Proporção dos ingredientes *(g Kg^{-1})* e composição química *(g Kg^{-1} MS)* das dietas experimentais fornecidas. 67

Tabela 2. Composição química (*g Kg^{-1}*), ácido cianídrico (HCN, *mg Kg^{-1}*), pH e população microbiana (*log ufc g^{-1}*) dos ingredientes das dietas experimentais 71

Tabela 3. Valores médios do consumo (*g dia^{-1})* de matéria seca (CMS) e digestibilidade aparente (*%*) de matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), extrato etéreo (DEE), fibra em detergente neutro (DFDN), fibra em detergente ácido (DFDA) e carboidratos não fibroso (DCNF) em cordeiros alimentados com dietas compostas por silagem de parte aérea e raiz de mandioca. 74

Tabela 4. Valores médios (*g dia^{-1}* e *g KgPV^{-1}*) de nitrogênio (N) ingerido, N fecal, N na urina e balanço de nitrogênio (BN) em cordeiros alimentados com dietas compostas por silagem de parte aérea e raiz de mandioca. 75

Tabela 5. Valores médios do tempo total (*h.dia^{-1}*) se alimentando (TTA), ruminando (TTR), em ócio (TTO) e mastigando (TTM); números (*n.dia^{-1}*) de mastigações (NM) e bolo ruminal (NBR); eficiências de alimentação (*g.h-^{1} se alimentando*) da matéria seca (EAMS) e da fibra em detergente neutro (EAFDN); e, eficiências de ruminação (*g.h^{-1} ruminando*) da matéria seca (ERMS) e da fibra em detergente neutro (ERFDN) em cordeiros alimentados com dietas compostas por silagem de parte aérea e raiz de mandioca. 76

Tabela 6. Valores médios do consumo, em *g dia^{-1}* e em porcentagem do peso vivo (*%PV)* de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) em cordeiros alimentados com dietas compostas por silagem de parte aérea e raiz de mandioca. 77

Tabela 7. Valores médios do ganho de peso total (GPT) ganho médio diário (GMD), conversão alimentar (CA) e eficiência de alimentação (EA) de cordeiros alimentados com dietas compostas por silagem de parte aérea e raiz de mandioca. 78

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL 15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 17
CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA 19
1. Utilização de alimentos não convencionais em sistemas de produção de ruminantes 19
2. Mandioca na alimentação animal 20
2.1. Parte aérea de mandioca 22
2.1.1. Composição química 23
2.1.2. Perfil fermentativo e estabilidade aeróbia 24
2.1.3. Valor nutritivo e desempenho animal 25
2.2. Raiz de mandioca 26
2.2.1 Composição química 26
2.2.2. Perfil fermentativo e estabilidade aeróbia 28
2.2.3. Valor nutritivo e desempenho animal 29
3. Referências bibliográficas 29
CAPÍTULO 2: ESTABILIDADE AERÓBIA DE DIETAS COMPOSTAS POR SILAGENS DE PARTE AÉREA E RAIZ DE MANDIOCA. 38
RESUMO 38
ABSTRACT 39
1. Introdução 40
2. Material e métodos 41
2.1. Processo de ensilagem 41
2.2. Local do experimento 41
2.3. Delineamento experimental 41
2.5. pH e análises microbiológicas 43
2.6. Estabilidade aeróbica 43
2.7. Análise Estatística 44
3. Resultados 45
4. Discussão 53
5. Conclusão 57
6. Referências 57

CAPÍTULO 3: CONSUMO, DIGESTIBILIDADE APARENTE, COMPORTAMENTO INGESTIVO E DESEMPENHO DE CORDEIROS EM CONFINAMENTO ALIMENTADOS COM SILAGEM DE PARTE AÉREA E RAIZ DE MANDIOCA 63
RESUMO 63
ABSTRACT 64
1. Introdução 65
2. Material e métodos 66
2.1. Processo de ensilagem 66
2.2. Local do experimento 66
2.3. Animais, delineamento e dietas experimentais 66
2.4. Digestibilidade aparente 68
2.5. Comportamento ingestivo 69
2.6. Desempenho 70
2.7. Análises laboratoriais 71
2.8. Análise Estatística 73
3. Resultados 74
3.1. Digestibilidade aparente 74
3.3. Comportamento ingestivo 76
3.3. Desempenho 77
4. Discussão 78
5. Conclusão 84
5. Referências 84

INTRODUÇÃO GERAL

A alimentação representa a fração mais onerosa do sistema intensivo de produção de ruminantes, principalmente quando dietas são compostas com ingredientes convencionais, como milho e soja. Por esse motivo, o uso de alimentos não convencionais tem sido uma ferramenta para diminuir custos, manter a eficiência alimentar e a sustentabilidade no sistema de produção animal (FARIA et al., 2011).

A mandioca (*Manihot esculenta,* Crantz), amplamente cultivada no Brasil, tem se destacado entre as opções de alimentos não convencionais, por apresenta bom valor nutricional, rusticidade e elevada produtividade. Com uma produção equivalente a pouco mais de 19 milhões de toneladas de raiz, o país ocupa a quinta posição no ranking dos maiores produtores do mundo e, o estado do Pará detém 21% da produção, voltada tradicionalmente à fabricação de farinha no sistema de produção familiar, representando importante fonte de energia na alimentação humana local (IBGE, 2023; CONAB, 2024).

Estima-se que no processamento da raiz de mandioca para obtenção de produtos alimentícios e industriais, gere grande quantidade de resíduos líquidos e sólidos, que podem ser convertidos em diversos produtos de maior valor agregado, para aproveitamento na alimentação animal (ZHANG et al., 2016; BIZZUTI et al., 2021).

A ensilagem de plantas forrageiras, resíduos culturais, resíduos agroindustriais e de concentrado é uma estratégia que permite aumentar o aproveitamento de ingredientes não convencionais com potencial de uso na alimentação animal, nos sistemas de produção em cada região (CAMPOS et al., 2023).

A raiz da mandioca, por apresentar aproximadamente 37% de matéria seca, e elevado conteúdo de carboidratos não-estruturais, sobretudo amido, exibe boa característica de ensilabilidade, perfil fermentativo adequado e estabilidade aeróbia (PITIRINI et al., 2021). A parte aérea da mandioca, apesar de apresentar silagem com menor qualidade fermentativa, devido ao baixo teor de matéria seca (24%), associado ao elevado teor de proteína bruta (20%), apresenta boa estabilidade aeróbia (MODESTO et al., 2004; FERNANDES et al., 2016; SANTOS et al., 2020), o que pode representar eficiência de utilização, devido menor desperdício na fase de alimentação, após abertura do silo e da dieta fornecida no cocho.

Estudos apontam o potencial de utilização das silagens de parte aérea e da raiz de mandioca como alimentos alternativos à silagem de planta inteira de milho e ao milho moído (MODESTO et al. 2007; VIEIRA et al. 2017). No entanto, a descrição sobre o

aproveitamento de nutrientes e o desempenho animal de dietas compostas integralmente por mandioca, parte aérea e raiz, como volumoso e concentrado energético, ainda são escassos.

Formular dietas associando um alimento de alto teor proteico, como a parte aérea da mandioca, com as raízes, de elevada concentração energética, poderia resultar em uma dieta, de baixo custo, com adequado equilíbrio entre proteína e energia potencialmente utilizável na alimentação animal (SILVA et al., 2010).

Tendo em vista o amplo cultivo da mandioca em todo o território brasileiro, conhecer as possibilidades de aproveitamento das raízes e dos derivados do seu processamento na alimentação animal, além de representar alternativa alimentar no sistema de produção, pode oferecer maior valorização e diversificação de uso da cultura pelos pequenos produtores (VILPOUX et al., 2013).

A inclusão de alimentos não convencionais em substituição àqueles comumente utilizados na alimentação animal, deve ser avaliada como forma de promover ajustes na dieta, garantindo o atendimento das exigências nutricionais, de forma a manter o desempenho produtivo sem causar prejuízos no sistema de produção.

Considera-se que o uso das silagens de parte aérea de mandioca e raiz de mandioca, possam apresentar boa estabilidade aeróbia e vida útil prolongada no cocho, disponíveis de forma segura para o consumo e saúde animal, podendo ser utilizadas como fonte de volumoso e concentrado energético, sem afetar o consumo, o aproveitamento dos nutrientes e o desempenho animal.

Portanto, objetivou-se avaliar a estabilidade aeróbia das silagens de parte aérea e raiz de mandioca, bem como a inclusão dessas silagens na alimentação de cordeiros em confinamento sobre o consumo, a digestibilidade aparente, o comportamento ingestivo e o desempenho.

A presente tese está organizada em três capítulos, sendo o primeiro uma revisão de literatura; o segundo capítulo, referente a avaliação da estabilidade aeróbia de dietas compostas por silagens de parte aérea e raiz de mandioca; e, o terceiro capítulo, referente a avaliação do consumo, digestibilidade aparente, comportamento ingestivo e desempenho de cordeiros em confinamento alimentados com silagem de parte aérea e raiz de mandioca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIZZUTI, B. E. *et al*. Potential use of cassava by-product as ruminant feed. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 108, 2021.

CAMPOS, F. S. *et al*. Silagens não convencionais para alimentação de ruminantes: uma abordagem estratégica. *In: Anais da I Mostra de Difusão Tecnológica do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal.* ZANINE, A. M. Chapadinha, EDUFMA, 2023, p. 152-165.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Análise mensal Mandioca Janeiro de 2024. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2024.

FARIA, P. B. *et al*. Processamento da casca de mandioca na alimentação de ovinos: desempenho, características de carcaça, morfologia ruminal e eficiência econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2929–2937, 2011.

FERNANDES, F. D. *et al*. Produtividade e valor nutricional da parte aérea e de raízes tuberosas de oito genótipos de mandioca de indústria. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.17, n.1, p.1-12 jan./mar., 2016.

IBGE, 2023. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sidra: Sistema IBGE de Recuperação Automática.

MODESTO, E. C. *et al*. A. Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 1, p. 137-146, 2004.

MODESTO, E. C. *et al*. Substituição da silagem de milho pela silagem de rama de mandioca na alimentação de vacas leiteiras: consumo e digestibilidade dos nutrientes. **Acta Sci. Anim. Sci.** Maringá, v. 29, n. 4, p. 359-364, 2007.

PITIRINI, J. S.; *et al*. Fermentation profile and chemical composition of cassava root silage. **Acta Amazonica**, p. 191-198, 2021.

SANTOS, L. C. *et al*. Bromatological quality of silage from cassava residues: fractionation of proteins and carbohydrates. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v. 21, p. 01 - 13, 2020.

SILVA, C. F. P. G. *et al*. Qualidade fermentativa e caracterização químico-bromatológica de silagens da parte aérea e raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 4, p. 401-408, 2010.

VIEIRA, P. A. S. *et al*. Parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio em bovinos alimentados com silagem da raiz de mandioca. **Pesq. Vet. Bras.**, 37(8):883-890, 2017.

VILPOUX, O. F. *et al*. Sheep confined and fed with diet based on hole cassava as appropriate technology for small producers in Brazil. **Revista Brasileira de Gestao e Desenvolvimento Regional**, [*S. l.*], v. 9, n. 1, p. 211-235, 2013. Disponível em: https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/876. Acesso em: 26 nov. 2023.

ZHANG, M. *et al*. Biorefinery approach for cassavabased industrial wastes: Current status and opportunities. **Bioresource technology**, v. 215, p. 50-62, 2016.

CAPÍTULO 1: REVISÃO DE LITERATURA

1. Utilização de alimentos não convencionais em sistemas de produção de ruminantes

A criação de ruminantes no Brasil baseia-se, comumente, na utilização do pasto como principal fonte de energia e nutrientes. Isto ocorre, pois além da vasta extensão territorial, é a forma menos onerosa de obter energia digestível em relação à outras fontes alimentares.

Na Amazônia, apesar das condições climáticas favoráveis à produção de forragens de boa qualidade na maior parte do ano, a baixa rentabilidade dos sistemas de produção de ruminantes, deve-se ainda, ao não atendimento das exigências nutricionais dos animais, principalmente no período de estiagem, quando ocorre redução na disponibilidade e qualidade forragem (COSTA et al., 2009).

A sazonalidade de oferta e qualidade de forragem, para animais mantidos a pasto, representa fator limitante da produção animal, em termos de produtividade e rentabilidade do sistema produtivo (MORAES et al., 2013). Uma estratégia para elevar a economia da pecuária de corte é o manejo alimentar adequado, associado a sistemas mais intensivos e alternativos de produção, com uso de alimentos com bom valor nutritivo e baixo custo (MARTINS et al., 2010; RODRIGUES FILHO et al., 2001).

Na produção de ruminantes para corte, tendo em vista atender mercados cada vez mais exigentes quanto à qualidade da carne e manter a regularidade de oferta do produto, os sistemas produtivos evidenciam a terminação intensiva. Esse sistema permite a produção de carcaças com maior rendimento e conformação e, mantem a produtividade em época de escassez de pastagem nativa, quando realizada em confinamento (NUNES et al., 2007; MARTINS et al., 2010). No entanto, esses benefícios são acompanhados de aumento significativo nos custos de produção, principalmente àqueles relacionados a alimentação (BARROS et al., 2009).

Segundo Gerassev, Perez & Pedreira (2000) para que a terminação em confinamento seja economicamente viável, alguns pontos importantes devem ser analisados, como a duração do confinamento, a compatibilização do nível nutricional com o potencial genético do animal e o uso de alimentos não convencionais como forma de diminuir os custos com a alimentação.

Existe uma diversidade de alimentos não convencionais que podem ser alternativos para a redução de custos com alimentação. No entanto, devem ser utilizados criteriosamente na dieta, levando-se em consideração uma inclusão ótima, sem causar

efeitos indesejáveis no sistema de produção (NUNES et al., 2007; PIMENTEL et al., 2015).

Dentre os fatores a serem considerados na escolha de um alimento não convencional, destaca-se a quantidade disponível, proximidade entre a fonte produtora, características nutricionais, custos com transporte, condicionamento e armazenamento (CARVALHO, 1992). Deste modo, a busca por produtos não convencionais regionais na formulação de dietas é uma estratégia eficiente que pode permitir a intensificação com menor custo.

2. Mandioca na alimentação animal

A mandioca (*Manihot esculenta,* Crantz) é cultiva em praticamente todo território brasileiro, atingindo uma produção de 19,13 milhões de toneladas em 2022 (IBGE, 2023). É uma cultura adaptada a diversas condições edafoclimáticas e pouco exigente em insumos, o que torna o seu manejo menos oneroso em comparação à maioria das culturas (ARAÚJO et al., 2018). Por apresentar cultivo por meio de tecnologia simples e de fácil disseminação, a mandioca representa destacada importância socioeconômica, principalmente na agricultura familiar, constituindo-se como importante fonte de energia na alimentação humana e animal, utilizada como matéria-prima para inúmeros produtos industriais (ALMEIDA; FERREIRA FILHO, 2005; MODESTO et al., 2006).

De acordo com o IBGE (2023), o estado do Pará detém a maior produção nacional, com uma produção equivalente a 21% da produção nacional. Essa produção, gera grande quantidade de resíduos, tais como casca, entrecasca, caule e folhas, que podem ser aproveitáveis como alimentos não convencionais na produção animal. Segundo BIZZUTI et al. (2021), a indústria da mandioca gera cerca de 150 kg de resíduos por tonelada de farinha ou amido produzido, e o manejo inadequado desses resíduos pode causar impactos ambientais, como acúmulo excessivo de matéria orgânica no solo e em corpos hídricos.

A utilização de alimentos não convencionais, obtidos a partir de derivados da agroindústria, é uma estratégia para diminuir custos no sistema de produção. Com relação aos resíduos gerados no processamento da mandioca, a reutilização como alimentos não convencionais, pode proporcionar viabilidade econômica e a sustentabilidade do sistema de produção, além de contribuir na diminuição da contaminação ambiental (ALMEIDA; FERREIRA FILHO, 2005). A parte aérea da mandioca pode ser aproveitada como fonte alternativa de volumoso, e as raízes, fonte alternativa de concentrado energético (CURCELLI et al., 2008).

Estudo de avaliação de metabolismo e desempenho animal mostram que em substituição de silagem de milho, a parte aérea da mandioca pode ser utilizada na dieta de ruminantes sem alterar o consumo, digestibilidade e produção de leite em bovinos (TININI, 2018), permitindo redução dos custos e aumento do rendimento com alimentação (VILPOUX et al., 2013). Da mesma maneira, já é bem elucidado que as raízes podem ser utilizadas como fonte de energia alternativa em dietas de ruminantes e monogástricos, devido ao elevado coeficiente de digestibilidade aparente e de conteúdo de nutrientes digestíveis (SILVA et al., 2010; ARAÚJO et al., 2016), sem alteração no consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes (RAMALHO et al., 2006; SILVA et al., 2015).

É importante considerar que a mandioca apresenta glicosídeos cianogênicos, linamarina e lotaustralina, em sua composição, na parte aérea e raízes, que dão origem ao ácido cianídrico (HCN), composto tóxico que limita a utilização desses alimentos na alimentação animal (OKE 1978; NGUDI et al., 2003; CARDOSO et al., 2005; RÉGNIER et al., 2010). Esse composto, além de reduzir a aceitabilidade, o alto consumo de HCN pode causar distúrbios respiratórios e cardiovasculares, podendo levar o animal a morte (OBADONI e OCHURO, 2001; BOLARINWA et al., 2016). Kumar (1992) descreve que em bovinos e ovinos, o ácido cianídrico pode ser letal na dose de 2 a 4 mg de $HCN.Kg^{-1}$ de peso vivo.

De acordo com o teor de HCN, a mandioca pode ser classificada como inócua, moderadamente venenosa e venenosa. Sendo inócua, quando apresenta menos de 50 mg de $HCN.Kg^{-1}$ de raiz fresca; moderadamente venenosa, quando apresenta entre 50 e 100 mg de $HCN.Kg^{-1}$ de raiz fresca; e, venenosa, quando apresenta concentração acima de 100 mg de $HCN.Kg^{-1}$ de raiz fresca (BOLHUIS, 1954).

O conteúdo de HCN na mandioca varia, sobretudo, em razão da variedade e parte da planta, podendo apresentar alterações de acordo com as condições de cultivo, época de colheita e condições ambientais (BORGES et al., 2002). As cultivares venenosas, também conhecidas como bravas, são consideradas cultivares selvagens e possuem sabor amargo, devido ao elevado teor de HCN. As cultivares inócuas, também chamadas de mansas e consideradas domesticáveis, não possuem sabor amargo, e podem ser consumidas *in natura*, ou após processamento simples (McMAHON et al., 1995).

Existe uma grande quantidade de cultivares "amargos", que contém até 500 mg. Kg^{-1} de peso fresco, porém a maioria dos cultivares de mandioca tem conteúdo de glicosídeos cianogênicos na raiz inferior a 100 $mgKg^{-1}$ do peso fresco (WHEATLEY e

CHUZEL, 1993). No entanto, a ingestão prolongada de cianeto, mesmo que em baixa quantidade, como é o caso das mandiocas mansas, pode ser responsável por causar efeitos deletérios ao animal (SOTO-BLANCO e GORNIAR, 2010).

Segundo Faria et al. (2011) várias formas de processamento podem ser utilizadas para melhorar o aproveitamento da mandioca na alimentação animal e reduzir o teor de HCN, como a secagem e ensilagem desse alimento. Tewe (1992) relatou que a secagem ao sol pode reduzir a concentração de HCN em até 86% na raiz da mandioca. Com relação a ensilagem, Nguyen et al. (2010) mostraram que foi possível reduzir a concentração de HCN da parte aérea da mandioca em até 80%, após 90 dias de armazenamento. Soares (2003) descreveu que nas raízes, 65% o teor de HCN foi reduzido após 29 dias de ensiladas.

Além de reduzir o teor de HCN a níveis seguros para alimentação animal, a ensilagem conserva o valor nutritivo do alimento fresco por longo período, sendo uma estratégia de preservação do alimento que viabiliza seu uso a longo prazo, principalmente para a raiz da mandioca, que devido ao elevado teor de umidade, torna-se altamente perecível (CARVALHO, 1983; CEREDA, 1996; CALDAS NETO et al., 2000; LIMA et al, 2010).

2.1. Parte aérea de mandioca

A parte aérea da mandioca corresponde toda a porção da planta acima do solo, incluindo caule, pecíolo e folha. Do ponto de vista nutricional, apresenta elevado teor proteico e baixo teor de fibras, comparado a várias gramíneas tropicais, com boa produção forrageira, sendo fonte de nutrientes, principalmente de proteína (KHANG; WIKTORSSON, 2006). No entanto, a parte aérea da mandioca é, geralmente, perdida no campo após a colheita das raízes (MODESTO et al., 2004; LIMA et al., 2010).

Segundo Sena et al. (2014) somente um quinto da parte aérea da mandioca é destinada para produção de manivas sementes, empregadas no replantio de novas áreas de cultivo e, aproximadamente 80% é descartado.

O seu aproveitamento na alimentação animal é alternativa para suplementação na dieta de ruminantes. Entretanto para alcançar o aproveitamento máximo desse recurso alimentar, é necessário conhecer o valor nutricional e as frações de nutrientes que os animais conseguem digerir e utilizar desse alimento (MODESTO et al., 2004; PINHO et al., 2004; AZEVEDO et al., 2006).

2.1.1. Composição química

A composição química da parte aérea de mandioca é influenciada pela variedade e idade da planta, podendo apresentar média de 27,12% de matéria seca (MS); 92,89% de matéria orgânica (MO); 18,85% de proteína bruta (PB); 50,65% de fibra em detergente neutro (FDN); 38,73% de fibra em detergente ácido (FDA); 11,15% lignina (Tabela 1).

Tabela 1. Composição química da parte aérea de mandioca na forma *in natura* e silagem, de acordo com registros da literatura.

Parte aérea de mandioca	Composição química *(%MS)*							Referências
	MS	MO	PB	FDN	FDA	Lignina	CNF	
In natura	36,32	93,63	21,37	-	-	-	-	Araújo et al. (1982)
	25,22	94,58	13,58	64,90	42,69	13,46	-	Sena et al. (2014)
	30,05	95,48	7,49	66,76	47,62	-	-	Salles et al. (2016)
	21,87	-	10,98	59,93	46,22	-	-	Fernandes et al. (2016)
	29,21	92,22	14,10	58,63	40,25	-	-	Pereira et al. (2017)
	26,90	95,74	14,49	66,79	41,41	-	-	Moreira et al. (2017)
	22,42	92,94	23,73	40,23	35,01	3,35	-	Santos et al. (2020)
Média	27,42	80,65	15,10	59,54	42,20	8,40	-	
Silagem	25,51	92,90	19,19	39,73	29,84	9,12	-	Faustino et al. (2003)
	25,20	92,58	19,46	50,75	40,86	12,43	21,53	Modesto et al. (2004)
	25,07	93,27	19,13	48,96	-	16,07	-	Ferreira et al. (2007)
	25,64	92,43	11,95	50,04	44,17	13,80	31,82	Modesto et al. (2008)
	17,00	-	19,10	55,10	45,70	13,30	15,90	Silva et al. (2010)
	25,12	-	16,43	61,25	41,94	13,88	-	Marques et al. (2013)
	22,85	-	14,27	55,58	44,47	-	-	Longhi et al. (2013)
	25,30	92,5	15,10	60,30	44,50	-	-	Fluck et al. (2017)
	24,80	92,9	23,00	44,30	32,40	-	-	Wanapat et al. (2018)
	21,97	92,87	24,57	39,96	32,24	-	21,30	Santos et al. (2020)
Média	23,85	92,77	18,22	50,60	39,57	13,10	22,64	

MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos.

As folhas da mandioca apresentam alta concentração de lisina, com deficiência apenas de metionina e triptofano. No entanto, apresentam elevado teor de lignina além de alta concentração de taninos, compostos fenólicos capazes de formar um complexo insolúvel com proteínas, tornando-as indigestíveis ou com baixa digestibilidade (REED et al., 1982; AWOYINKA et al., 1995; AZEVEDO et al., 2006). Segundo Wanapat et al. (1997), a parte aérea da mandioca é fonte de proteína by-pass, pois a presença de tanino nas folhas protege a proteína da fermentação ruminal e permite o aumento do aproveitamento de aminoácidos no intestino delgado (KIYOYHONG e WANAPAT, 2003).

Com relação à silagem de parte aérea de mandioca, assim como na forma *in natura*, a composição química é influenciada pela variedade, idade da planta e pela proporção caule e folha da planta ensilada, apresentando em média de 23,85% de MS; 92,77% de MO; 18,22% de PB; 50,60% de FDN; 35,90% de FDA; 13,10% de lignina; 22,64% CNF (Tabela 1).

Segundo Pinho et al. (2004) a adoção da parte aérea de mandioca no sistema de produção dependerá da conservação da planta. Dentre os meios usuais de conservação da forragem, a ensilagem além de reduzir a concentração de glicosídeos cianogênicos, através da volatilização do ácido cianídrico, a níveis não tóxicos ao animal (SOTO-BLANCO e GÓRNIAK, 2010), preserva as características químicas do alimento original.

2.1.2. Perfil fermentativo e estabilidade aeróbia

O baixo teor de MS (<30%) pode ser uma problemática à fermentação na ensilagem da parte aérea de mandioca (FRANCISCO et al. 2016). Além disso, outro fator importante, é o elevado teor de PB, que pode levar a um efeito tamponante e dificultar a redução do pH a níveis ideais para a fermentação da silagem (SOUZA et al., 2018).

A parte aérea da mandioca apresenta alto teor de umidade (MODESTO et al., 2008; FLUCK et al., 2017), o que pode potencializar a atividade de bactéria do gênero *Clostridium* e causar fermentação indesejável, aumentando significativamente as perdas na qualidade nutricional da silagem devido à proteólise (LIU et al., 2011).

No entanto, Mota et al. (2011) verificaram que diferentes porções da parte aérea de quatro variedades de mandioca, proporcionam silagens com valores de pH dentro da faixa considerada ideal, apesar do alto valor proteico e teor de matéria seca inferior à 30%. Os autores classificaram a silagem da planta inteira da mandioca como de média qualidade, por apresentar valores de pH entre 4,2 e 4,5, mas capaz de inibir a atividade de bactérias do gênero *Clostridium*. O terço superior da parte aérea foi considerada de ótima qualidade fermentativa, com alta concentração de ácido lático (9,40 %MS), baixo valor de nitrogênio amoniacal (1,34% N-total) e menores perdas de matéria seca, com valores de pH de 3,91. A diferença na qualidade de fermentação entre essas porções da parte aérea de mandioca, foi atribuída ao maior teor de carboidratos solúveis presentes no terço superior da parte aérea em relação a planta inteira.

Napasirth et al. (2015) ao avaliarem os efeitos do uso de inoculantes sobre a fermentação das silagens de parte aérea e casca de mandioca, verificaram que esses resíduos apresentaram altas contagens de bactérias ácido láticas (BAL), com $7,5 \times 10^4$

ufc.g^{-1} de BAL na silagem de parte aérea, e conteúdo nutricional satisfatório, proporcionando silagens bem conservadas, com pH abaixo de 4,0, e boa qualidade fermentativa, a qual foi melhorada quando tratadas com inoculantes bacterianos.

Oliveira et al. (2018) observaram que a inclusão de parte aérea de mandioca na ensilagem da gliricídia aumentou do teor de matéria seca, carboidratos não fibrosos e ácido lático na silagem, promovendo menores perdas de matéria seca, pH baixo, e diminuição nos teores de ácido butírico e N-HN3 na silagem, evidenciando melhora no padrão de fermentação.

Com relação à estabilidade aeróbia da silagem de parte aérea de mandioca, Moraes (2021) registro estabilidade de 4,63 dias, o que foi atribuído à fermentação acética ocorrida nas silagens avaliadas, ou pela presença do ácido cianídrico, que pode ter atividade inibitória sobre o microrganismo deteriorante. Segundo Kung Jr. et al. (2018), o alto teor de umidade na silagem (>70%) resulta em vias de fermentação que produzem ácido acético. O ácido acético conserva a massa ensilada, inibindo fermentações indesejáveis na fase de exposição ao ar, conferindo maior estabilidade á silagem (McDONAL et al., 1991).

A estabilidade aeróbia, consideravelmente prolongada da silagem de parte aérea de mandioca, pode ser resultado da ação de outros compostos presentes na mandioca, como os taninos, que apresentam ação inibitória de microrganismos deteriorantes (MUIR, 2011; NASIR e HAMAD, 2014). Essa inibição de crescimento microbiano está relacionada ao aumento da estabilidade aeróbia da silagem após abertura do silo (MUIR, 2011).

2.1.3. Valor nutritivo e desempenho animal

A utilização da parte aérea da mandioca é alternativa para aumentar e melhorar a viabilidade econômica e a produtividade na pecuária, considerando o valor proteico elevado e boa produtividade desse alimento (FERREIRA et al., 2009). A caracterização do valor nutritivo da silagem da parte aérea da mandioca, mantém relação direta com sua digestibilidade e desempenho dos animais (SILVA et al., 2012), sendo, portanto, de fundamental importância a sua caracterização, tendo em vista a previsão de respostas produtivas e, consequente viabilidade econômica no sistema de produção, com o uso desse alimento em substituição àqueles alimentos mais onerosos.

Modesto et al. (2008) estudaram os efeitos da substituição da silagem de milho pela silagem da rama de mandioca em vacas não lactantes e não observaram efeito do nível de substituição sobre o consumo, digestibilidade dos nutrientes e os parâmetros ruminais.

Entretanto, a digestibilidade aparente da proteína apresentou efeito linear negativo à medida que a silagem de milho foi substituída pela silagem de rama de mandioca.

Sudarman et al. (2016) avaliaram o consumo de nutrientes e o desempenho de ovinos alimentados com inclusão de 20% de silagem de folha da mandioca ao concentrado e verificaram que não houve efeito no consumo de matéria seca, mas houve efeito no consumo de proteína, gordura, fibra bruta e nutrientes digestíveis totais, sendo maiores nos animais alimentados com silagem de folha de mandioca. Os autores apontam que 20% de silagem de folha da mandioca com forragem picada pode aumentar o peso corporal e a eficiência alimentar de ovinos.

Viennasay et al. (2018) ao avaliarem a substituição em diferentes níveis da palha de arroz pela silagem de parte aérea de mandioca em novilhas leiteiras, observaram maior retenção de nitrogênio à medida que se aumentou a inclusão da silagem de parte aérea de mandioca na dieta. O consumo de matéria seca não foi afetado, mas houve melhora na digestibilidade aparente da matéria seca e nutrientes, com aumento da silagem na dieta.

Oliveira et al. (2014) avaliaram o desempenho produtivo de cordeiros alimentados com silagem de parte aérea com adição de 10% de farinha de varredura, farelo de jaca ou bagaço de laranja e observaram que o ganho de peso e a conversão alimentar não foram influenciadas pelas dietas, recomendando a utilização da silagem de parte aérea, sem ou com adição de aditivos alternativos, na alimentação desses ruminantes.

2.2. Raiz de mandioca

A raiz é o produto principal obtido da mandioca, embora sua produção seja destinada principalmente para a alimentação humana, é importante fonte de energia, rica em amido e carboidratos não-estruturais, podendo ser aproveitada na alimentação animal na forma *in* natura, desidratada, raspa ou farelo, ou na forma de silagem (TEWE & LUTALADIO 2004; UCHECHUKWU-AGUA et al., 2015).

Por apresentarem boas características nutricionais e ampla disponibilidade, esse alimento é uma importante opção para nutrição animal (GUIM et al., 2023), podendo ser alternativa alimentar, utilizada em substituição a alimentos energéticos mais caros da dieta animal, como o milho (SUDARMAN et al., 2016; SAREE et al., 2017; GALVÃO et al., 2024).

2.2.1 Composição química

A composição química da raiz de mandioca pode ser influenciada pelo cultivar, idade da planta e pelas condições ambientais. Apresenta em média 37,80% de MS; 97,05% de MO; 2,67% de PB; 10,52% de FDN; 4,18% de FDA; 86,74% de CNF (Tabela 2) e, 25,9 a 30,3% de amido aos 12 meses (SRIROTH et al., 2000).

Tabela 2. Composição química da parte aérea de mandioca na forma *in natura* e silagem, de acordo com registros da literatura.

Raiz de mandioca	Composição química						Referências
	MS	MO	PB	FDN	Lignina	CNF	
In natura	33,88	96,92	3,09	-	-	-	Figueiredo et al. (2006)
	40,19	98,09	2,89	-	-	-	Dantas et al. (2010)
	37,63	98,31	2,69	-	-	-	Moreira et al. (2017)
	39,03	-	2,36	15,57	-	-	Fernandes et al. (2016)
	38,28	94,89	2,32	5,48	-	86,74	Pitirini et al. (2021)
Média	37,80	97,05	2,67	10,52	-	86,74	
Silagem	34,40	-	2,40	12,00	0,20	83,2	Silva et al. (2010)
	43,21	97,45	3,19	8,79	2,01	82,30	Vieira et al. (2017)
	39,86	95,47	2,20	4,39	-	88,20	Pitirini et al. (2021)
	39,77	95,36	2,69	4,90	2,70	87,37	Garcez et al. (2022)
	40,29	90,02	6,02	6,58	-	-	Silva et al. (2022)
	39,30	97,4	3,40	-	-	-	Galvão et al. (2024)
Média	39,47	95,14	3,32	7,33	1,64	85,27	

MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos

O amido da mandioca é caracterizado pela alta degradabilidade ruminal, comparado a outras fontes de energia na dieta, como os grão de cereais, principalmente o milho (NOCEK e TAMMINGA, 1991). Isso porque, o amido, formado por dois polímeros de glicose, a amilose e amilopectina, apresenta digestibilidade inversamente proporcional à quantidade de amilose presente em seus grânulos (VAN SOEST, 1994). O amido da mandioca apresenta, em média, 17% de amilose, 83% de amilopectina e 91% de digestibilidade ruminal, enquanto o milho, 24%, 76% e 61%, respectivamente (CIACCO e CRUZ, 1982; SIMAS et al., 2008).

Além disso, outro fator associado à maior degradabilidade efetiva do amido da mandioca, deve-se a ausência de pericarpo, endosperma córneo e periférico, matriz proteica e menor proporção de lipídios nos grânulos de amido, que permite maior capacidade de expansão do amido em meio aquoso, sendo facilmente fermentado pelos microrganismos ruminais, favorecendo a utilização desse carboidrato pelos animais (RANGEL et al., 2008).

As raízes da mandioca são, portanto, boa fonte de amido degradável no rúmen. No entanto, apresentam vida útil curta, pois são altamente perecíveis. Por apresentarem elevado teor de umidade, tornam-se não comestíveis dentro de 24 a 72 horas após a colheita, devido um rápido processo de deterioração fisiológica que sofrem (BAYOUMI et al., 2010). A ensilagem da raiz de mandioca tem sido uma opção eficiente para preservar o seu valor nutricional, possibilitando armazenar por longo período esse alimento, aumentando sua vida útil, além de reduzir os riscos de intoxicação por compostos cianogênicos (PADMAJA, GEROGE e BALAGOPALAN, 1994; ALMAGUEL et al., 2011; SENA et al., 2014).

A silagem de raiz de mandioca, ao conservar o valor nutritivo do alimento *in natura*, pode apresentar em média 39,47% de MS; 95,14% de MO; 3,32% de PB; 7,33% de FDN; 2,89% de FDA; 1,64% de lignina; 85,27% CNF, conforme registros encontrados na literatura (Tabela 2).

2.2.2. Perfil fermentativo e estabilidade aeróbia

Fatores relacionados às características do alimento como conteúdo de matéria seca e de carboidratos solúveis, irão influenciar o processo de fermentação e determinar a qualidade final da silagem (KUNG JR. et al., 2018). O teor de matéria seca descrito como ideal para ocorrer fermentação adequada é de 30 a 35% (McDonald, 1991), mas é considerada aceitável uma variação de 28 até 40% (JOBIM et al., 2007). Nesse sentido, a raiz de mandioca apresenta características adequadas ao processo de fermentação, com elevado teor de carboidratos solúveis, que convertidos à ácidos orgânicos, principalmente o ácido lático, permite a rápida redução de pH, impedindo o desenvolvimento de microrganismos que deterioram e alteram o valor nutritivo desse alimento (ZANINE et al., 2010; MACHADO et al., 2012; ARAÚJO et al., 2016).

Garcez et al. (2022) avaliaram o perfil fermentativo da silagem de raiz de mandioca e registraram valores de pH inferiores a 4,00. Segundo Kung et al. (2018), as silagens conservadas de maneira adequada apresentam pH que variam entre 3,8 e 4,2, o que demonstra que a silagem de raiz de mandioca apresenta boa fermentação.

Pitirini et al. (2021) ao avaliarem o perfil fermentativo e a estabilidade aeróbia da silagem da raiz da mandioca, observaram bom padrão de fermentação e preservação da composição química das raízes, apresentando pH de 4,10 a 4,35 e elevada recuperação de matéria seca. Os autores, registraram estabilidade aeróbia da silagem, após abertura do silo, de 131 horas, o que foi considerada alta em comparação à estabilidade aeróbia de

outras culturas como milho que é mais propensa a deterioração e pode apresentar estabilidade inferior a 48 horas (RANJIT e KUNG, 2000; BASSO et al., 2012).

Garcez et al. (2022) avaliaram o perfil fermentativo da silagem de raiz de mandioca e registraram valores de pH inferiores a 4,00. Segundo Kung et al. (2018), as silagens conservadas de maneira adequada apresentam pH que variam entre 3,8 e 4,2, o que demonstra que a silagem de raiz de mandioca apresenta boa fermentação.

2.2.3. Valor nutritivo e desempenho animal

Além do elevado valor energético, a raiz de mandioca apresenta boa palatabilidade (Silva et al., 2008) e, o baixo teor de fibras, que associado a característica do amido, de alta degradabilidade, favorecem o consumo e contribuem para elevado coeficiente de digestibilidade desse alimento (Silva et al., 2010), o que garantir bom desempenho animal.

Segundo Vieira et al. (2017) a inclusão da silagem de raiz de mandioca aumenta linearmente o consumo de nitrogênio total e o balanço de nitrogênio na dieta de bovinos e não afeta as excreções de nitrogênio na urina e nas fezes, com a crescente inclusão da silagem de raiz de mandioca na dieta.

Galvão et al. (2024) ao avaliarem os efeitos da suplementação com silagem de raiz de mandioca para vacas leiteiras alimentadas com *Megathyrsus maximus* cv. Mombaça verificaram que o consumo da matéria seca e nutrientes não foi afetado, e o consumo de matéria orgânica, proteína bruta e nutrientes digestíveis totais foram maiores. A digestibilidade não sofreu efeito com a suplementação de silagem de raiz de mandioca, mas a produção de leite, a produção de leite corrigido para gordura, a proteína, lactose, caseína e sólidos do leite foram maiores nos animais suplementados.

Apesar de ser fonte diversificada de produtos com potencialidade de utilização na alimentação animal, a mandioca ainda precisa de melhores descrições sobre as características do valor nutricional e da influência que dietas formadas por esse alimento, silagens de parte aérea e raiz, exercem sobre o desempenho animal (AZEVEDO et al., 2006).

3. Referências bibliográficas

ALMAGUEL, R. E. *et al*. Utilización del ensilaje artesanal de yuca como fuente energética em dietas para cerdos de engorde. **Livestotock Research for Rural Development**, v. 23, p.41-47, 2011.

ALMEIDA, J. DE; FERREIRA FILHO, J. R. Mandioca : uma boa alternativa para alimentação animal. **Bahia Agrícola**, v. 7, n. 1, p. 50–56, 2005.

ARAÚJO, E. C.; LANGUIDEY, P. H. Composição química, consumo voluntário e digestibilidade aparente de fenos da rama da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 17, n. 11, p. 1679- 1684, 1982.

ARAÚJO, D. D. Nutritional evaluation of integral cassava root silages for growing pigs. **Animal Nutrition**, p. 149-153, 2016.

ÁVILA, C. L. S. *et al*. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 779-787, 2009.

AWOYINKA, A. F.; ABEGUNDE, V. O.; ADEWUSI, S. R. A. Nutrient content of young cassava leaves and assessment of their acceptance as a green vegetable in Nigeria. **Plant Foods Hum. Nutr.**, 47 (1), p. 21–28, 1995.

AZEVEDO, E. B. *et al*. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1902 – 1908, 2006.

BARROS, C. S. DE. *et al*. Rentabilidade da produção de ovinos de corte em pastagem e em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 2270–2279, 2009.

BASSO, F. C. *et al*. Características da fermentação e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com *Bacillus subtilis*. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v. 13, n. 4, p. 1009-1019, 2012.

BAYOUMI, S. A. L. *et al*. Constituents and secondary metabolite natural products in fresh and deteriorated cassava roots. **Phytochemistry** 71, p. 598–604, 2010

BIZZUTI, B. E. *et al*. Potential use of cassava by-product as ruminant feed. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 108, 2021.

BOLARINWA, I. F.; OKE, M. O.; OLANIYAN, S. A.; AJALA, A. S. A review of cyanogenic glycosides in edible plants. *In:* Soloneski, S. and Larramendy, M. (eds.). Toxicology: new aspects to this scientific conundrum. In TechOpen. Janeza Trdine, Rijeka, Croatia. p.218., 2016.

BOLHUIS, G. G. The toxicity of cassava roots. Netherlands. **Journal of Agricultural Science**, v. 2, n. 3, p. 176-185, 1954.

BORGES, M.; FUKUDA, W. M. G.; ROSSETTI, A. G. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1559-1565, 2002.

CALDAS NETO, S. F. *et al*. Mandioca e resíduos das farinheiras na alimentação de ruminantes: digestibilidade total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 2099-2108, 2000.

CARDOSO, A. *et al*. Processing of cassava roots to remove cyanogens. **Journal of Food**

Composition and Analysis, v. 18, n. 5, p. 451-460, 2005.

CARVALHO, J. L. H. DE. **A mandioca: raíz e parte aérea na alimentação animal.** Brasília, EMBRATER, 1983. 42 p.

CARVALHO, F. C. Disponibilidade de resíduos agroindustriais e do beneficiamento de produtos agrícolas. In: SIMPÓSIO SOBRE UTILIZAÇÃO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E RESÍDUOS DE COLHEITA NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES. **Anais…** São Carlos: Embrapa-UEPAE São Carlos, p.7-27, 1992.

CEREDA, M. P. Valorização de resíduos como forma de reduzir custos de produção. In. Congresso Brasileiro de Mandioca. Águas de São Pedro. **Anais...**, Botucatu - SP: 1996.

CIACCO, C. F.; CRUZ, R. **Fabricação de Amido e Sua Utilização**. São Paulo, 1982.

COSTA, D. A. *et al*. Avaliação nutricional da torta de dendê para suplementação de ruminantes na Amazônia Oriental. **Amazônia: Ci. & Desenv.**, Belém, v. 4, n. 8, jan./jun. 2009.

CURCELLI, F. *et al*. Uso da mandioca como fonte na dieta de ruminantes domésticos. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 4, p. 66-80, 2008.

DRIEHUIS, F.; VAN WIKSELAAR, P. G. The occurrence and prevention of ethanol fermentation in high-dry-matter grass silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 80(6), 711–718, 2000.

FARIA, P. B. *et al*. Processamento da casca de mandioca na alimentação de ovinos: desempenho, características de carcaça, morfologia ruminal e eficiência econômica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 12, p. 2929–2937, 2011.

FAUSTINO, J. O. Efeito da ensilagem do terço superior da rama de mandioca triturada ou inteira e dos tempos de armazenamento. **Acta Scientiarum.Animal Sciences**, v.25, n.2, p.403-410, 2003.

FERNANDES, F. D. *et al*. Produtividade e valor nutricional da parte aérea e de raízes tuberosas de oito genótipos de mandioca de indústria. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.17, n.1, p.1-12 jan./mar., 2016.

FERREIRA, G. D. G. *et al*. Valor Nutritivo de Co-produtos da Mandioca. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v. 8, n. 4, p. 364-374, 2007.

FERREIRA, A. L. *et al*. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça. **Rev. Bras. Saúde Prod. An.**, v. 10, n. 1, p. 983-990, 2009

FIGUEIREDO, M. P.; SOUZA, L. F.; FERREIRA, J. Q. Cinética da degradação ruminal da matéria seca da haste, da raiz, do feno da parte aérea e da silagem de raiz de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) tratada com uréia. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 43, n. 1, p. 11-17, 2006.

FLUCK, A. C. *et al*. Caracterização química da silagem de rama de cultivares de mandioca com ou sem pré-secagem. **Boletim de Indústria Animal**, v. 74, n. 3, p. 176-

181, 2017.

FRANCISCO, A. *et al*. Effect of feeding lambs with a tanniferous shrub (rockrose) and a vegetable oil blend on fatty acid composition of meat lipids. **Animal** 10, p. 2061–2073, 2016.

GALVÃO, L. T. O. *et al*. Effects of supplementing cassava root silage to grazing dairy cows on nutrient utilization, milk production and composition in the tropics. Tropical Animal Health and Production, v. 56, n. 120, 2024.

GARCEZ, K. F. *et al*. Perfil fermentativo, valor nutricional e microbiológico da silagem da raiz de mandioca com aditivos alimentares. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 10, 2022.

GERASEEV, L. C. PEREZ, J. R. O. PEDREIRA, B. C. **Manejo alimentar de cordeiros – alguns aspectos**. Lavras, Editora UFLA. 2000.

GOURLEY, L.M.; LUSK, J.W. Genetics parameters relatec to sorghum silage quality. **J. Sci. Food Agric.**, v. 61, n. 12, p. 1821-1827, 1978.

GUIM, A. *et al*. Carcass characteristics and meat quality of lambs fed diets with different roughage: concentrate ratios supplemented with liquid residue of cassava. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 45, 2023.

IBGE, 2023. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sidra: Sistema IBGE de Recuperação Automática.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **R. Bras. Zootec.**, v. 36, p. 101-119, 2007.

KHANG, D. N.; WIKTORSSON, H. Performance of growing heifers fed urea treated fresh rice straw supplemented with fresh, ensiled or pelleted cassava foliage. Livestock Science, 102, p. 130–139, 2006.

KIYOTHONG, K.; WANAPAT, M. Supplementation of Cassava Hay and Stylo 184 Hay to Replace Concentrate for Lactating Dairy Cows. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, 17(5), 2004.

KUNG JR., L. *et al*. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4020-4033, 2018.

KUMAR, R. 1992. Anti-nutritional factors, the potential risks of toxicity and methods to alleviate them. *In:* SPEEDY, A., PUGLIESE, P. (Eds.), Legume Trees and Other Fodder Tree as Protein Sources for Livestock, FAO, Animal Production and Health Paper, vol. 102, p. 145 – 160.

LI, M. *et al*. Silage fermentation, chemical composition and ruminal degradation of king

grass, cassava foliage and their mixture. **Grassland Science**, 1–6, 2018.

LIMA, B. S. *et al*. Mandioca na alimentação animal: Revisão de literatura. **PUBVET**, Londrina, v. 4, n.37, ed. 142, 2010.

LIU, Q.; ZHANG, J.; SHI, S.; SUN, Q. The effects of wilting and storage temperatures on the fermentation quality and aerobic stability of stylo silage. **Anim Sci J**, p. 549–553, 2011.

LONGHI, R. M. *et al*. Composição bromatológica e pH da silagem de diferentes frações da parte aérea da mandioca tratada com doses crescentes de óxido de cálcio. **Comunicata Scientiae** 4(4): 337-341, 2013.

MACÊDO, A. J. S.; SANTOS, E. M. O.; OLIVEIRA, J. S.; PERAZZO, A. F. Microbiologia de silagens: Revisão de Literatura. **REDVET**, v. 18, n. 9, 2017.

MACHADO, F. S.. RODRIGUEZ, N. M.; RODRIGUES, J. A. S.; et al. Qualidade da silagem de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 64, n. 3, p. 711-720, 2012.

MARQUES, K. M. S. *et al*. Cinética de fermentação in vitro de silagens da parte aérea de mandioca. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v. 14, n. 1, p. 233-247, 2013

MARTINS, E. C. *et al*. **Terminação de cordeiros em confinamento: avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais**. 48° Congresso da Sociedade de Economia Administração e Sociologia Rural. **Anais**...Campo Grande - MG: 2010.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**, 2ª ed, Marlow: Chalcombe Publications, 340p., 1991.

McMAHON, J. M. *et al*. REVIEW ARTICLE: Cyanogenesis in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of Experimental Botany**, v. 46, n. 7, p. 731-741, 1995.

MODESTO, E. C. *et al*. Caracterização quimico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 26, n. 1, p. 137-146, 2004.

MODESTO, E. C. *et al*. Inclusão de silagem de rama de mandioca na alimentação de vacas em lactação , mantidas em pasto de Cynodon : consumo e digestibilidade. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 258, p. 127–135, 2006.

MODESTO, E. C. *et al*. Substituição da silagem de milho pela silagem de rama de mandioca na alimentação de vacas leiteiras: consumo e digestibilidade dos nutrientes. **Acta Sci. Anim. Sci.** Maringá, v. 29, n. 4, p. 359-364, 2007.

MODESTO, E. C. *et al*. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em vacas gestantes alimentadas com silagem de rama de mandioca. **R. Bras. Zootec.**, v. 37, n. 5, p. 944-950, 2008.

MORAES, E. H. B. K. *et al*. Sistemas intensivos de produção de carne bovina com uso de suplementos múltiplos. In: Simpósio Matogrossence de bovinocultura de corte. **Anais...** Mato Grosso - MT: 2013.

MORAES, L. M. **Qualidade fermentativa da silagem da parte aérea e de raiz de mandioca em função da idade de colheita e tempos de armazenamento.** Dissertação. Programa de Pós-graduação em Saúde e Produção Animal, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém – Pará. 2021, p. 68.

MOREIRA, G. L. P. *et al*. Composição bromatológica de mandioca (Manihot esculenta) em função do intervalo entre podas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 144-153, 2017.

MOTA, A. D. S. *et al*. Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. **R. Bras. Zootec.**, v. 40, n. 7, p. 1466-1473, 2011.

MUCK, R.E. Microbiologia silagem e seu controle por meio de aditivos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 183-191, 2010.

MUIR, J. P. The multi-faceted role of condensed tannins in the goat ecosystem. **Small Ruminant Research** 98, p. 115–120, 2011.

NAPASIRTH, V. *et al*. Microbial population, chemical composition and silage fermentation of cassava residues. **Animal Science Journal**, v. 86, 842–848, 2015.

NASIR, H. A. B.; HAMAD, N. A. B. Effect of tannic acid on growth and acid production of candida albicans. **Pakistan Oral & Dental Journal**, p. 405-408, 2014.

NGUDI, D. D.; KUO, Y. H.; LAMBEIN, F. Cassava cyanogens and free amino acids in raw and cooked leaves. **Food Chemical Toxicology**, 41, p. 1193–1197, 2003.

NGUYEN. T. H. L.; NGOAN, L. D.; VERSTEGEN, M. W. A; HENDRIKS, W. H. Ensiling techniques for preserving cassava leaves. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2010 (submetido).

NOCEK, J. E.; TAMMINGA, S. Site of Digestion of Starch in the Gastrointestinal Tract of Dairy Cows and Its Effect on Milk Yield and Composition. **Journal of Dairy Science**, vol. 74, n. 10, 1991.

NUNES, H.; ZANINE, A. D. M.; CARVALHO, T. M. M. M. F. C. DE. Alimentos alternativos na dieta dos ovinos : Uma revisão Alternative feeds in diets for sheep : A review. **Archi. Latinoam. Prod. Anim.**, v. 15, n. May 2014, p. 147–158, 2007.

OBADONI, B. O.; OCHUKO, P. O. Phytochemical studies and comparative efficacy of the crude extract of some homeostatic plants in Edo and Delta states of Nigeria. **Global Journal of pure and Applied Science**, l8, p. 23 – 208, 2001.

OLIVEIRA, A. P. D. *et al*. Effect of ensiling gliricidia with cassava on silage quality, growth performance, digestibility, ingestive behavior and carcass traits in lambs. **Animal Feed Science and Technology**, 241, p. 198-209, 2018.

OLIVEIRA, J. Q. *et al*. Desempenho produtivo e concentrações de N-ureico em ovinos alimentados com parte aérea da mandioca ensilada com aditivos alternativos. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v. 15, n. 3, p. 570-583, 2014.

OKE, O. L. Problems in the use of cassava as animal feed. **Animal Feed Science and Technology**, 3, p. 354–380, 1978.

PADMAJA, G.; GEROGE, M.; BALAGOPALAN, C. 1994. Ensiling as an Innovative Biotechnological Approach for Conservation of High Cyanide Cassava Tubers for Feed Use. In Proceedings of the Second International Scientific Meeting of Cassava Biotechnology Network, Bogor, Indonesia, 22–26, p. 784–794.

PAHLOW, G. *et al*. Microbiology of ensiling. *In:* BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) Silage science and technology. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2003. p.31-94.

PEREIRA, L. C. *et al*. Aerial parts of cassava as partial replacement for feed concentrates in the diet of lambs raised in semi-confinement. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 2, p. 943-956, 2017.

PIMENTEL, L. R. *et al*. Feeding behavior of lactating cows fed palm kernel cake in the diet. **Acta Scientiarum**, v. 37, n. 1, p. 83–89, 2015.

PINHO, E. Z. *et al*. Fermentation and nutritive value of silage and hay made from the aerial part of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Sci. Agric.**, v. 61, n. 4, p. 364-370, 2004.

PITIRINI, J. S. *et al*. Fermentation profile and chemical composition of cassava root silage. **Acta Amazonica**, p. 191-198, 2021.

RAMALHO, R. P. *et al*. Substituição do milho pela raspa de mandioca em dietas para vacas primíparas em lactação. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.3, p.1221-1227, 2006.

RANGEL A. H. N. *et al*. Utilização da mandioca na alimentação de ruminantes. **Revista Verde Agroecologia Desenvolv. Sustent.**, 3(2), p. 1-12, 2008.

RANJIT, N. K.; KUNG JR., L. The effect of Lactobacillus buchneri, Lactobacillus plantarum, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, p. 526– 535, 2000.

REED, J. D.; McDOWELL, R. E.; VAN SOEST, P. J.; HORVATH, P. J. Condensed tannins: a fator limiting the use of cassava forrage. **Journal Science Food Agriculture**, v. 33, n. 3, p. 213-220, 1982.

RÉGNIER, C.; BOCAGE, B.; ARCHIMEDE, H.; RENAUDEAU, D. Effects of processing methods on the digestibility and palatability of cassava root in growing pigs. **Animal Feed Science and Technology** 162, p. 135–143, 2010.

REICH, J.; KUNG JR., L. Effects of combining Lactobacillus buchneri 40788 with various lactic acid bacteria on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 159, n. 3, p. 105-109, 2010.

RODRIGUES FILHO, J. A.; CAMARÃO, A. P.; AZEVEDO, G. P. C. **Utilização da torta de amêndoa de dendê na alimentação de ruminantes.** Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001 24p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 111).

SALLES, M. S. V. *et al*. Characterization of cassava (Manihot Esculenta Crantz) aerial parts for ruminant feeding. **Ars Veterinaria**, v. 32, n. 1, p. 42-54, 2016.

SANTOS, L. C. *et al*. Bromatological quality of silage from cassava residues: fractionation of proteins and carbohydrates. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v. 21, p. 01-13, 2020.

SAREE, S. *et al*. Comparative effects of corn-based diet and phase-fed cassava-based diet on growth rate, carcass characteristics and lipid profile of meat type ducks. **Asian-Australas J. Anim. Sci**., 30 (6), p. 843–848, 2017.

SCUDAMORE, K.A.; LIVESEY, C.T. Occurrence and significance of mycotoxins in forage crops and silage: a review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 77, p. 1-17, 1998.

SENA, Leonardo Sicupira et al. Degradabilidade das silagens de diferentes frações da parte aérea de quatro cultivares de mandioca. **Ciência Animal Brasileira**, v. 15, n. 3, p. 249-258, 2014.

SILVA, M. A. A. *et al*. Avaliação nutricional e desempenho da silagem de raiz de mandioca contendo ou não soja integral em dietas para suínos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. Maringá, v. 32, n. 2, p. 155-161, 2010.

SILVA, C. F. P. G. *et al*. Cinética e parâmetros de fermentação ruminal *in vitro* de silagens de parte aérea e raízes de mandioca. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 64, n. 6, p. 1639-1648, 2012.

SILVA, A. C. *et al*. Use of dried cassava root to replace corn in supplementation of Holstein cows grazing and consuming spontaneously, apparent digestibility and energy metabolismo. **Semina-Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 2259-2273, 2015.

SOARES, J. G. G. Avaliação da silagem de maniçoba - Teor de ácido cianídrico. **Comunicado técnico da Embrapa Semiárido**, v. 93, p. 1–3, 2003.

SIMAS J. M. C. *et al*. Efeitos de fontes e formas de processamento do amido na utilização de nutrientes e parâmetros ruminais de vacas em lactação. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, 60(5), p. 1128-1134, 2008.

SOTO-BLANCO, B.; GORNIAK, S. L. Toxic effects of prolonged administration of leaves of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) to goats. **Experimental and Toxicologic Pathology**, v. 62, p. 361–366, 2010.

SOUZA, C. M. *et al*. Lambs fed cassava silage with added tamarind residue: silage

quality, intake, digestibility, nitrogen balance, growth performance and carcass quality. **Animal Feed Science and Technology** 235, p. 50–59, 2018.

SRIROTH, K.; PIYACHOMKWAN, K.; WANLAPATIT, S.; OATES, C. G. Cassava Starch Technology: The Thai Experience. **Starch/Stärke**, 52, p. 439–449, 2000.

SUDARMAN, A. *et al*. The use of cassava leaf silage as a substitute for concentrate feed in sheep. **Trop. Anim. Health Prod.**, 48(7), p. 1509-1512, 2016.

TININI, R. C. R. Parte aérea da mandioca como um alimento alternativo na dieta de vacas em lactação. 2018. 132 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2018.

TEWE, O. O. Detoxification of cassava products and effects of residual toxins on consuming animals. *In. Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding*. Proceedings of the FAO Expert Consultation held in CIAT, Cali, Colombia 21–25 January 1992.

TEWE O. O.; LUTALADIO, N. 2004. **Cassava for livestock feed in subSaharan Africa**. Rome, Italy: FAO.

UCHECHUKWU-AGUA, A. D.; CALEB, O. J.; OPARA, U. L. Postharvest Handling and Storage of Fresh Cassava Root and Products: a Review. **Food Bioprocess Technol.**, p. 729–748, 2015.

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

VIEIRA, P. A. S. *et al*. Parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio em bovinos alimentados com silagem da raiz de mandioca. **Pesq. Vet. Bras.**, 37(8):883-890, 2017.

VIENNASAY, B. *et al*. Replacement of rice straw with cassava-top silage on rumen ecology, fermentation and nutrient digestibilities in dairy steers. **Animal Production Science**, 2018.

VILPOUX, O. F. *et al*. Sheep confined and fed with diet based on hole cassava as appropriate technology for small producers in Brazil. **Revista Brasileira de Gestao e Desenvolvimento Regional**, v.9, Issue 1, p. 211-235, 2013.

WANAPAT, M. *et al*. Cassava hay: A new strategic feed for ruminants during the dry season. **Livestock Research for Rural Development**, v. 9, n. 2, 1997.

WHEATLEY, C. C.; CHUZEL, G. Cassava: The natural oh the tuber and use as a raw material. In: MACRAE, R.; ROBINSON, R. K.; SADLEER, M. J. (Ed) **Encyclopedia of food science, food technology, and nutrition.** San Diego: Academic Press, 1993, p. 734 – 743.

CAPÍTULO 2: ESTABILIDADE AERÓBIA DE DIETAS COMPOSTAS POR SILAGENS DE PARTE AÉREA E RAIZ DE MANDIOCA.

Artigo científico redigido sob as normas do periódico: *Revista Brasileira de Zootecnia*.

RESUMO

Objetivou-se avaliar a estabilidade aeróbia das silagens de parte aérea e raiz de mandioca, bem como das dietas, contendo essas silagens. Utilizou-se dois delineamentos inteiramente casualizados: 1 - com três tratamentos e quatro repetições, para avaliação da estabilidade aeróbia (EA) da silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM); 2 - com quatro tratamentos, em esquema fatorial 2×2, duas fontes de volumoso (SM ou SPAM) e duas fontes de concentrado energético (milho moído – MM; ou SRM), com quatro repetições. Avaliou-se a população microbiana e o pH durante os dias 0, 4 e 7 de exposição aeróbia e, a EA durante todo o período de exposição. Houve interação silagem × dia de exposição aeróbia para todas as variáveis analisadas ($p<0.05$). A população de bactérias ácido láticas (BAL) foi menor do dia 4 de exposição aeróbia em todas as silagens ($p=0.0122$). As SM e SPAM apresentaram maior população de enterobactérias ($p=0.0024$), leveduras ($p=0.0165$) e mofo ($p<0.0001$) e maior pH ($p<0.0001$). A SRM, manteve pH abaixo de 4.00, até o final do período avaliado. Observou-se diferença entre as silagens para EA ($p<0.0001$). A EA foi maior na SRM (>7.5 dias), seguida da SPAM (4.38 dias) e SM (0.22 dias). Houve interação volumoso × concentrado × exposição aeróbia para todas as variáveis analisadas nas dietas ($p<0.05$). A população de BAL e enterobactérias foi maior no dia 7 de exposição ($p<0.05$) e de leveduras, a partir do dia 4. A população de mofo foi maior nas dietas compostas por SM. As dietas SPAM+MM e SPAM+SRM apresentaram maior EA, seguidas pela SM+SRM e SM+MM ($p<0.0001$). As SPAM e SRM, conferiram maior estabilidade aeróbia às dietas compostas por essas silagens, prolongando seu tempo de vida útil no cocho.

Palavras-chave: alimentos não convencionais, conservação de forragens, *Manihot esculenta*, nutrição de ruminantes, proteico energético, qualidade da silagem

ABSTRACT

The aim was to evaluate the aerobic stability of cassava shoot and root silages, as well as diets containing these silages. Two completely randomized designs were used: 1 - with three treatments and four replications, to evaluate the aerobic stability (AS) of whole plant corn silage (WPCS), cassava shoot silage (CSS) and cassava root silage (CRS); 2 - with four treatments, in a 2×2 factorial, two sources of roughage (WPCS or CSS) and two sources of energy concentrate (ground corn - MM; or CRS), with four replications. The microbial population and pH were assessed during days 0, 4 and 7 of aerobic exposure, and the AS during the entire exposure period. There was an interaction between silage and day of aerobic exposure for all the variables analyzed ($p<0.05$). The population of lactic acid bacteria (LAB) was lower on day 4 of aerobic exposure in all silages ($p=0.0122$). WPCS and CSS had higher populations of enterobacteria ($p=0.0024$), yeasts ($p=0.0165$) and mold ($p<0.0001$) and higher pH ($p<0.0001$). CRS maintained a pH below 4.00 until the end of the evaluation period. There was a difference between the silages in AS ($p<0.0001$). AS was higher in CRS (>7.5 days), followed by CSS (4.38 days) and WPCS (0.22 days). There was an interaction between roughage × concentrate × aerobic exposure for all the variables analyzed in the diets ($p<0.05$). The population of LAB and enterobacteria was higher on day 7 of exposure ($p<0.05$) and yeasts from day 4 onwards. The mold population was higher in diets composed of WPCS. The CSS+GC and CSS+CRS diets had higher AS, followed by WPCS+CRS and WPCS+GC ($p<0.0001$). CSS and CRS gave the diets composed of these silages greater aerobic stability, prolonging their shelf life in the trough.

Keywords: non-conventional feedstuffs, forage conservation, *Manihot esculenta*, ruminant nutrition, protein-energy, silage quality

1. Introdução

A Mandioca (*Manihot esculenta*) é uma cultura mundialmente difundida que apresenta diversos usos, dentre eles para a alimentação animal. A parte aérea tem sido utilizada como fonte de volumoso proteico e as raízes como fonte de energia, devido à elevada concentração de amido, o que pode contribuir para diversificação das fontes de alimento e melhoria da eficiência dos sistemas de produção animal (Khang and Wiktorsson, 2006; Vilpoux et al., 2013; Uchechukwu-Agua et al., 2015).

A utilização da mandioca e seus derivados na forma de silagem para alimentação animal é bem difundida (Wanapat, et al., 2018; Niayale, et al., 2020; Nascimento et al., 2021). O processo de ensilagem, além de conservar o valor nutritivo do alimento por longo período, por meio do processo fermentativo anaeróbio, reduz o teor de glicosídeos cianogênicos a níveis seguros. Adequado perfil fermentativo para as silagens de parte aérea de e raiz de mandioca, com valores de pH e ácido lático dentro das faixas recomendadas foram observados (Mota et al., 2011; Garcez et al., 2022).

Além do perfil fermentativo, as alterações que podem ocorrer na fase de abertura são igualmente importantes, do ponto de vista da preservação dos nutrientes e segurança higiênica do consumo pelo animal (Wilkinson and Davies, 2012). Durante a abertura do silo, a exposição ao ar, pode levar rapidamente à deterioração da silagem, ocasionando perda do valor nutricional, com potencial para a produção de compostos indesejáveis e redução do consumo (Kung JR., 2010; Bernardes et al., 2009). Silagens de parte aérea de mandioca, apresentam estabilidade aeróbia superior a três dias (Santos et al., 2020; Moraes, 2021). Silagens de raiz de mandioca apresentaram estabilidade aeróbia de 131 horas (Pitirini et al., 2021) e valores de pH abaixo de 4,2 após 196 horas de exposição ao ar (Garcez et al., 2022).

No entanto, quando a silagem é misturada a outros alimentos e fornecida aos animais, sua estabilidade é alterada (Jobim et al. 2007). A avaliação da estabilidade aeróbia somente da silagem, realizada em ambiente com temperatura controlada, permite a comparação igualitária entre tratamentos, mas não possibilita o comportamento real no ambiente de fornecimento, nem possíveis interações com a dieta fornecida ao animal. Segundo Wilkinson e Davis (2012) a preservação dos nutrientes começa com a colheita e termina quando a dieta é consumida pelo animal no cocho. Dessa forma, considera-se importante estudar a estabilidade aeróbia de dietas formadas por silagens em condições de campo, visando maior proximidade com o sistema de produção.

Hipotetiza-se que silagens de parte área e de raiz mandioca apresentam maior estabilidade aeróbia em relação à silagem de planta inteira de milho e essa característica pode conferir maior estabilidade às dietas compostas por essas silagens. Portanto, objetivou-se avaliar a estabilidade aeróbia das silagens de parte aérea e raiz de mandioca, e das dietas, contendo essas silagens, sob condições de campo.

2. Material e métodos

2.1. Processo de ensilagem

O milho ensilado foi o híbrido K9660 PRO2, aos 90 dias de idade, colhido com o auxílio de uma colhedora acoplada ao trator. A planta inteira foi triturada, compactada e ensilada através de pisoteio, em tambores plásticos de 200 L.

A mandioca ensilada foi a variedade BRS Formosa, aos 11 meses de idade, colhida manualmente, através do arranque das raízes. Posteriormente realizou-se a separação da parte aérea e das raízes, que foram trituradas e ensiladas, com compactação por pisoteio e socadores de madeira, respectivamente. Ambas foram armazenadas em tambores plásticos de 200 L. Nos tambores onde foram ensiladas as raízes de mandioca, acrescentou-se areia seca no fundo, coberta com pano de algodão, para absorver o efluente produzido. Todos os silos experimentais foram devidamente vedados com lona dupla face, e as silagens permaneceram armazenadas por aproximadamente 135 dias, até o início do experimento.

2.2. Local do experimento

O experimento foi conduzido na área experimental da Fazenda Escola de Igarapé-Açu, da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, localizada no município de Igarapé-Açu, Pará (01°07’21” S e 47°36’27” W). A área localiza-se no bioma amazônico, com temperatura média anual em torno de 28°C e as condições gerais de clima (quente e úmido), enquadram a região no tipo climático Am (Köppen, 1918), característico de clima tropical. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Microbiologia, anexo ao Laboratório Nutrição Animal – LABNUTAN, da UFRA campus Belém, PA.

2.3. Delineamento experimental

Para avaliar os parâmetros população microbiana, pH e estabilidade aeróbia das silagens e dietas, realizou-se dois ensaios. No ensaio 1, as silagens foram avaliadas utilizando-se delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos (silagem de

planta inteira de milho – SM; silagem de parte aérea de mandioca – SPAM; e, silagem de raiz de mandioca – SRM) e quatro repetições. No ensaio 2, para avaliar as dietas, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, distribuído em fatorial 2×2, considerando duas fontes de volumoso (SM e SPAM) e duas fontes de concentrado energético (SRM e milho moído - MM) na composição das dietas, com quatro repetições.

2.4. Dietas e análises químicas

As dietas experimentais foram: SM+MM, SM+SR SPAM+MM e SPAM+SRM (Tabela 1). A relação volumoso:concentrado foi 40:60, formuladas para serem isoproteicas e atender exigências de nutrientes para cordeiros com ganho de peso médio diário de 200 g (NRC, 2007). O concentrado foi composto por farelo de soja, calcário calcítico, fosfato bicálcico, sal branco, ureia e milho moído ou silagem de raiz de mandioca.

Na análise química foram quantificados teores de: matéria seca (MS); matéria orgânica (MO); proteína bruta (PB); extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) (Silva e Quiroz, 2002); fibra em detergente neutro (FDN); fibra em detergente ácido (FDA) (Van Soest et al., 1991); e carboidratos não fibrosos (CNF) (Detmann e Valadares Filho, 2010), conforme (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidade *(g Kg^{-1})* e composição química *(g Kg^{-1} MS)* das silagens de planta inteira de milho, parte aérea de mandioca, raiz de mandioca e demais ingredientes utilizados para compor as dietas experimentais.

	Ingredientes								
Item[1]	**Silagem de milho (SM)**	**Silagem de parte aérea (SPAM)**	**Silagem de raiz de mandioca (SRM)**	**Milho moído (MM)**	**Farelo de soja**	**Ureia**	**Fosfato bicálcico**	**Calcário calcítico**	**Sal branco**
Dietas	*g Kg^{-1}*								
SM+MM	400,0	-	-	387,0	180,0	14,0	8,0	7,0	4,0
SM+SRM	400,0	-	357,0	-	210,0	16,0	11,0	2,0	4,0
SPAM+MM	-	400,0	-	488,0	90,0	7,0	11,0	0,0	4,0
SPAM+SRM	-	400,0	448,0	-	123,0	10,0	15,0	0,0	4,0
MS *(g Kg^{-1})*	259,8	193,2	381,3	860,3	941,4	1000	-	-	-
	g Kg^{-1} MS								
MO	965,8	940	974,8	989,4	930,9	-	-	-	-
PB	75,5	183,6	23,9	82,7	482,5	2810	-	-	-
EE	19,5	37,5	2,4	4,3	5,8	-	-	-	-
FDN	529,8	508,6	69,9	135,5	147,3	-	-	-	-
FDA	268,4	346,2	46,5	24	65,2	-	-	-	-

Lignina	31,5	112,6	12,9	10,3	6,3	-	-	-	-
CNF	313,6	210,3	878,7	766,9	295,4	-	-	-	-
NH3-N	38,5	51,8	13,2	-	-	-	-	-	-
				mg Kg^{-1}					
HCN	-	11,8	28,32	-	-	-	-	-	-

[1]MS: matéria seca; MO; matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDNcp: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos; NDT: nutrientes digestíveis totais; NH_3-N: nitrogênio amoniacal; HCN: ácido cianídrico.

O teor de nitrogênio amoniacal (NH_3-N) e o pH foram determinados segundo Bolsen et al. (1992). Nas silagens de parte aérea de mandioca e raiz de mandioca, determinou-se o teor de ácido cianídrico (HCN), segundo Ades Totah e Hernandez Luis (1986) adaptada por Silva (2015).

2.5. pH e análises microbiológicas

Para avaliação do pH, nos dias 0, 4 e 7 do período de exposição aeróbia, aproximadamente 25 g das silagens e dietas foram coletadas, homogeneizadas com 100 mL de água destilada e, após 30 minutos, mensurado com auxílio de eletrodo (Bernardes et al., 2019).

Para análise microbiológica, nos dias 0, 4 e 7 do período de exposição aeróbia, foram coletados 25 g de cada balde dos tratamentos e enviadas ao Laboratório de Microbiologia, pertencente ao complexo do LABNUTAN-UFRA. Foram pesadas 25 g da amostra e acondicionadas em sacos estéreis individuais com água peptonada. A técnica de plaqueamento utilizada foi a *Pour Plate*. Para as análises das populações microbianas, utilizou-se meios de cultura específicos para cada grupo microbiano.

Para o crescimento de Bactérias Ácido Láticas (BAL), utilizou-se o meio de cultura MRS Agar, com incubação a 35°C por três dias. Para a contagem de enterobactérias, o meio de cultura utilizado foi o Ágar Vermelho Violeta Bile Glicose (VRBG), com incubação a 35°C por 24 horas. Para crescimento de leveduras e mofo, utilizo-se o meio de cultura Ágar Batata Dextrosado Acidificado (BDA) (Difco manual, 1984), a incubação das placas foi a 26 °C, durante três dias, para leveduras. As colônias foram contadas separadamente, com base nas características macromorfológicas.

2.6. Estabilidade aeróbica

Foram coletados aproximadamente 2 kg de silagem e das dietas, que ficaram expostas ao ar em baldes plásticos de 5L. Os baldes foram mantidos em galpão aberto, e

a temperatura (silagens e dietas) aferidas diariamente, a cada 3 horas, com auxílio de termômetros digitais.

A estabilidade aeróbia foi mensurada como o número de dias que a silagem levou para atingir 5°C acima da temperatura ambiente, pois não houve controle da temperatura ambiente. A partir da avaliação, foram determinadas as variáveis: estabilidade aeróbia (EA), em dias; tempo para atingir a temperatura máxima (TTmax), em dias; temperatura máxima (Tmax), que a silagem e as dietas atingiram, em °C; e, amplitude térmica (AMP; diferença entre a temperatura máxima e temperatura mínima atingidas).

2.7. Análise Estatística

Os dados foram testados para verificar a normalidade e homogeneidade da variância, pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Nos dados de populações microbianas, foi realizada a transformação em log10, para atendimento dos pressupostos de normalidade. Todas as variáveis foram analisadas utilizando o procedimento GLM no pacote estatístico Statiscal Analysis System (SAS, 2022) para análise de variância. Para as silagens, no ensaio 1, foram testados os efeitos do tipo de silagem (S), do dia de exposição aeróbia (DEA) e interação entre esses dois fatores (S×DEA). Para as dietas, no ensaio 2, foram testados os efeitos do tipo de volumoso (V) e do concentrado energético (C), do dia de exposição aeróbia (DEA) e da interação entre esses três fatores (V×DEA; C×DEA; V×C×DEA). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, considerando α=0.05.

Os modelos estatísticos utilizados para avaliação da população microbiana, pH; e, da estabilidade aeróbia no ensaio 1, estão descritos em (1) e (2), respectivamente. Para avaliação da população microbiana, pH; e, da estabilidade aeróbia no ensaio 2, estão descritos em (3) e (4), respectivamente:

(1) $$Y_{ij} = \mu + S_i + DEA_j + (S\times DEA)_{ij} + \varepsilon_{ij};$$

(2) $$Y_{ij} = \mu + S_i + \varepsilon_{ij}$$

(3) $$Y_{ij} = \mu + V_{ij} + C_{ij} + DEA_{ij} + (V\times C)_{ij} + (V\times DEA)_{ij} + (C\times DEA)_{ij} + (V\times C\times DEA)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

(4) $$Y_{ij} = \mu + V_i + C_j + (V\times C)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Em que: Y_{ij} é valor obtido da unidade experimental do i-ésimo tratamento da j-ésima repetição; μ é a média de cada tratamento; S_i é o efeito da silagem do i-ésimo tratamento; DEA_j, efeito do dia de exposição aeróbia da j-ésima repetição; $(S\times DEA)_{ij}$,

efeito da interação entre do fator S e DEA do i-ésimo tratamento da j-ésima repetição; V*i*, efeito do volumoso do i-tratamento da j-ésima repetição; Cj, efeito do concentrado do i-tratamento da j-ésima repetição; (V×C)*ij*, efeito da interação entre os fatores V e C do i-tratamento da j-ésima repetição; (V×DEA)*ij*, efeito da interação entre os fatores V e DEA do i-tratamento da j-ésima repetição; (C×DEA)*ij*, efeito da interação entre os fatores C e DEA do i-tratamento da j-ésima repetição; (V×C×DEA)*ij*, efeito da interação entre os fatores V, C e DEA do i-tratamento da j-ésima repetição; e, ε_{ij}, o erro aleatório associado a observação *Yij*.

3. Resultados

Houve interação silagem x dia de exposição aeróbia para contagens de bactérias ácido láticas (BAL; p=0.0122), enterobactérias (p=0.0024), leveduras (p=0.0165), mofo (p<0.0001) e pH (p<0.0001) (Tabela 2).

Verificou-se que a contagem de BAL, nos dias 0, 4 e 7 de exposição aeróbia, foi semelhante (p>0.05) entre a silagem de planta inteira de milho (SM) e a silagem de parte aérea de mandioca (SPAM), ambas diferindo da silagem de raiz de mandioca (SRM), que apresentou a menor contagem de BAL ao longo de todo o período de exposição (Figura 1). No dia 4 de exposição aeróbia, essa população foi menor em SM e SPAM, e maior em todas as silagens, no dia 7 de exposição, em comparação ao dia 0 (p<0.05).

Tabela 2. Composição microbiana (log10 *ufc* g^{-1}) e pH da silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM) ao longo do período de exposição aeróbia.

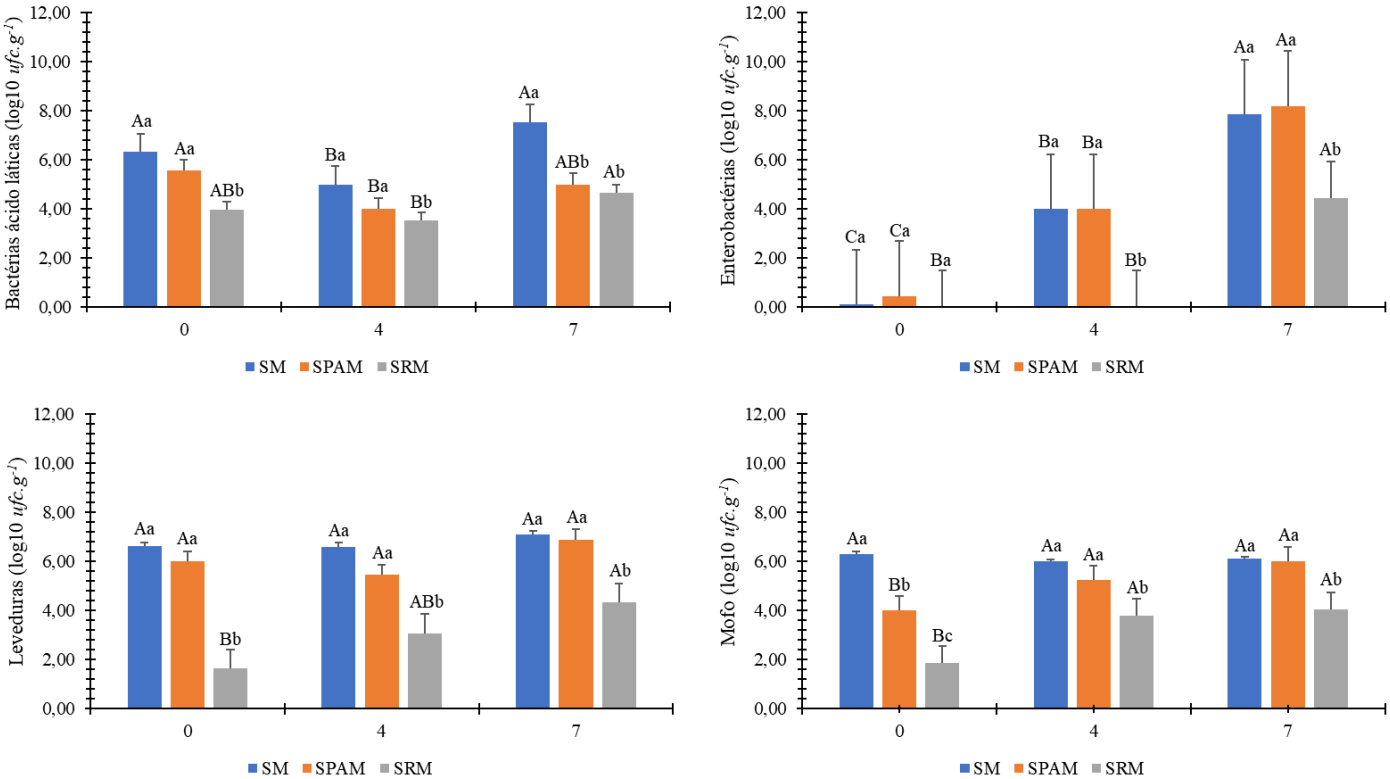
Item	BAL	Enterobactérias	Leveduras	Mofo	pH
Silagens (S)	log10 *ufc* g^{-1}				
SM	6.29	3.98	6.77	6.16	5.57
SPAM	4.85	4.22	6.11	4.90	6.67
SRM	4.06	1.48	3.02	3.23	3.61
Dia de exposição aeróbia (DEA)					
0	5.45	0.19	4.75	4.07	3.80
4	4.18	3.00	5.04	4.84	6.03
7	5.73	6.83	6.10	5.20	6.32
EPM	0.35	0.95	0.55	0.41	0.54
p_valor[1]					
S	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
DEA	<0.0001	<0.0001	0.0003	<0.0001	<0.0001
S×DEA	0.0122	0.0024	0.0165	<0.0001	<0.0001

EPM: erro padrão médio. [1]S: efeito da silagem; DEA: efeito do dia de exposição aeróbia; S×DEA: efeito da interação entre silagem e o dia de exposição aeróbia.

Com relação a contagem de enterobactérias, verificou-se que foi semelhante entre SM, SPAM e SRM, no dia 0 de exposição aeróbia, registrando-se contagem abaixo de 1 log10 *ufc* g^{-1}. No entanto, nos dias seguintes, 4 e 7 de exposição, a população de enterobactérias foi menor ($p<0.05$) na SRM, em comparação à SM e SPAM. Ao longo do período de exposição, observou-se que a população de enterobactérias foi maior, principalmente nas SM e SPAM. Na SRM, foi maior somente no dia 7 da exposição (Figura 1).

Para contagem de leveduras, verificou-se que nos dias 0, 4 e 7 de exposição aeróbia, a população foi menor na SRM ($p<0.05$) e não diferiu entre as SM e SPAM, que apresentaram as maiores contagens. Ao longo do período de exposição aeróbia, observou-se que a população de leveduras não diferiu entre SM e SPAM, apresentando altas contagens, acima de 5.00 log10 *ufc* g^{-1}, do dia 0 ao dia 7 de exposição. Já na SRM, o aumento da população de leveduras foi gradativo, sendo maior no dia 7, com 4.33 log10 *ufc* g^{-1}, em relação ao dia 0 de exposição ($p<0.05$).

Figura 1. Médias (log10 *ufc* g^{-1}) de bactérias ácido láticas, enterobactérias, leveduras e mofo no dia 0, 4 e 7 de exposição aeróbia da silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM).



Médias seguidas por letra minúscula diferente, diferem entre si no mesmo período de exposição aeróbia e médias seguidas por letra maiúscula diferente, diferem entre si ao longo do período de exposição aeróbia, pelo teste de Tukey ($p<0.05$).

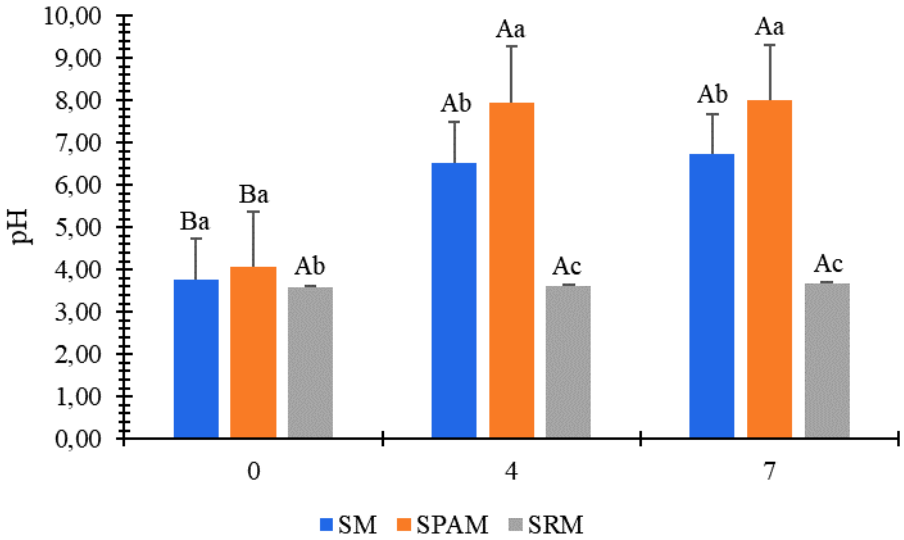
A população de mofo diferiu entre as silagens nos dias 0, 4 e 7 de exposição aeróbia. Verificou-se que a contagem de mofo foi maior na SM no dia 0 de exposição em comparação a SPAM e SRM ($p<0.05$). Nos dias 4 e 7, a população de mofo não diferiu entre SM e SPAM ($p>0.05$), e apresentaram as maiores contagens, diferindo da SRM nesses dois períodos avaliados (Figura 1).

Ao longo do período de exposição aeróbia, observou-se que a população de mofo na SM não diferiu, mantendo-se acima de 5.00 log10 *ufc* g^{-1} desde o dia 0 do período de exposição ($p>0.05$). Nas SPAM e SRM, verificou-se maior população desse microrganismo, a partir do dia 4 do período de exposição ($p<0.05$) (Figura 1).

Quanto ao pH, nos dias 0, 4 e 7, a SRM apresentou menores valores em relação às SM e SPAM, não diferindo entre si essas últimas, no dia 0. Entretanto, nos dias 4 e 7, a SM apresentou valores de pH menores, em comparação à SPAM ($p<0.05$) (Figura 2).

Ao longo do período de exposição, o pH manteve-se maior nas SM e SPAM ($p<0.05$). Na SRM, o pH manteve-se estável em todo o período de avaliação, permanecendo abaixo de 4.00 (Figura 2).

Figura 2. Médias de pH no dia 0, 4 e 7 de exposição aeróbia da silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM).



Médias seguidas por letra minúscula diferente, diferem entre si no mesmo período de exposição aeróbia e médias seguidas por letra maiúscula diferente, diferem entre si ao longo do período de exposição aeróbia, pelo teste de Tukey ($p<0.05$).

Houve diferença entre as silagens para todas as variáveis avaliadas, EA (p<0.0001), TTmax (p<0.0001), Tmax (p<0.0001) e AmpT (p<0.0001) (Tabela 3). Verificou-se que a SRM apresentou maior EA e TTmax, seguida, respectivamente, da SPAM e SM (p<0.05).

A Tmax foi maior na SM, seguida pela SPAM e SRM, respectivamente (p<0.05). A AmpT foi semelhante entre SM e SPAM, ambas diferindo da SRM, que apresentou a menor AmpT (p>0.05).

Tabela 3. Estabilidade aeróbia (EA), amplitude de temperatura (AmpT), tempo para atingir temperatura máxima (TTmax) e temperatura máxima (Tmax) da silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM).

Itens	EA	TTmax	Tmax	AmpT
Silagens	*Dias*		*°C*	
SM	0.22[c]	0.53[c]	46.28[a]	20.41[a]
SPAM	4.38[b]	6.50[b]	41.28[b]	18.41[a]
SRM	>7.50[a]	7.38[a]	29.95[c]	7.81[b]
EPM	2.11	2.15	4.83	3.91
p_valor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

Médias seguidas por letra minúscula diferente na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0.05). EPM: erro padrão médio.

Houve interação volumoso × concentrado × exposição aeróbia para contagens de BAL (p=0.037), enterobactérias (p=0.081), leveduras (p=0.0001), mofo (p=0.075) e pH (p=0.049) (Tabela 4).

Tabela 4. Composição microbiana (log10 *ufc* g^{-1}) e pH de dietas compostas por silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM) ao longo do período de exposição aeróbia.

Itens	BAL	Enterobactérias	Leveduras	Mofo	pH
Volumoso (V)	log10 *ufc* g^{-1}				
SM	6.36	4.01	5.70	6.81	7.23
SPAM	6.10	4.57	5.61	5.59	6.71
Concentrado (C)					
MM	6.23	4.63	5.62	6.56	7.14
SRM	6.24	3.95	5.69	5.88	6.84
Dia de exposição aeróbia (DEA)					
0	5.78	0.22	5.16	5.31	4.28
4	5.34	5.26	5.93	6.22	8.28
7	7.58	7.24	5.83	6.91	8.46
EPM	0.26	0.79	0.10	0.23	0.52
p_valor					
V	0.24	<0.0001	0.94	<0.0001	<0.0001

C	0.97	0.048	0.91	<0.0001	0.0002
V×C	0.75	0.48	<0.0001	0.0009	0.21
DEA	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
V×DEA	0.0085	0.0058	0.23	<0.0001	0.060
C×DEA	0.35	0.14	0.0003	0.0009	<0.0001
(V×C)×DEA	0.037	0.081	0.0001	0.075	0.049

Médias seguidas por letra minúscula diferente na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0 .05). EPM: erro médio padrão; [1]V: efeito do volumoso; C: efeito do concentrado; DEA: efeito do dia de exposição aeróbia; V×C: efeito da interação volumoso e concentrado; (V×C)×DEA: efeito da interação volumoso, concentrado e dia de exposição aeróbia. BAL: bactéria ácido láticas. MM: milho moído.

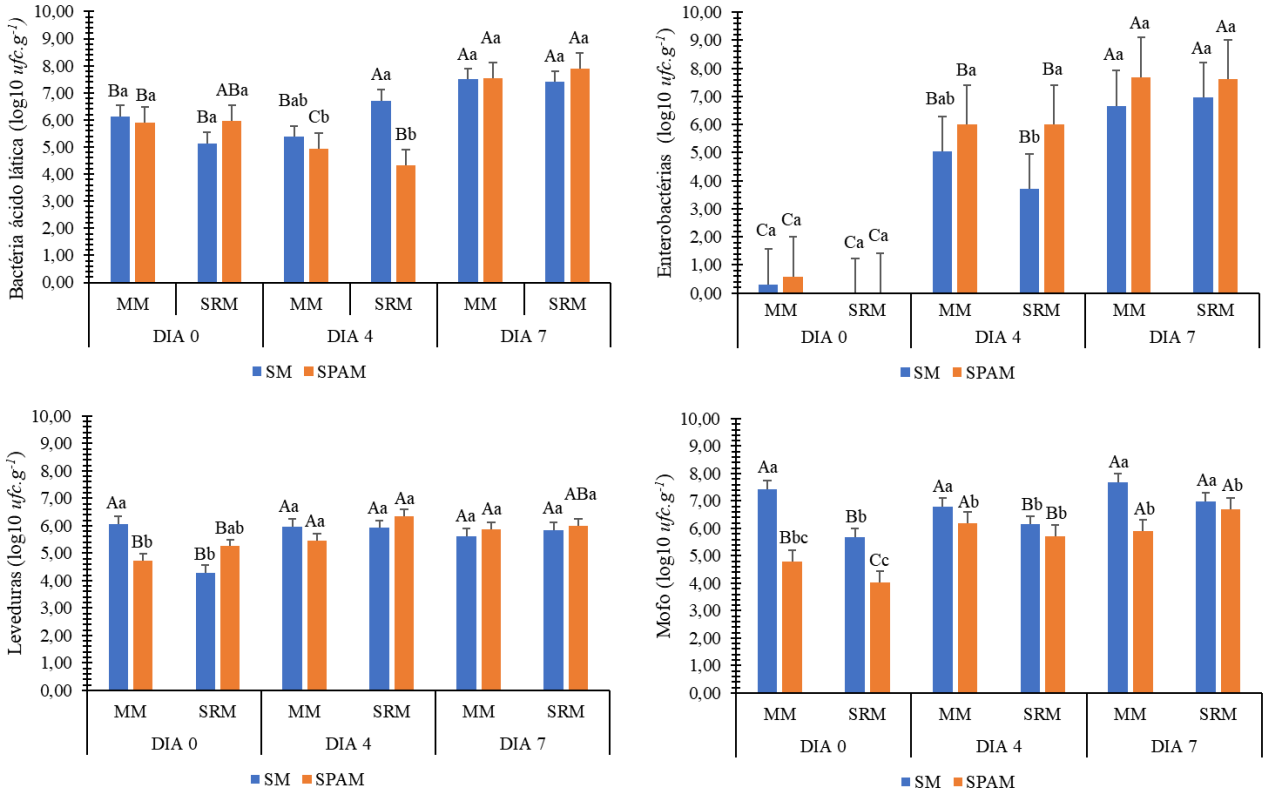
A população de BAL não diferiu entre as dietas nos dias 0 e 7 de exposição aeróbia (p>0.05). Entretanto, no dia 4 de exposição, a contagem de BAL foi maior em SM+SRM e SM+MM, tendo essa última, contagem semelhante também às dietas SPAM+MM e SPAM+SRM.

Ao longo do período de exposição aeróbia, verificou-se menor população de BAL no dia 4 de exposição aeróbia, somente na dieta composta por SPAM+MM (p<0.05). Nas dietas SM+MM e SPAM+SRM, a contagem de BAL não diferiu entre o dia 0 e dia 4 de exposição (p>0.05). Já na SM+SRM, essa população foi maior nos dias 4 e 7, em relação ao dia 0. Para as demais dietas, obteve-se maiores contagens da população de BAL, somente no dia 7 de exposição aeróbia (Figura 3).

A população de enterobactérias, nos dias 0 e 7 de exposição aeróbia, não apresentou diferença de contagem entre as dietas, registrando no dia 0 de exposição, contagens abaixo de 1 log10 *ufc* g^{-1}, como observado para as silagens avaliadas individualmente (p>0.05). A diferença entre as dietas na contagem desse microrganismo, ocorreu no dia 4 de exposição aeróbia, sendo maiores nas dietas compostas por SPAM+MM, SPAM+SRM e SM+MM (p<0.05), e menor na dieta composta por SM+SRM (p<0.05), mas não diferiu de SM+MM. Ao longo do período de exposição aeróbia, observou-se maiores contagens dessa população, nos dias 4 e 7 de exposição, em todas as dietas (Figura 3).

Com relação à população de leveduras, houve diferença entre as dietas somente no dia 0 de exposição aeróbia, sendo maior na dieta composta por SM+MM, que não diferiu da dieta com SPAM+SRM (p<0.05). As dietas SPAM+MM e SM+SRM, tiveram as menores contagens desse microrganismo, e não diferiram da SPAM+SRM. Essas três últimas, apresentaram contagens de leveduras abaixo de 5.30 log10 *ufc* g^{-1}, enquanto SM+MM apresentou contagem de 6.06 log10 *ufc* g^{-1} para o primeiro período avaliado (Figura 3). De modo geral, ao longo do período de exposição aeróbia, verificou-se que a população de leveduras foi maior a partir do dia 4 de exposição (p<0.05) (Figura 3).

Figura 3. Médias (log10 *ufc g*$^{-1}$) de bactéria ácido lática, enterobactérias, leveduras e mofo em dietas compostas por silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM) ao longo da exposição aeróbia.



MM: milho moído. Médias seguidas por letra minúscula diferente, diferem entre si no mesmo período de exposição aeróbia e médias seguidas por letra maiúscula diferente, diferem entre si ao longo do período de exposição aeróbia, pelo teste de Tukey ($p<0.05$).

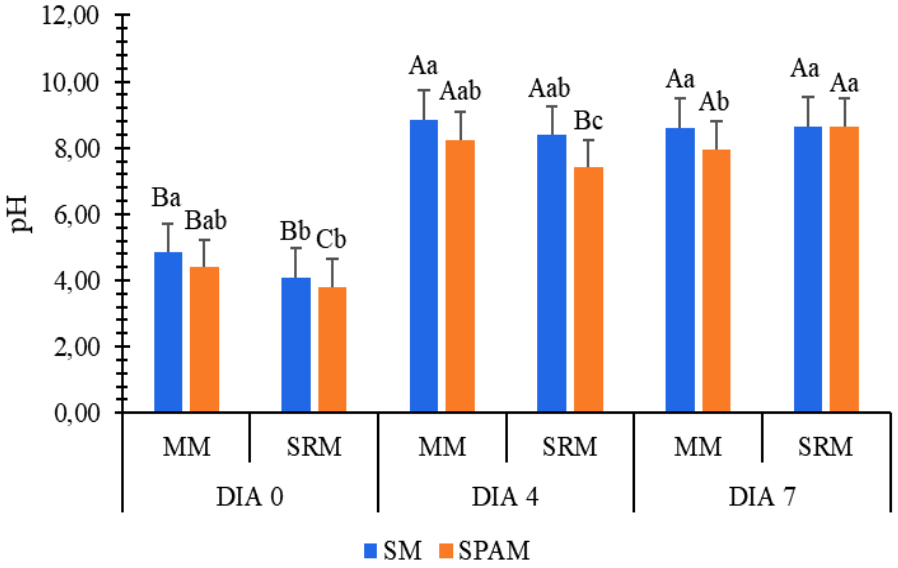
A população de mofo diferiu entre as dietas, nos dias 0, 4 e 7 de exposição aeróbia. A contagem de mofo foi maior ($p<0.05$) na dieta composta por SM+MM em comparação as demais dietas, e menor nas SPAM+SRM, SPAM+MM e SM+SRM, respectivamente ($p<0.05$), mas não diferindo entre si, as duas últimas mencionadas, no dia 0 de exposição.

Nos dias 4 e 7 de exposição aeróbia, a população de mofo manteve-se maior na dieta SM+MM, em relação as demais dietas ($p<0.05$), mas no dia 7 de exposição ao ar não diferiu da dieta composta por SM+SRM ($p>0.05$), que apresentou as maiores contagens desse microrganismo.

Ao longo do período de exposição aeróbia, observou-se que a população de mofo na dieta composta por SM+MM não diferiu, mantendo-se acima de 7.00 log10 *ufc g*$^{-1}$ desde o dia 0 do período de exposição ($p>0.05$). Na dieta SPAM+MM, verificou-se que essa população foi maior a partir do dia 4 do período de exposição, em comparação ao dia 0. Nas dietas compostas por SM+SRM e SPAM+SRM, a contagem foi maior, somente no dia 7 de exposição ao ar.

Com relação ao pH, verificou-se diferença entre as dietas nos três dias de exposição (0, 4 e7). As dietas SM+SRM e SPAM+SRM apresentaram valores de pH menor, em comparação a dieta SM+MM, mas não diferiram de SPAM+MM, no dia 0 da exposição ao ar. No dia 4, a dieta SPAM+SRM apresentou o menor pH, em relação às demais dietas ($p<0.05$). No dia 7 de exposição ao ar, o menor valor de pH foi na SPAM+MM ($p<0.05$), em comparação as demais dietas, que não diferiram entre si nesse período (Figura 4).

Figura 4. Médias de pH em dietas compostas por silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM) ao longo da exposição aeróbia.



MM: milho moído. Médias seguidas por letra minúscula diferente, diferem entre si no mesmo período de exposição aeróbia e médias seguidas por letra maiúscula diferente, diferem entre si ao longo do período de exposição aeróbia, pelo teste de Tukey ($p<0.05$).

Houve interação volumoso × concentrado para EA ($p<0.0001$), TTmax ($p=0.0006$) e Tmax ($p=0.0008$). Para AmpT, observou-se efeito de volumoso ($p=0.045$) e concentrado ($p=0.032$) nas dietas. Apresentando menor AmpT, dietas compostas por MM e SPAM com AmpT de 22.38 e 22.48 °C, respectivamente ($p<0.05$) (Tabela 5).

Tabela 5. Estabilidade aeróbia (EA), tempo para atingir temperatura máxima (TTmax), temperatura máxima (Tmax) e amplitude de temperatura (AmpT) de dietas compostas por silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM).

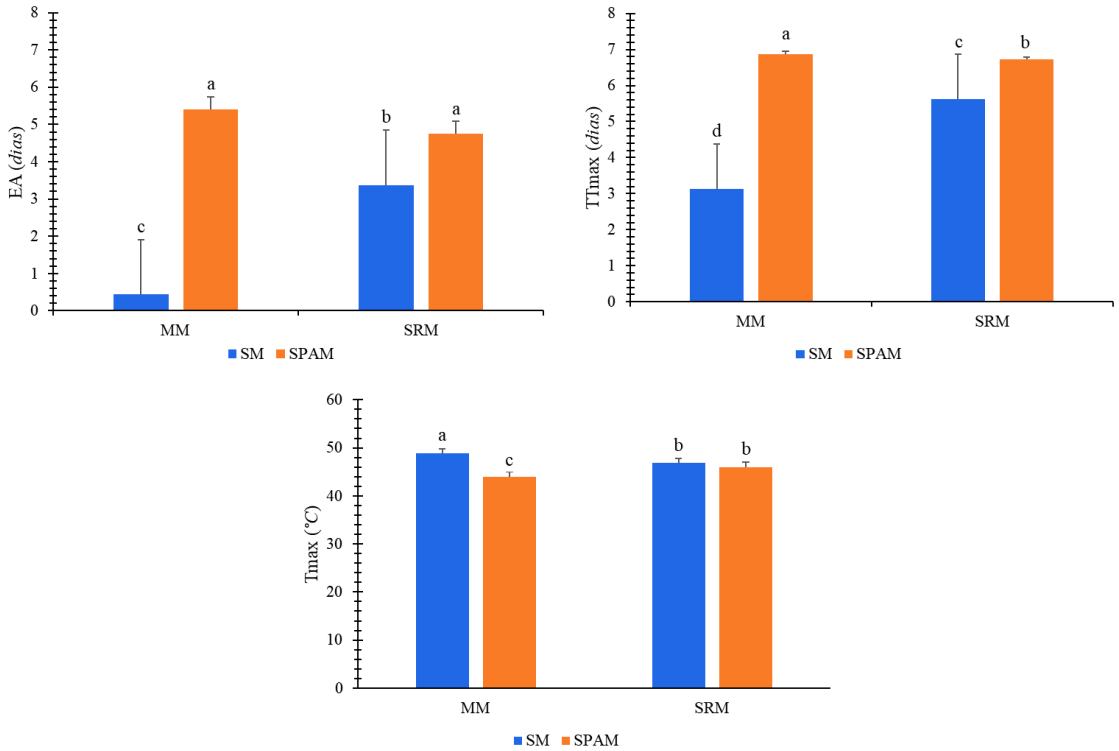
Itens	EA	TTmax	Tmax	AmpT
Volumoso (V)	*Dias*		*°C*	
SM	1.91	4.38	47.83	23.54[a]

SPAM	5.08	6.80	44.98	22.42[b]
Concentrado (C)				
MM	2.93	5.00	46.40	22.38[b]
SRM	4.07	6.17	46.41	23.58[a]
EPM	0.69	0.55	0.58	0.34
[1]*p_valor*				
V	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.045
C	<0.0001	0.0015	0.96	0.032
V×C	<0.0001	0.0006	0.0008	0.076

MM: milho moído. Médias seguidas por letra minúscula diferente na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0.05). EPM: erro médio padrão; [1]V: efeito do volumoso; C: efeito do concentrado; V×C: efeito da interação volumoso e concentrado.

A dieta SM+MM apresentou menor EA, em comparação as demais dietas, com apenas 0.44 dias em estabilidade, seguida pela SM+SRM, com estabilidade de 3.38 dias (p<0.05). As dietas com SPAM+MM e SPAM+SRM, não diferiram entre si, apresentando as maiores EA registradas, com 5.41 e 4.75 dias em estabilidade, respectivamente (p>0.05) (Figura 5).

Figura 5. Estabilidade aeróbia (EA), tempo para atingir temperatura máxima (TTmax) e temperatura máxima (Tmax) de dietas compostas por silagem de planta inteira de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM).



MM: milho moído. Médias seguidas por mesma letra minúscula diferente, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0.05).

Verificou-se diferença entre todas as dietas na TTmax, com maior valor na dieta composta por SPAM+MM, com 6.88 dias para atingir a Tmax, seguida respectivamente pelas dietas SPAM+SRM, SM+SRM, com tempo de 6.72 e 5.63 dias para atingir a Tmax ($p<0.05$). O menor TTmax registrado foi para SM+MM, de 3.13 dias ($p<0.05$) (Figura 5).

Com relação a Tmax, foi maior ($p<0.05$) na SM+MM, sendo registrada Tmax de 48.84 °C para essa dieta, seguida pelas dietas SM+SRM e SPAM+SRM, que não diferiram entre si ($p>0.05$), com Tmax de 46.83 e 46 °C, respectivamente. A menor Tmax registrada foi para SPAM+MM, de 43.95 °C ($p<0.05$) (Figura 5).

4. Discussão

Com a exposição da silagem ao ar, espera-se que a população de BAL, envolvida no processo fermentativo do material ensilado, apresente declínio, considerando-se que a condição ótima para o crescimento desse microrganismo é a de anaerobiose. No entanto, como mencionado, a população de BAL registrou maiores contagens, em todas as silagens e dietas, no dia 7 de exposição aeróbia.

As maiores contagens de BAL, ao final do período de exposição aeróbia, pode ser justificado pelo meio de cultura utilizado para a identificação desse microrganismo (MRS Agar), que não é seletivo somente para bactérias do gênero *Lactobacillus*. O MRS Agar, permite o crescimento de outras cepas, como de Pseudomonas, microrganismos aeróbios amplamente distribuídos no solo, água, microbiota intestinal normal e cutânea, dos humanos (Fonseca, 2000). Logo, considerando as condições de campo onde se deu a pesquisa, em ambiente aberto e não controlado, pode ter facilitado a proliferação de bactérias aeróbia e/ou aerotolerantes, que podem ter sido contabilizadas como BAL, devido à dificuldade de diferenciação entre gêneros e espécies de microrganismos cultivados neste meio.

O material ensilado, quando exposto ao ar, está sujeito a proliferação de microrganismos deterioradores, como as enterobactérias, observado nas silagens ao longo do período exposição aeróbia avaliado. Segundo Macêdo et al. (2017), ao abrir o silo e manter em meio aeróbio, as enterobactérias proporcionam ativamente a deterioração. Ao avaliar a estabilidade aeróbia da silagem de milho inoculadas com *Lactobacillus buchneri*, em ambiente controlado, Reich e Kung Jr. (2010) verificaram que a proliferação de enterobactérias ocorreu devido às concentrações de ácido lático e carboidratos residuais presentes no material ensilado, que servem de substratos para o crescimento desse microrganismo. No entanto, a SRM apresentou as menores contagens de

enterobactérias ao longo do período de exposição aeróbia, em relação às SM e SPAM, apesar do seu elevado teor de CNF ($p<0.05$) (Tabela 1).

Da mesma forma, fazem parte do grupo de microrganismos deterioradores na silagem, as leveduras, responsáveis por iniciar o processo de deterioração (Pahlow et al., 2003; Macêdo et al., 2017). Segundo Santos et al. (2014), silagens em deterioração ativa apresentam contagens de leveduras entre 5.5 a 6.0 log10 *ufc* g^{-1}. Portanto, a presença desse microrganismo representa a diminuição da vida útil do alimento. Nas SM e SPAM, a contagem de leveduras apresentou valores iguais e superiores, indicando deterioração, podendo-se confirmar a deterioração ativa nessas silagens por parte desse microrganismo. Já na SRM, a contagem de leveduras se manteve abaixo dos valores indicativos de deterioração, ao longo de todo o período de exposição.

Esses resultados foram evidenciados pelos valores de pH obtidos nas silagens, que também se manteve baixo para a SRM. Um dos indícios de deterioração em silagens é a elevação do pH, que ocorre devido a atividade de microrganismos deterioradores, que consomem substratos disponíveis e resultantes da fermentação (Reis e Moreira, 2007). Como a SRM apresentou as menores contagens de microrganismos deterioradores, logo o pH nessa silagem manteve-se baixo.

Por se tratar de uma silagem densa, de aspecto consistente, possivelmente, devido a sua característica física, de baixa porosidade, houve maior dificuldade de penetração de oxigênio no interior da massa desse alimento, quando exposta ao ar. Entretanto, as SPAM e SM, apresentam partículas menos homogêneas e mais porosas, o que pode ter facilitado a penetração do oxigênio na massa e favorecido o crescimento mais acelerado de microrganismos aeróbios deteriorantes e, consequente aumento expressivo do pH.

A densidade do material ensilado é um dos fatores que determina a porosidade da silagem, afetando a taxa de penetração do ar na massa ensilada, após abertura do silo (França et al., 2011). Segundo Senger et al. (2005) silagens com densidades superiores a 650 $Kg.m^{-3}$, apresentam boa compactação e preservação. Pitirini et al. (2021) registraram densidade de 1186 $Kg.m^{-3}$ na matéria fresca, para a silagem de raiz de mandioca; Neumann et al. (2007) registraram densidade de 531,2 $Kg.m^{-3}$ na matéria fresca em silagem de milho; e, Mota et al. (2011) densidade média de 676.82 $Kg.m^{-3}$ na matéria fresca, em silagens de parte aérea de mandioca, o que comprova a diferença de densidade entre essas silagens, sendo a SRM consideravelmente mais densa.

Com relação à EA, observada para as silagens, observou-se que a SRM manteve a EA por um período (dias) maior em relação às demais silagens, evidenciado com os dados

de AmpT e Tmax. A SPAM foi a silagem mais estável depois da SRM, podendo ter sido resultante de seu processo fermentativo. O teor de matéria seca (MS) da SPAM foi de 19.32% (Tabela 1), o que pode ter influenciado sua fermentação, onde provavelmente BAL heterofermentativas foram predominantes, produzindo o ácido acético e inibindo o crescimento de microrganismos indesejáveis (McDonald et al., 1991; Macêdo et al., 2017).

A presença de ácido acético na silagem promove melhora na estabilidade aeróbia, pois apresenta fortes características antifúngicas (Kung Jr., et al., 2018). Na SPAM, a população de mofo manteve-se inferior à 6 log10 *ufc* g^{-1}, e apesar de não ter diferido da SM, nos dias 4 e 7 do período de exposição, na SM a população de mofo estava acima de 6 log10 *ufc* g^{-1}. Segundo Kung Jr., et al. (2018), alta contagem de bolores na silagem (>6 log10 *ufc* g^{-1}), geralmente são associadas as silagens deterioradas aerobiamente. Essa característica de inibição acelerada do crescimento de mofo em SPAM, pode ter contribuído para manter sua estabilidade por mais tempo. Além disso, a presença de compostos como taninos condensados, especialmente na SPAM, que apresentam ação inibitória de microrganismos deteriorantes (MUIR, 2011; NASIR e HAMAD, 2014) pode ter contribuído com a maior estabilidade.

Nas dietas, a maior contagem de BAL, no dia 7 do período de exposição ao ar, foi semelhante ao observado nas silagens, confirmando que devido o meio de cultura utilizado não ser seletivo, possivelmente, contabilizou todas as espécies de microrganismos como bactérias do gênero *Lactobacillus* spp.

A elevada contagem de enterobactérias e leveduras no alimento pode gerar produtos como etanol, CO_2 ou algumas toxinas que comprometem a qualidade sanitária, o consumo e podem intoxicar o animal (Macêdo et al., 2017). Apesar da maior população de microrganismos deterioradores, em todas as dietas, observada nos dias 4 e 7 de exposição, as dietas com a presença de mandioca, tanto SPAM quanto SRM, obtiveram menores contagens de enterobactérias (SM+SRM) e leveduras (SPAM+MM; SM+SRM e SPAM+SRM), no início do período de exposição aeróbia, dias 0 e 4.

A mandioca é uma planta cianogênica que apresenta glicosídeos, linamarina e lotaustralina, que uma vez hidrolisados em ácido cianídrico (HCN). No entanto, apesar do processo da ensilagem conseguir reduzir em até 60% o teor de HCN nas silagens de mandioca (Soares, 2003), o HCN residual pode contribuir na obtenção de pH mais baixos nas dietas com SPAM e SRM, no início do período de exposição ao ar. No entanto, o pH

mais baixo não se manteve ao longo dos dias de exposição aeróbia, verificado para a SRM, quando avaliada isoladamente.

Na preparação das dietas, ocorre a homogeneização dos alimentos, o que pode ter provocado aumento da porosidade na SRM, facilitado a penetração de oxigênio da massa fermentada e proliferação de microrganismos aeróbios, dando rápido início ao processo de deterioração e os maiores valores de pH nas dietas compostas por SRM. Os principais fatores que influenciam a estabilidade aeróbia de silagens são oxigênio, temperatura e disponibilidade de substrato (Weinberg et al., 2001). Como os carboidratos não fibrosos (CNF) representam a fonte desses substratos, esse fator pode ter contribuído com a maior EA em dietas com SPAM como volumoso, em SPAM+MM e SPAM+SRM, comparadas às dietas com SM, com SM+MM e SM+SRM, pois a concentração de CNF, na SPAM, foi consideravelmente menor em comparação à SM (210.3 versus 313.6 $g\ Kg^{-1}\ MS$, respectivamente; Tabela 1). Além disso, BAL heterofermentativas podem ter sido predominantes durante a fermentação da SPAM, devido ao baixo teor de matéria seca desse alimento (193.2 $g\ Kg^{-1}\ MS$; Tabela 1), promovendo uma via de fermentação acética, que contribuiu com a maior estabilidade das dietas compostas por esse volumoso.

Apesar do baixo teor de matéria seca em SPAM, acredita-se que as características fermentativas desse alimento não são afetadas no silo. Azevedo et al. (2006), avaliaram diferentes cultivares de mandioca para produção de silagem de parte aérea, e constataram que as diferentes cultivares estudadas, apresentaram características fermentativas adequadas, apresentando viabilidade de conservação quando ensiladas.

A dieta composta por SM+SRM apresentou maiores valores para AmpT, que também pode ser explicado pelos substratos fermentescíveis disponíveis nessas silagens, que permitem maior atividade de consumo microbiano após exposição ao ar, resultando em maiores variações de temperatura.

Macêdo et al. (2017) descrevem, que após a silagem entrar em contato com oxigênio, substratos residuais são utilizados por microrganismos deterioradores, que se multiplicam, promovem o aquecimento e liberam água, contribuindo para alterações de interações químicas do produto, redução de ácido lático, aumento do pH e diminuição do valor nutricional.

Como observado, na dieta SPAM+SRM o tempo para atingir a Tmax foi maior, o que pode representar uma resistência das dietas compostas por essas silagens, à atividade de deterioração ativa dos microrganismos, já que esta variável foi acompanhada dos valores de EA, que foi maior para essa mesma dieta.

5. Conclusão

A silagem de raiz de mandioca apresenta maior estabilidade aeróbia, seguida da silagem de parte aérea de mandioca, em comparação à silagem de planta inteira de milho. Quando misturadas ao concentrado para a composição das dietas, as silagens de parte aérea e raiz de mandioca conferem maior estabilidade, quando comparadas às dietas compostas por silagem de planta inteira de milho e milho moído, respectivamente. Alimentos com maior estabilidade aeróbia promovem dietas mais estáveis, prolongando o tempo de vida útil no cocho, podendo proporcionar maior segurança sanitária aos animais.

6. Referências

1. Amaral, R. C.; Bernardes, T. F.; Siqueira, G. R. and Reis, R. A. 2008. Estabilidade aeróbia de silagens do capim-marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. Revista Brasileira de Zootecnia 37:977-983. https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000600004
2. Azevedo, E. B; Nörnberg, J. L; Kessler, J. D.; Brüning, G.; David, D. B.; Falkenberg, J. R. and Chielle, Z. G. 2006. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. Ciência Rural 36:1902-1908. https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000600037
3. Bernardes, T. F.; Reis, R. A. and Amaral, R. C. 2009. Chemical and microbiological changes and aerobic stability of marandu grass silages after silo opening. Revista Brasileira de Zootecnia, 38(1):1–8. https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100001
4. Bernardes, T. F.; Gervásio, J. R. S.; Morais, G. and Casagrande, D. R. 2019. Technical note: A comparison of methods to determine pH in silages. Journal of Dairy Science 102 10.3168/jds.2019-16553.
5. Bolsen, K. K.; Lin, C.; Brent, B. E.; Feyerherm, A. M.; Urban, J. E. and Aimutis, W. R. 1992. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. Journal of Dairy Science 75:3066-3083. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78070-9
6. Detmann, E. and Valadares Filho, S. C. 2010. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 62:980–984. https://doi.org/10.1590/S0102-09352010000400030

7. Difco Manual. 1984. Dehydrated culture media and reagents for microbiology. 10. ed. Detroit, Michigan, p. 689-691.
8. Fonseca, M. C. C.; Zago, V. C. P.; Ferreira, E. P. B.; Câmara, A. F. S. and Rumjanek, N. G. 2000. Isolamento e caracterização morfológica de pseudomonas spp. Fluorescentes nativas em sistemas de produção agrícola. CT/43, Embrapa Agrobiologia, p. 1-4. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/623981 Acesso em 26 de nov. de 2023.
9. França, A. F. S.; Oliveira, R. P.; Miyagi, E. S.; Silva, A. G.; Perón, H. J. M. C. and Basto, D. C. 2011. Características fermentativas da silagem de híbridos de sorgo sob doses de nitrogênio. Ciência Animal Brasileira 12:383-391. https://doi.org/10.5216/cab.v12i3.540
10. Garcez, K. F.; Hoch, G. C.; Rodrigues, A. T.; Scneider, C. R.; Soares, D. C. and Castagnara, D. D. 2023. Fermentation profile, nutritional and microbiological value of cassava root silage with food aditives. Research, Society and Development 11. https://doi.org/10.33448/rsd-v11i10.32612
11. IBGE, 2023. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sidra: Sistema IBGE de Recuperação Automática.
12. Jobim, C. C.; Nussio, L. G.; Reis, R. A. and Schmidt, P. 2007. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. Revista Brasileira de Zootecnia 36:101-119. https://doi.org/10.1590/S1516-35982007001000013
13. Khang, D. N.; Wiktorsson, H. 2006. Performance of growing heifers fed urea treated fresh rice straw supplemented with fresh, ensiled or pelleted cassava foliage. Livestock Science 102:130–139. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2005.12.003
14. Kung Jr., L.; Shaver, R. D.; Grant, R. J. and Schmidt, R. J. 2018. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. Journal of Dairy Science 101:4020-4033. https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909
15. Kung Jr., L. 2010. Aerobic stability of silage. In: Proceedings, California Alfalfa and Forage Symposium and Crop/cereal Conference, Visalia, CA, USA. https://alfalfasymposium.ucdavis.edu/+symposium/proceedings/2010/10-89.pdf Acessado em: 2 de nov. de 2022.

16. Macêdo, A. J. F.; Santos, E. M.; Oliveira, J. S. and Perazzo, A. F. Microbiology of silages: Literature Review. Rev. Electrón. Vet., vol. 18, n. 9, 2017. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/636/63653009020.pdf Acessado em: Mai. 20, 2023.
17. McDonald, P.; Henderson, A. R. and Heron, S. 1991. The biochemistry of silage, 2ª ed, Marlow: Chalcombe Publications.
18. Mota, A. D. S.; Rocha Jr., V. R.; Souza, A. S.; Reis, S. T.; Tomich, T. R.; Caldeira, L. A.; Menezes, C. C. and Costa, M. D. 2011. Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. Revista Brasileira de Zootecnia 40:1466-1473. https://doi.org/10.1590/S1516-35982011000700010
19. Nascimento, T. V. C; Oliveira, R. L.; Menezes, D. R; Lucena, A. R. F.; Queiroz, M. A. A.; Lima, A. G. V. O.; Ribeiro, R. D. X. and Bezerra, L. R. 2021. Effects of condensed tannin-amended cassava silage blend diets on feeding behavior, digestibility, nitrogen balance, milk yield and milk composition in dairy goats. Animal 15:1100015. https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100015
20. Neumann, M.; Muhlbach, P. R. F.; Nornberg, J. L.; Ost, P. R.; Restle, J.; Sandini, I. E. and Romano, M. A. 2007. Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho. Ciência Rural, Santa Maria 37:847-854. https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000300038
21. Niayale, R.; Addah, W. and Ayantunde, A. A. 2020. Effects of ensiling cassava peels on some fermentation characteristics and growth performance of sheep on-farm. Ghana Journal of Agricultural Science 55(2):107–121. https://dx.doi.org/10.4314/gjas.v55i2.9
22. NRC. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids, 1st ed. National Academy Press, Washington, DC.
23. Pahlow, G.; Muck, R. E.; Driehuis, F.; Oude Elferink, S. J. W. H. and Spoelstra, S. F. 2003. Microbiology of ensiling. p.31-94. In: Silage science and technology. 1st ed. Buxton, D. R.; Muck, R. E. and Harrison, J. H. (Ed.). Madison: American Society of Agronomy. 10.2134/agronmonogr42.c2
24. Pereira, L. C.; Itavo, L. C.; Mateus, R. G.; Leal, E. S.; Abreu, U. G. P.; Nogueira, E.; Ferreira, M. B. and Carvalho, C. M. E. 2017. Aerial parts of cassava as partial replacement for feed concentrates in the diet of lambs raised in semi-confinement. Semina: Ciências Agrárias 38:943-956. 10.5433/1679-0359.2017v38n2p943

25. Pitirini, J. S.; Santos, R. I. R.; Lima, F. M. S.; Nascimento, I. S. B.; Barradas, J. O.; Faturi, C.; Rêgo, A. C. and Silva, T. C. 2021. Fermentation profile and chemical composition of cassava root silage. Acta Amazonica 51:191-198. http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392202004410
26. Rabelo, C. H. S.; Rezende, A. V.; Rabelo, F. H. S.; Basso, F. C.; Harter, C. J. and Reis, R. A. 2015. Chemical composition, digestibility and aerobic stability of corn silages harvested at different maturity ages. Disponível em: https://periodicos.ufersa.edu.br/caatinga/article/view/3690/pdf_252 Acessado em Ago. 17, 2023.
27. Reich, J. and Kung Jr., L. 2010. Effects of combining Lactobacillus buchneri 40788 with various lactic acid bacteria on the fermentation and aerobic stability of corn silage. Animal Feed Science and Technology 159:105-109. 10.1016/j.anifeedsci.2010.06.002
28. Reis, R. A. and Moreira, A. L. 2007. Conservação de Forragem como Estratégia para Otimizar o Manejo das Pastagens. Disponível em: http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/ANACLAUDIARUGGIERI/conservacao_de_forragens_goiania.pdf Acessado em: Jun. 18, 2023.
29. Roth, A. P. T. P.; Siqueira, G. R.; Rabelo, C. H. S.; Moretti, M. H.; Härter, C. J.; Resende, F. D. and Reis, R. A. 2018. Effect of days postburning and calcium oxide on the fermentation, aerobic stability and nutritional characteristics of sugarcane silage for finishing Nellore steers. Grass and Forage Science. 73:1-14. https://doi.org/10.1111/gfs.12377
30. Santos, L. C.; Nascimento, W. G.; Azevedo, M. M. R.; Silva, D. K. A.; Macedo, I. M. and Soares, G. S. C. 2020. Bromatological quality of silage from cassava residues: fractionation of proteins and carbohydrates. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal 21:1-13. https://doi.org/10.1590/S1519-99402121302020
31. Senger, C. C. D.; Mühlbacch, P. R. F.; Sanchez, L. B. M.; Netto, D. P. and Lima, L. D. 2005. Composição química e digestibilidade *in vitro* de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. Ciência Rural 35:1393-1399. https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000600026.
32. Silva, D. J. and Queiroz, A. C. 2002. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3ed. Viçosa, Minas Gerais, Brasil: Universidade Federal de Viçosa.
33. Silva, C. F. P. G.; Figueiredo, M. P.; Pedreira, M. S.; Bernardino, F. S.; Farias, D. H. and Azêvedo, J. A.G. 2012. Cinética e parâmetros de fermentação ruminal in

vitro de silagens de parte aérea e raízes de mandioca. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia 64:1639-1648. https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000600033.

34. Silva, T. G. P. 2015. Concentração de ácido cianídrico na maniçoba (Manihot sp.) in natura e conservada. Monografia (Bacharelado em Zootecnia), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
35. Soares, J. G. G. 2003. Silagem de maniçoba: uma excepcional forragem. Disponível em: http://www.cpatsa.embrapa.br/artigos/manicoba.html. Acessado em: Mai. 20, 2023.
36. Statistical Analysis System (SAS). 2022. SAS OnDemand for Academics. Cary, NC: SAS Institute Inc. Disponível em: https://www.sas.com/pt_br/software/on-demand-for-academics.html
37. Uchechukwu-Agua, A. D.; Caleb, O. J.; Opara, U. L. 2015. Postharvest Handling and Storage of Fresh Cassava Root and Products: a Review. Food Bioprocess Technology. 8:729–748. https://doi.org/10.1007/s11947-015-1478-z
38. Van Soest, P. J.; Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polyssacharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74:3583-3597. 10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2
39. Vilpoux, O. F.; Yoshihara, P. H. F.; Pistori, H.; Ítavo, L. C. V.; Cereda, M. P. 2013. Sheep confined and fed with diet based on hole cassava as appropriate technology for small producers in Brazil. Revista Brasileira de Gestao e Desenvolvimento Regional. Disponível em: https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/876. Acessado em: 26 nov. 2023.
40. Wanapat, M.; Phesatcha, K.; Viennasay, B.; Phesatcha, B; Ampapon, T. and Kang, S. 2018. Strategic supplementation of cassava top silage to enhance rumen fermentation and milk production in lactating dairy cows in the tropics. Tropical Animal Health and Production 50:1539-1546. 10.1007/s11250-018-1593-8
41. Weinberg, Z. G. and Muck, R. E. 1996. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silages. FEMS Microbiology Reviews 19:53-68. https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.1996.tb00253.x

42. Weinberg, Z. G.; Szakacs, G.; Ashbell, G. and Hen, Y. 2001. The effect of temperature on the ensiling process of corn and wheat. Journal of Applied Microbiology 90:561-566. 10.1046/j.1365-2672.2001.01276.x
43. Wilkinson, J. M. and Davies, D. R. 2012. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. Grass and Forage Science 68(1):1–19. https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2012.00891.x
44. Woolford, M. K. 1990. The detrimental effects of air on silage. Journal of Applied Bacteriology 68:101-116. 10.1111/j.1365-2672.1990.tb02554.x
45. Yan, G.; Feng, Y.; Long, S.; Zeng, X.; Sun, Y.; Tang, X. and Lin, L. 2020. Challenges with biomass waste valorization. p.183-202. In: Waste valorization: Waste streams in a circular economy. C. S. K. Lin, G. Kaur, C. Li, & X. Yang (Eds.) Wiley. https://doi.org/10.1002/9781119502753.ch8

CAPÍTULO 3: CONSUMO, DIGESTIBILIDADE APARENTE, COMPORTAMENTO INGESTIVO E DESEMPENHO DE CORDEIROS EM CONFINAMENTO ALIMENTADOS COM SILAGEM DE PARTE AÉREA E RAIZ DE MANDIOCA

Artigo científico redigido sob as normas do periódico: *Animal*.

RESUMO

A mandioca apresenta potencial de utilização na alimentação animal, podendo ser aproveitada de forma integral, parte aérea e raízes, sendo fonte de diversificação de volumoso e concentrado energético para ruminantes. Objetivou-se avaliar o consumo, a digestibilidade aparente, o comportamento ingestivo e o desempenho de cordeiros em confinamento, alimentados com dieta composta por silagem de parte aérea e raiz da mandioca. Trinta e dois cordeiros, machos e fêmeas, da raça Santa Inês com peso médio de 20,59 ± 2,46 kg, foram distribuídos em um delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos, arranjados em um esquema fatorial 2×2, considerando-se duas fontes de volumoso (silagem de planta inteira de milho – SM, ou silagem de parte aérea de mandioca – SPAM) e duas fontes de concentrado energético (milho moído – MM, ou silagem de parte aérea de mandioca – SRM), e oito repetições. Dietas compostas por SPAM apresentaram menor digestibilidade aparente da MS ($p<0,01$), MO ($p<0,01$), PB ($p<0,01$), FDN ($p<0,01$), FDA ($p<0,01$), CNF ($p=0,08$) e maior excreção de N fecal ($p<0,01$) em relação à SM, proporcionando menor retenção de N ($p<0,01$) as dietas formadas por SPAM+MM e SPAM+SRM. A SPAM como fonte de volumoso, aumentou o TTR ($p<0,01$), TTM ($p=0,01$) e NBR ($p=0,02$), o que foi associado a menor digestibilidade da fibra desse alimento. Dietas compostas por SRM, apresentaram maior digestibilidade da MS ($p<0,01$) e demais nutrientes, sobretudo de CNF. Recomenda-se o uso da SPAM para animais de menor exigência, devido a menor digestibilidade da MS e nutrientes, que pode diminuir o consumo, o GPT e GMD. Já a SRM, pode ser utilizada em substituição total ao MM, sem comprometer o desempenho produtivo.

Palavras-chaves: alimentos não convencionais, *Manihot esculenta*, nutrição, ruminantes

ABSTRACT

Cassava has potential for use in animal feed, with both its aerial parts and roots being utilized as sources of roughage and energy concentrate for ruminants. The aim was to evaluate the intake, apparent digestibility, ingestive behavior, and performance of confined lambs fed diets composed of cassava leaf and root silage. Thirty-two Santa Inês lambs, both males and females, with an average weight of 20.59 ± 2.46 kg, were distributed in a randomized block design with four treatments arranged in a 2×2 factorial, considering two roughage sources (whole plant corn silage – WPCS or cassava shoot silage – CSS) and two energy concentrate sources (ground corn – GC or cassava root silage – CRS), with eight replications. Diets containing CSS showed lower apparent digestibility of dry matter (DM) ($p<0.01$), organic matter (OM) ($p<0.01$), crude protein (CP) ($p<0.01$), neutral detergent fiber (NDF) ($p<0.01$), acid detergent fiber (ADF) ($p<0.01$), and non-fiber carbohydrates (NFC) ($p=0.08$), as well as higher fecal nitrogen excretion ($p<0.01$) compared to WPCS, resulting in lower nitrogen retention ($p<0.01$) in diets composed of CSS+GC and CSS+CRS. CSS as a roughage source increased the total chewing time (TCT) ($p<0.01$), total masticatory time (TMT) ($p=0.01$), and number of ruminating bouts (NRB) ($p=0.02$), which was associated with lower fiber digestibility of this feed. Diets containing CRS showed higher digestibility of DM ($p<0.01$) and other nutrients, especially NFC. It is recommended to use CSS for animals with lower nutritional requirements due to its lower digestibility of DM and nutrients, which may reduce DM and nutrient intake, and thus growth performance and average daily gain. On the other hand, CRS can be used as a total replacement for GC without compromising productive performance.

Keywords: unconventional feeds, *Manihot esculenta*, nutrition, ruminants

1. Introdução

Nos sistemas de produção animal, a alimentação é principal desafio para alcançar eficiência produtiva e econômica. Os altos preços das *commodities*, como milho e soja, limitam seu uso em dietas para ruminantes e aumentam a busca por alimentos não convencionais que reduzam os custos sem comprometer a produção e a qualidade final dos produtos (Campos et al., 2023).

A mandioca (*Manihot esculenta,* Crantz) é um alimento amplamente cultivado no Brasil, com destacada importância socioeconômica, principalmente na agricultura familiar, com produção destinada, principalmente, para a produção de farinha e fécula, utilizadas na alimentação humana. Apresenta elevado teor de proteína, a parte aérea, e energia, as raízes, podendo ser aproveitada em dietas para ruminantes como fonte alternativa de volumoso e de concentrado energético (Souza et al., 2009).

Uma das formas de utilização da mandioca na alimentação animal é a silagem. A silagem de raiz da mandioca apresenta elevado coeficiente de digestibilidade aparente e pode contribuir de forma semelhante ao milho moído para a produção de ácidos graxos de cadeia curta, podendo ser um substituto potencial desse ingrediente na ração (Vieira et al, 2017). A parte aérea pode ser aproveitada como volumoso, apresentando elevado teor proteico e baixo teor de fibras, comparadas a várias gramíneas tropicais (Fernandes et al. 2016; Oliveira et al., 2016; Pereira et al., 2017; Li et al., 2018).

Tendo em vista o amplo cultivo da mandioca em todo o território brasileiro, conhecer as possibilidades de aproveitamento das raízes e dos derivados oriundos do seu processamento na alimentação animal, além de representar alternativa alimentar no sistema de produção pode oferecer alternativa aos pequenos produtores, com a valorização e diversificação de uso da cultura (Vilpoux et al., 2013).

Para que alimentos não convencionais sejam aproveitados de forma adequada na alimentação animal, é importante avaliá-los como forma de promover ajustes na dieta, para garantir a qualidade nutricional e a manutenção do desempenho produtivo sem causar efeitos indesejáveis no sistema de produção.

Considera-se que a silagem de parte aérea de mandioca, como fonte de volumoso, e a silagem de raiz de mandioca, como fonte de concentrado energético, podem compor a dieta de cordeiros sem afetar o consumo, o aproveitamento dos nutrientes e o desempenho animal. Portanto, objetivou-se avaliar o consumo, a digestibilidade aparente, o comportamento ingestivo e o desempenho de cordeiros em confinamento, alimentados com dieta composta por silagem de parte aérea e raiz da mandioca.

2. Material e métodos

2.1. Processo de ensilagem

Para a ensilagem do milho, foi utilizado o híbrido K9660 PRO2, aos 90 dias de idade, colhido com o auxílio de uma colhedora acoplada a um trator. A planta inteira foi triturada e ensilada através de pisoteio, em tambores plásticos de 200 L.

Para a ensilagem da parte aérea e da raiz da mandioca, utilizou-se a variedade BRS Formosa, aos 11 meses de idade. A lavoura foi colhida manualmente, através do arranque das raízes e separação da parte aérea. A parte aérea e as raízes foram trituradas, sendo as raízes descascadas anterior à trituração, e ensiladas. A compactação da parte aérea foi realizada através do pisoteio e, das raízes, com socadores de madeira. Ambas foram armazenadas em tambores plásticos de 200 L (silos), e vedados por aproximadamente 135 dias, até o início do experimento.

2.2. Local do experimento

O experimento foi conduzido na área experimental Fazenda Escola de Igarapé-Açu da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, localizada no município de Igarapé-Açu, Pará, (01°07'21" S e 47°36'27" W). A área localiza-se no bioma amazônico, com temperatura média anual em torno de 28°C. As condições de clima quente e úmido enquadram a região no tipo climático Am (Köppen, 1918), característico de clima tropical. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Microbiologia da UFRA, campus Belém.

2.3. Animais, delineamento e dietas experimentais

Os procedimentos e métodos de manejo adotados com os animais foram aprovados pelo Comitê de Ética Animal (CEUA) da UFRA, de protocolo n° 9090080921 e ID 000397.

Foram utilizados trinta e dois cordeiros da raça Santa Inês, machos e fêmeas, com peso médio de 20.59 ± 2.46 kg, distribuídos em um delineamento em blocos casualizados, utilizando-se o peso corporal e o sexo como fatores de blocagem. O delineamento foi composto por quatro tratamentos, arranjados em um esquema fatorial 2×2, sendo duas fontes de volumoso (silagem de planta inteira de milho – SM; e, silagem de parte aérea de mandioca - SPAM) e duas fontes de concentrado energético (milho moído – MM; e, silagem de raiz de mandioca - SRM), com oito repetições por tratamento.

As dietas experimentais foram: SM+MM, SM+SR SPAM+MM e SPAM+SRM (Tabela 1). A proporção volumoso:concentrado foi 40:60, formuladas para serem isoproteicas e atender as exigências de nutrientes de cordeiros com ganho de peso médio diário de 200 g (NRC, 2007).

Tabela 1. Proporção dos ingredientes *(g Kg^{-1})* e composição química *(g Kg^{-1} MS)* das dietas experimentais fornecidas.

Ingredientes g Kg^{-1}	SM+MM	SM+SRM	SPAM+MM	SPAM+SRM
SM	400	400	-	-
SPAM	-	-	400	400
SEM	-	357	-	448
MM	387	-	488	-
FS	180	210	90.0	123
Uréia	14.0	16.0	7.00	10.0
Fosfato bicálcico	8.00	11.0	11.0	15.0
Calcário calcítico	7.00	2.00	0.00	0.00
Sal branco	4.00	4.00	4.00	4.00
Composição química g Kg^{-1} MS				
MS	624.3	453.3	596.3	382.7
MO	953.7	949.3	951.1	939.2
PB	180.1	180.7	180.4	180.2
EE	25.5	10.7	36.0	17.3
FDN	290.3	267.8	282.1	252.9
FDNcp	238.3	232.2	219.6	211.3
FDA	128.4	137.7	156.0	167.3
Hemicelulose	162.5	130.2	126.8	85.5
Celulose	110.7	119.1	105.4	115.7
Lignina	17.2	18.5	50.0	51.6
CNF	422.5	466.7	467.6	514.9

SPAM+MM: dieta composta por silagem de parte aérea de mandioca e milho moído; SPAM+SRM: dieta composta por silagem de parte aérea de mandioca e silagem de raiz de mandioca; SM+MM: dieta composta por silagem de planta inteira de milho e milho moído; SM+SRM: dieta composta por silagem de planta inteira de milho e silagem de raiz de mandioca. MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; FDNcp: Fibra em detergente neutro corrigida para proteína e cinzas; CNF: carboidratos não fibrosos.

O concentrado foi composto por farelo de soja, calcário calcítico, fosfato bicálcico, ureia e milho moído ou silagem de raiz de mandioca (Tabela 2), os quais foram processados na fábrica de ração pertencente ao Instituto de Saúde e Produção Animal – ISPA, da UFRA, exceto a silagem de raiz de mandioca. O volumoso foi misturado ao

concentrado no momento do fornecimento das dietas, para evitar possível seleção dos ingredientes pelos animais.

O fornecimento das dietas ocorreu em dois períodos, manhã (8h) e tarde (16h), sendo a quantidade oferecida calculada diariamente, a partir do consumo do dia anterior, de modo a permitir sobras de até 10%. O fornecimento de sal mineral e água foi *ad libitum*.

As dietas foram avaliadas através da realização de três experimentos, marcados em três diferentes períodos durante a realização do estudo.

2.4. Digestibilidade aparente

O ensaio de digestibilidade aparente teve duração de vinte dias, sendo quinze de adaptação e cinco para coleta de amostras do fornecido, sobras, fezes e urina. Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas, providas de cocho e bebedouro, apresentando piso ripado para facilitar na coleta total de fezes.

Determinou-se a digestibilidade aparente da MS, MO, PB, EE, FDN, FDA e CNF após a avaliação química das amostras de fornecido, sobras e fezes.

A digestibilidade aparente (DA) da matéria seca e dos nutrientes foi calculada pela diferença entre o ingerido na ração e o excretado nas fezes, dividida pelo ingerido e multiplicada por 100, conforme a fórmula:

$$DA\ (\%) = ([\text{ingerido} - \text{excretado}] / \text{ingerido}) * 100.$$

Para a avaliação do balanço de nitrogênio, realizou-se coleta de urina dos animais em baldes plásticos, com auxílio de tela separadora de polietileno fixada nas gaiolas metabólicas, para separação da urina e das fezes. Utilizou-se 100 mL de solução de ácido clorídrico a 10% para evitar perdas por volatilização de compostos nitrogenados presentes na urina. As amostras, correspondentes a 10% do volume total diário de urina produzida, foram coletadas para cada animal e dia de coleta.

O balanço de nitrogênio foi determinado como a diferença entre o N total ingerido (Ningerido) e o N total excretado nas fezes (Nfecal) e na urina (Nurina), conforme o cálculo:

$$BN = \text{Ningerido} - (\text{Nfecal} + \text{Nurina})$$

Todas as amostras coletadas de fornecido, sobras, fezes e urina foram acondicionadas em embalagens plásticas ou em coletores individuais, devidamente identificados e mantidos em freezer (-20 °C) até o início do processamento e análises laboratoriais.

2.5. Comportamento ingestivo

A avaliação do comportamento ingestivo foi realizada durante o confinamento dos animais, em dois períodos, de 24 horas cada.

Observadores previamente treinados observaram, a cada 5 minutos, as variáveis comportamentais correspondentes a alimentação (A), ruminação (R) e ócio (O) dos animais (Segabinazzi et al., 2014).

O tempo total de alimentação (TTA), tempo total de ruminação (TTR) e tempo total de ócio (TTO) de cada animal durante as avaliações, foram calculados pela soma das observações, em minutos, de cada atividade realizada durante o período de coleta de dados. O número de mastigações por bolo (NM) e o tempo de ruminação por bolo (TRB) de cada animal, foram determinados por meio de um cronômetro digital.

Cada variável, relacionada à ruminação, foram registradas ao longo do período de avaliação do comportamento, com três observações para cada animal. O tempo total de mastigação (TTM), número de bolos ruminais (NBR) e NM foram determinados segundo Burguer et al. (2000), de acordo com as equações:

$$\text{TTM (horas/dia)} = \text{TTA (horas/dia)} + \text{TTR (horas/dia)}$$

$$\text{NBR (n°/dia)} = \text{TTR (horas/dia)} / \text{TRB (segundos/bolo)}$$

$$\text{NM (n°/dia)} = \text{NM (n°/bolo)} * \text{TRB (segundos/bolo)}$$

Determinou-se a eficiência alimentar da matéria seca (EAMS), a eficiência alimentar da fibra em detergente neutro (EAFDN), a eficiência de ruminação da matéria seca (ERMS) e a eficiência de ruminação da fibra em detergente neutro (ERFDN), a partir das seguintes equações:

$$\text{EAMS (g MS/h)} = \text{CMS (g/dia)} / \text{TTA (h/dia)}$$

$$EAFDN\ (g\ FDN/h) = CFDN\ (g/dia)\ /\ TTA\ (h/dia)$$

$$ERMS\ (g\ MS/h) = CMS\ (g/dia)\ /\ TTR\ (h/dia)$$

$$ERFDN\ (g\ FDN/h) = CFDN\ (g/dia)\ /\ TTR\ (h/dia)$$

O consumo de MS e FDN foi obtido pela diferença da quantidade fornecida de MS e FDN e das suas respectivas quantidades nas sobras.

2.6. Desempenho

Ao final do ensaio de digestibilidade, os animais foram transferidos para um aprisco suspenso e alocados em baias individuais, providas de cocho, saleiro e bebedouro, dando-se início ao período de confinamento, onde ocorreu a avaliação de desempenho.

O confinamento teve duração de 31 dias, durante o qual, avaliou-se o consumo, ganho de peso total (GPT), ganho de peso médio diário (GMD) e conversão alimentar (CA).

O consumo foi calculado por meio da pesagem do alimento fornecido e das sobras. Após as análises químicas, foram determinados os consumos de MS, MO, PB, EE, FDN, FDA, CNF e nutrientes digestíveis totais (NDT), conforme descrito por Sniffen et al. (1992).

O consumo da MS e dos nutrientes foi calculado pela diferença entre o fornecido na ração e as sobras deixadas no cocho, conforme o cálculo:

$$Consumo\ (g/dia) = dieta\ fornecida - sobras.$$

O GPT foi obtido a partir da diferença entre o peso final (PF) e inicial (PI) do período de confinamento. O GMD foi obtido a partir da diferença entre PF e PI, dividido pelo número de dias do período de confinamento, conforme a seguinte equação:

$$GMD(Kg) = (PF - PI)/número\ de\ dias.$$

A conversão alimentar foi obtida por meio da relação entre o consumo de matéria seca (MS) e o ganho de peso (GP), conforme a fórmula:

CA = KgMS ingerida / GP.

2.7. Análises laboratoriais

Ao final dos períodos experimentais, as amostras de alimentos fornecidos, sobras e fezes foram descongeladas e submetidas a uma pré-secagem a 55ºC, por 72 h, para serem moídas em moinho de facas tipo Willey, em peneira com malha de 1 mm. Foram produzidas amostras compostas por animal, em cada período, para posterior análises químicas dos ingredientes das dietas (Tabela 2).

Tabela 2. Composição química (*g Kg*$^{-1}$), ácido cianídrico (HCN), pH e população microbiana dos ingredientes das dietas experimentais.

Itens	SM	SPAM	SRM	MM	FS
MS *g Kg*$^{-1}$	259.8	193.2	381.3	860.3	941.4
			g Kg^{-1} *MS*		
MO	965.8	940	974.8	989.4	930.9
MM	34.2	60.0	25.2	10.6	69.1
PB	75.5	183.6	23.9	82.7	482.5
EE	19.5	37.5	2.4	41.2	9.6
FDN	529.8	508.6	69.9	135.5	147.3
FDNcp	473.3	432.4	46.7	68.3	125.0
FDA	268.4	346.2	46.7	24.0	65.2
Hemicelulose	261.4	162.4	23.4	111.5	82.1
Celulose	236.9	233.6	33.6	13.7	57.5
Lignina	31.5	112.6	12.9	10.3	6.3
CT	870.9	718.9	948.6	865.5	438.9
CNF	341.0	210.3	878.7	766.9	291.6
			Fracionamento da proteína bruta (%PB)		
A	58.67	26.52	75.73	-	-
B1+B2	23.05	36.93	13.39	-	-
B3	14.30	29.30	3.35	-	-
C	4.10	7.24	7.11	-	-
			Fracionamento de carboidratos (%CT)		
A+B1	45.63	39.85	95.06	92.11	-
B2	45.65	22.55	1.64	5.43	-
C	8.69	37.60	3.28	2.46	-
			mg Kg^{-1}		
HCN	-	11.8	28.32	-	-
pH	3.57	3.87	3.75	-	-
			log ufc g^{-1}		
Bactéria ácido lática	6.42	6.84	6.21	-	-

Enterobactérias	0	0	0	-	-
Leveduras	4.43	2.94	4.25	-	-
Mofo	6.98	4.25	3.57	-	-

SM: silagem de planta inteira de milho; SPAM: silagem de parte aérea de mandioca; SRM: silagem de raiz de mandioca; MM: milho moído; FS: farelo de soja. MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; MM: matéria mineral; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; FDNcp: Fibra em detergente neutro corrigida para proteína e cinzas; CT: carboidratos totais; CNF: carboidratos não fibrosos.

Nas amostras de silagem, realizou-se ainda análises de nitrogênio amoniacal (NH_3-N), pH, ácido cianídrico (HCN) e a contagem microbiana (Tabela 1).

Nos alimentos fornecidos, sobras e fezes foram determinados os teores de: matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) (Silva e Queiroz, 2002), descritas por Detmann et al. (2021) pelos métodos INCT-CA (MS – método G-003/1; MM – método M-001/2; PB – método N-001/2; EE – método G-005/2).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), foram determinadas segundo metodologia de Van Soest et al. (1991), descritas por Detmann et al. (2021) pelos métodos INCT-CA (FDN – método F-002/2; FDA – método F-004/2). A correção da FDN para proteína e cinzas foi realizada descontando-se o teor de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e o teor de cinzas insolúveis em detergente neutro (CIDN) (LICITRA et al., 1992), descritas por Detmann et al. (2021) pelos métodos INCT-CA (PIDN – método N-004/2; CIDN – método M-002/2).

A lignina foi determinada conforme metodologia proposta por Gomes et al. (2011), descrita por Detmann et al. (2021) pelo método F-005/2 do INCT-CA. A hemicelulose foi obtida pela diferença entre FDN e FDA e, a celulose obtida pela diferença entre FDA e lignina.

Os carboidratos totais (CT) foram determinados pela expressão CT = 100 – (MM + PB + EE), segundo Sniffen et al. (1992) e o conteúdo de carboidratos não fibrosos (CNF) foi calculado a partir da equação CNF = 100 – (MM + PB + EE + FDN), de acordo com Detmann e Valadares Filho (2010).

Para cálculo do fracionamento de proteínas, foi realizado o tratamento com solução de ácido tricloroacético (TCA) a 10%, para obtenção do teor de nitrogênio insolúvel (Ninsolúvel) em TCA. A partir da diferença entre o teor de N-total e o de Ninsolúvel no TCA foi obtida a fração A (%PB), ou compostos nitrogenados não proteicos (NNP), (SNIFFEN et al., 1992). A fração B1+B2 foi calculada pela fórmula B1+B2 (%PB) = %NinsolúvelTCA-%PIDN (Sniffen et al., 1992). A fração B3 (%PB) foi calculada pela

diferença entre a proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e a proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e, a fração C (%PB) foi considerada como a proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) (Sniffen et al. 1992).

Para determinação do fracionamento de carboidratos, calculou-se a fração C (%CT) a partir da equação C = Lignina(%FDN)*2,4, descrita por Sniffen et al. (1992). Ainda segundo o mesmo autor, a fração B2 (%CT) foi calculada pela equação B2 = FDN_{CP}-C; e, a fração de carboidratos não estruturais, correspondente a fração A+B1 (%CT), foi determinada pela equação A+B1 = 100 - (%PB+%EE+%FDN_{CP}+%MM).

Nas silagens, o teor de nitrogênio amoniacal (NH_3-N) e a determinação do pH foram determinados segundo metodologia descrita por Bolsen et al. (1992). Nas silagens de parte aérea e raiz de mandioca, determinou-se o teor de ácido cianídrico (HCN) segundo metodologia de Ades Totah e Hernandez Luis (1986) adaptada por Silva (2015).

O teor de nitrogênio na urina foi obtido pelo método de Kjeldahl (Silva e Queiroz, 2002), descrito por Detmann et al. (2021) pelos métodos INCT-CA (PB – método N-001/2 adaptado).

2.8. Análise Estatística

Os dados foram testados para verificar a normalidade e homogeneidade da variância pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Todas as variáveis foram analisadas utilizando o procedimento GLM no pacote estatístico Statiscal Analysis System (SAS, 2022) para análise de variância, onde foram testados os efeitos do tipo de volumoso e do concentrado energético e das interações entre esses dois fatores. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, considerando nível de significância de 5% ($p \leq 0,05$). O modelo estatístico utilizado foi: $Y_{i\alpha jk} = \mu + i + \alpha + V_j + C_k + (V \times C)_{jk} + \varepsilon_{i\alpha jk}$. Em que:

$Y_{i\alpha jk}$ = é valor obtido da unidade experimental;

μ = média de cada tratamento;

i = efeito do bloco 1;

α = efeito do bloco 2;

V_j = efeito do volumoso;

C_k = efeito do concentrado;

$(V \times C)_{jk}$ = efeito da interação entre volumoso e concentrado;

$\varepsilon_{i\alpha jk}$ = o erro experimental associado à observação $Y_{i\alpha jk}$.

3. Resultados

3.1. Digestibilidade aparente

Houve efeito de volumoso ($p<0.05$) e concentrado ($p<0.05$) para digestibilidade aparente da MS (DMS), matéria orgânica (DMO) e proteína bruta (DPB). As dietas compostas silagem de planta inteira de milho (SM), comparadas àquelas compostas por silagem de parte aérea de mandioca (SPAM), proporcionaram maior DMS (80.39 versus 73.41%; $p<0.001$), DMO (81.57 versus 74.71%; $p<0.001$) e DPB (82.76 versus 70.85%; $p<0.001$). Da mesma forma que dietas compostas por silagem de raiz de mandioca (SRM), comparadas àquelas compostas por milho moído (MM), proporcionaram maior DMS (79.65 versus 74.16%; $p=0.002$), DMO (81.17 versus 75.11%; $p<0.001$) e DPB (79.67 versus 73.93%; $p<0.001$) (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios do consumo (*g dia*$^{-1}$) de matéria seca (CMS) e digestibilidade aparente (*%*) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e carboidratos não fibroso (CNF) em cordeiros alimentados com dietas compostas por silagem de parte aérea e raiz de mandioca.

Itens	*SM*		*SPAM*		EPM	*p_valor*		
	MM	*SRM*	*MM*	*SRM*		V	C	V×C
CMS (g dia^{-1}*)*	841.47	1026.57	799.37	796.67	54.49	0.079	0.059	0.141
DMS (%)	77.96	82.82	70.36	76.47	2.57	<0.001	0.002	0.649
DMO (%)	78.89	84.26	71.34	78.08	2.65	<0.001	<0.001	0.589
DPB (%)	80.46	85.07	67.41	74.28	3.83	<0.001	<0.001	0.266
DEE (%)	91.52^{a}	92.49^{ab}	72.88^{b}	45.47^{c}	11.01	<0.001	<0.001	<0.001
DFDN (%)	63.18	61.43	44.65	37.92	6.23	<0.001	0.133	0.465
DFDA (%)	56.65	56.92	27.41	25.86	8.71	<0.001	0.630	0.899
DCNF (%)	86.46	93.03	88.19	95.59	2.11	0.803	0.023	0.116

SM: silagem de planta inteira de milho; SPAM: silagem de parte aérea de mandioca. MM: milho moído; SRM: silagem de raiz de mandioca. Médias seguidas por letra minúscula diferente na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p<0.05$). EPM: erro padrão médio; V: efeito do volumoso; C: efeito do concentrado; V×C: efeito da interação volumoso × concentrado.

Para digestibilidade aparente de extrato etéreo (EE) houve efeito da interação V × C ($p<0.001$). Observou-se que as dietas compostas por SM+MM e SM+SRM apresentaram maior digestibilidade aparente de EE, de 91.52 e 83.41% respectivamente, seguidas da dieta composta por SPAM+MM, com 72.88%. A menor digestibilidade aparente de EE foi observada na dieta composta por SPAM+SRM, registrando 45.47%.

Houve efeito de volumoso ($p<0.001$) para digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (DFDN) e fibra em detergente ácido (DFDA), verificando-se que dietas

compostas por SM, em comparação às dietas compostas por SPAM, apresentaram maiores DFDN (62.31 versus 41.28%) e DFDA (56.78 versus 26.63%).

Para digestibilidade aparente de carboidratos não fibrosos (DCNF), houve efeito de concentrado (p=0.023). As dietas com SRM, em comparação às dietas compostas por MM, apresentaram maior DCNF (94.31 versus 87.32%).

Houve efeito de volumoso para Ningerido, em *g dia*$^{-1}$ (p<0.001), em que dietas compostas por SM proporcionaram maior ingestão de nitrogênio, em *g dia*$^{-1}$, comparadas àquelas compostas por SPAM. Para Ningerido em *g KgPV*$^{-1}$, houve interação V×C (p=0.017), observando-se que a dieta composta por SM+SRM proporcionou maior ingestão de nitrogênio, em comparação às demais dietas (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios (*g dia*$^{-1}$ e *g KgPV*$^{-1}$) de nitrogênio (N) ingerido, N fecal, N na urina e balanço de nitrogênio (BN) em cordeiros alimentados com dietas compostas por silagem de parte aérea e raiz de mandioca.

Itens	*SM*		*SPAM*		EPM	*p_valor*		
	MM	*SRM*	*MM*	*SRM*		V	C	V×C
N ingerido (g dia^{-1}*)*	26.973	32.868	23.103	21.517	2.53	<0.001	0.100	0.058
N ingerido (g KgPV^{-1}*)*	1.187^{b}	1.479^{a}	1.091^{b}	1.091^{b}	0.09	<0.001	0.043	0.017
N fecal (g dia^{-1}*)*	5.235	4.867	7.528	5.532	0.60	<0.001	0.137	0.105
N fecal (g KgPV^{-1}*)*	0.231	0.217	0.356	0.280	0.03	<0.001	0.096	0.130
N urina (g dia^{-1}*)*	0.278	0.203	0.180	0.133	0.03	0.011	0.081	0.566
N urina (g KgPV^{-1}*)*	0.012	0.009	0.008	0.007	0.00	0.015	0.065	0.647
BN (g dia^{-1}*)*	21.460	27.800	15.400	15.850	2.96	<0.001	0.014	0.061
BN (g KgPV^{-1}*)*	0.944^{b}	1.253^{a}	0.726^{c}	0.804^{bc}	0.12	<0.001	<0.001	0.013

SM: silagem de planta inteira de milho; SPAM: silagem de parte aérea de mandioca. MM: milho moído; SRM: silagem de raiz de mandioca. Médias seguidas por letra minúscula diferente na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0.05). EPM: erro padrão médio; V: efeito do volumoso; C: efeito do concentrado; V×C: efeito da interação volumoso × concentrado.

Houve efeito de volumoso (p<0.05) para Nfecal e Nurina, em *g dia*$^{-1}$ e *g KgPV*$^{-1}$, observando-se que animais alimentados com SPAM, comparados aos alimentados com SM, apresentaram maior quantidade de Nfecal (6.530 versus 5.051 *g dia*$^{-1}$ e 0.318 versus 0.224 *g KgPV*$^{-1}$). Enquanto, animais alimentados com SM, comparados àqueles alimentados com SPAM, apresentaram maior quantidade de Nurina (0.241 versus 0.156 *g dia*$^{-1}$ e 0.011 versus 0.008 *g KgPV*$^{-1}$).

Houve efeito de volumoso (p<0.001) e concentrado (p=0.014) para BN, em *g dia*$^{-1}$. Dietas compostas por SM e SRM proporcionaram maior retenção de nitrogênio, comparadas às dietas compostas, respectivamente, por SPAM e MM.

Para BN, em *g KgPV*$^{-1}$, houve interação V × C (p=0.013), verificando-se que a dieta composta por SM+SRM, proporcionou maior retenção de nitrogênio em relação às

demais dietas, apresentando BN de 1.253 *g KgPV*$^{-1}$. Animais alimentados com SPAM+MM apresentaram menor retenção de nitrogênio, com BN de 0.726 *g KgPV*$^{-1}$ (p=0.013), mas não diferindo daqueles animais alimentados com SPAM+SRM, que apresentaram BN de 0.804 *g KgPV*$^{-1}$ (Tabela 4).

3.3. Comportamento ingestivo

Na avaliação do comportamento ingestivo, houve efeito de volumoso (p<0.001) e concentrado (p=0.037) para tempo total ruminando (TTR). Observou-se que as dietas compostas por SPAM (8.22 *h dia*$^{-1}$) e MM (8.04 *h dia*$^{-1}$) aumentaram o TTR dos animais, em comparação às dietas com SM (7.32 *h dia*$^{-1}$) e SRM (7.50 *h dia*$^{-1}$), respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios do tempo total (*h.dia*$^{-1}$) se alimentando (TTA), ruminando (TTR), em ócio (TTO) e mastigando (TTM); números (*n.dia*$^{-1}$) de mastigações (NM) e bolo ruminal (NBR); eficiências de alimentação (*g.h-*^{1} *alimentando*) da matéria seca (EAMS) e da fibra em detergente neutro (EAFDN); e, eficiências de ruminação (*g.h*$^{-1}$ *ruminando*) da matéria seca (ERMS) e da fibra em detergente neutro (ERFDN) em cordeiros alimentados com dietas compostas por silagem de parte aérea e raiz de mandioca.

Itens	*SM*		*SPAM*		EPM	*p_valor*		
	MM	*SRM*	*MM*	*SRM*		V	C	V×C
TTA h.dia^{-1}	3.21	3.24	3.91	4.03	0.22	0.096	0.934	0.920
TTR h.dia^{-1}	7.68	6.95	8.4	8.05	0.31	<0.001	0.037	0.442
TTO h.dia^{-1}	13.11	13.81	11.70	11.92	0.50	0.005	0.338	0.653
TTM h.dia^{-1}	10.89	10.19	12.30	12.08	0.50	0.005	0.343	0.661
NM n.dia^{-1}	2901.23	2834.76	3473.43	2438.14	213.27	0.915	0.129	0.205
NBR	18.32	16.57	19.25	21.56	1.04	0.015	0.755	0.091
EAMS g.h-^{1} *alim.*	330.17	390.79	249.72	277.36	31.11	0.019	0.162	0.672
EAFDN g.h^{-1} *alim.*	124.02^{b}	175.29^{a}	107.95^{b}	127.74^{b}	14.50	<0.001	<0.001	0.030
ERMS *g.h*$^{-1}$ *rum.*	84.9	80.45	66.18	58.53	6.14	0.025	0.059	0.868
ERFDN *g.h*$^{-1}$ *rum.*	32.25	36.06	29.00	27.15	1.96	<0.001	0.325	0.088

SM: silagem de planta inteira de milho; SPAM: silagem de parte aérea de mandioca. MM: milho moído; SRM: silagem de raiz de mandioca. Médias seguidas por letra minúscula diferente na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0.05). EPM: erro padrão médio; V: efeito do volumoso; C: efeito do concentrado; V×C: efeito da interação volumoso × concentrado.

Observou-se efeito de volumoso (p<0.05) para TTO, TTM, NBR, EAMS e ERFDN, em que dietas compostas por SPAM proporcionaram menor TTO (11.81 versus 13,46 *h.dia*$^{-1}$; p=0.005) e maiores TTM (12.19 versus 10.54 *h.dia*$^{-1}$; p=0.005) e NBR (20.40 versus 17.45; p=0.015), registrando menor EAMS (263.54 versus 360.48 *g.h*$^{-1}$ *alim.*; p=0.019) e ERFDN (117.84 versus 149.65 *g.h*$^{-1}$ *alim.*; p<0.001) em comparação às dietas compostas por SM.

Houve efeito da interação V × C para eficiência de alimentação da FDN (EAFDN; p=0.030), observando-se que animais alimentados com SM+SRM apresentaram maior EAFDN, em relação aos animais alimentados com as demais dietas (Tabela 5).

3.3. Desempenho

Houve efeito de volumoso (p<0.05) e de concentrado (p<0.05) para consumo de MS (*g dia*$^{-1}$ e *%PV*), MO (*g dia*$^{-1}$), EE (*g dia*$^{-1}$), FDA (*g dia*$^{-1}$) e CNF (*g dia*$^{-1}$), conforme Tabela 6.

Dietas compostas por SM, comparadas às dietas compostas por SPAM, proporcionaram maior consumo de MS (1080.63 versus 962.93 *g dia*$^{-1}$; 4.53 versus 4.19 *%PV;* p<0.05), MO (1029.40 versus 906.38 *g dia*$^{-1}$; p<0.001) e CNF (590.12 versus 511.77 *g dia*$^{-1}$; p=0.005); e, menor consumo de EE (14.29 versus 17.85 *g dia*$^{-1}$; p<0.001) e FDA (111.45 versus 141.07 *g dia*$^{-1}$; p<0.001). A SRM nas dietas, comparada ao MM, proporcionou maior consumo de MS (1118.60 versus 924.96 *g dia*$^{-1}$; 4.82 versus 3.90 *%PV;* p<0.001), MO (1056.27 versus 879.51 *g dia*$^{-1}$; p<0.001), FDA (133.12 versus 119.41 *g dia*$^{-1}$; p<0.001) e CNF (630.89 versus 471.01 *g dia*$^{-1}$; p<0.001); e, menor consumo de EE (12.85 versus 19.29 *g dia*$^{-1}$; p<0.001).

Para consumo de PB (*g dia*$^{-1}$ e *%PV*) e NDT (*g dia*$^{-1}$) houve interação V x C (p<0.08). Animais alimentados com SM+SRM apresentaram o maior consumo de PB (238.10 *g dia*$^{-1}$; 1.01 *%PV*) e NDT (1046.73 *g.dia*$^{-1}$) comparados àqueles alimentados com as demais dietas (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios do consumo, em *g dia*$^{-1}$ e em porcentagem de peso vivo *(%PV),* de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) em cordeiros alimentados com dietas compostas por silagem de parte aérea e raiz de mandioca.

Itens	*SM*		*SPAM*		EPM	*p_valor*		
	MM	*SRM*	*MM*	*SRM*		V	C	V×C
Consumo (*g dia*$^{-1}$)								
MS	949.13	1212.13	900.78	1025.07	68.41	0.017	<0.001	0.110
MO	904.73	1154.07	854.29	958.47	65.60	<0.001	<0.001	0.077
PB	179.92^{b}	238.10^{a}	157.70^{b}	173.68^{b}	17.55	<0.001	<0.001	0.014
EE	17.14	11.44	21.44	14.26	2.14	<0.001	<0.001	0.351
FDN	247.28	249.62	242.71	217.89	7.30	0.166	0.973	0.209
FDA	101.65	121.26	137.16	144.98	9.57	<0.001	<0.001	0.368
CNF	492.18	688.07	449.84	573.7	52.44	0.005	<0.001	0.143

NDT	770.94[b]	1046.73[a]	646.53[c]	774.64[b]	37.9	<0.001	<0.001	0.035
Consumo (%PV)								
MS	3.95	5.12	3.85	4.53	0.29	0.053	<0.001	0.189
PB	0.73[b]	1.01[a]	0.68[b]	0.77[b]	0.07	<0.001	<0.001	0.008
FDN	1.02	1.05	1.04	0.97	0.02	0.385	0.622	0.293

SM: silagem de planta inteira de milho; SPAM: silagem de parte aérea de mandioca. MM: milho moído; SRM: silagem de raiz de mandioca. Médias seguidas por letra minúscula diferente na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0.05). EPM: erro padrão médio; V: efeito do volumoso; C: efeito do concentrado; V×C: efeito da interação volumoso × concentrado.

Houve efeito de volumoso (p=0.004) para ganho de peso total (GPT) e ganho médio diário (GMD), conforme a Tabela 7. Dietas compostas por SM, comparadas às dietas compostas por SPAM, proporcionaram maior GPT (5.76 versus 4.81 *Kg dia*$^{-1}$) e GMD (185.91 versus 155.14 *g dia*$^{-1}$), em relação às dietas com SPAM.

Para conversão alimentar (CA), houve efeito de concentrado (p<0.001). Verificou-se que dietas compostas por SRM apresentaram maior CA (6.78), comparadas às dietas com MM (5.62).

Tabela 7. Valores médios do ganho de peso total (GPT) ganho médio diário (GMD), conversão alimentar (CA) de cordeiros alimentados com dietas compostas por silagem de parte aérea e raiz de mandioca.

Itens	*SM*		*SPAM*		EPM	*p_valor*		
	MM	*SRM*	*MM*	*SRM*		V	C	V×C
GPT *Kg dia*$^{-1}$	5.51	6.01	4.82	4.80	0.29	0.004	0.519	0.428
GMD *g dia*$^{-1}$	177.87	193.95	155.44	154.83	9.47	0.004	0.519	0.428
CA	5.44	6.31	5.80	7.24	0.39	0.051	<0.001	0.740

SM: silagem de planta inteira de milho; SPAM: silagem de parte aérea de mandioca. MM: milho moído; SRM: silagem de raiz de mandioca. Médias seguidas por letra minúscula diferente na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0.05). EPM: erro padrão médio; V: efeito do volumoso; C: efeito do concentrado; V×C: efeito da interação volumoso × concentrado.

4. Discussão

A menor digestibilidade aparente da MS e demais nutrientes, observadas para dietas com SPAM está de acordo com os achados de estudos anteriores. Man e Wiktorsson (2001) ao avaliarem a inclusão da silagem de folha de mandioca na suplementação de novilhas mestiças, observaram redução na digestibilidade MS, MO, PB, FDN e FDA. Thang et al. (2009) relataram menor digestibilidade aparente da MS, MO, PB, FDN e FDA em bovinos mestiços alimentados com níveis crescentes de folha de mandioca, em dieta basal de palha de arroz tratada com uréia. Assim como Sath et al. (2012), que

registraram menor digestibilidade aparente da MS, MO, FDN e FDA em dietas de bovinos com níveis crescentes de folha de mandioca.

A digestibilidade aparente pode estar associada às características químicas dos alimentos. No caso dos alimentos volumosos SM e SPAM, relacionada principalmente à fração fibrosa, considerando que a quantidade e qualidade da fibra é um dos fatores de maior influência no aproveitamento de nutrientes (McDonald et al., 2010).

A composição da fibra varia de acordo com a composição da parede celular vegetal, sendo o teor de lignina considerado o principal fator limitante à digestibilidade (Van Soest, 1994). Observou-se que os teores de FDN da SM e SPAM foram relativamente próximos, apresentando a SM 529.8 $g\ Kg^{-1}\ MS$ e a SPAM 508.6 $g\ Kg^{-1}\ MS$ (Tabela 1). No entanto, a concentração de lignina entre esses volumosos variou consideravelmente, apresentando a SPAM teor de lignina de 112.6 $g\ Kg^{-1}\ MS$, enquanto a SM apresentou 31.5 $g\ Kg^{-1}\ MS$ (Tabela 1).

Alguns estudos relatam que a parte aérea da mandioca contém taninos condensados (Khang e Wiktorsson, 2006; Thang et al., 2009), que podem reduzir o consumo e a digestibilidade desse alimento (Silanikove 1994; Bhatta et al. 2005), apesar da ensilagem reduzir o teor desse composto antinutricional (Khang e Wiktorsson, 2006).

Além disso, verificou-se ainda que o conteúdo de nitrogênio associados às frações B3 e C observados para SPAM foram consideravelmente elevados, comparados aos observados para SM. A SPAM apresentou teores de nitrogênio associados às frações B3 e C de 29.3% e 7.24% da PB respectivamente, enquanto a SM apresentou teores de nitrogênio associados às frações B3 e C de 14.3% e 4.10% da PB respectivamente (Tabela 1), o que pode ter conferido menor digestibilidade aparente de PB para a SPAM em relação à SM.

A fração B3 é representada pelas proteínas ligadas à parede celular, que apresentam lenta taxa de degradação e baixa disponibilidade nutricional (Van Soest, 1994). A proteína ligada a fração C, não é degradada e, portanto, é indisponível nutricionalmente, estando associadas à lignina, taninos e as chamadas proteínas danificadas pelo calor, tais como produtos originados da reação de Maillard (Sniffen et al., 1992).

Vários estudos citam valores da fração C da PB na silagem de parte aérea de mandioca superior ao registrado nesse estudo (Modesto et al., 2004; Pinho et al., 2004; Azevedo et al., 2006), comprovando que a silagem de parte aérea de mandioca apresenta teor de nitrogênio indigestível consideravelmente elevado, o que pode ter influenciado a digestibilidade aparente da PB nessa silagem.

Modesto et al. (2008) ao avaliarem os efeitos da substituição da silagem de milho pela silagem de rama de mandioca em vacas gestantes, verificaram efeito linear negativo para digestibilidade aparente da proteína bruta à medida que a silagem de milho foi substituída. Esses autores, atribuíram a redução da digestibilidade da proteína bruta ao teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido que elevou à medida que aumentou o nível de silagem de rama de mandioca na dieta total.

Com relação às maiores digestibilidades aparentes da MS, MO e PB obtidas pela SRM em comparação ao MM, estas podem estar associadas ao tipo de amido presente nesse alimento. O amido é formado por dois polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina, estando sua digestibilidade relacionada negativamente à quantidade de amilose presente em seus grânulos (Van Soest, 1994).

Segundo Nocek e Taminga (1991) a raiz da mandioca promove maior degradabilidade ruminal em relação aos grãos de cereais, principalmente o milho, isso porque, o amido da mandioca apresenta menor proporção de amilose, e maior proporção amilopectina em comparação ao milho, os quais, associados à ausência de matriz proteica nos grânulos de amido da raiz da mandioca, propiciam maior aproveitamento pelos microrganismos ruminais, aumentando os coeficientes de digestibilidade desse alimento no trato gastrointestinal (Caldas Neto et al., 2000).

Ademais, a maior quantidade de nitrogênio presente na SRM está associada a fração A da PB (75.73*% PB*) o que pode ter conferido maior digestibilidade de PB nesse concentrado, em comparação ao MM. O MM apresenta taxa de degradação mais lenta da PB, uma vez que maior parte do nitrogênio presente no MM é associado às frações B1+B2 (Prado et al., 2000; Kelzer, et al. 2010).

Nesse mesmo contexto, a maior fração A+B1 (95.06*%CT*) do fracionamento de carboidratos da SRM, que correspondem à concentração de CNF desse alimento, pode ter proporcionado a maior digestibilidade desse nutriente para SRM, já que correspondem às frações degradadas mais rapidamente no trato digestível.

Segundo Mertens (1992) a ingestão é função relacionada ao animal, variando de acordo com o peso vivo, tamanho, estado fisiológico, entre outros. Como observado, quando se relacionou a ingestão de nitrogênio e o balanço de nitrogênio com o peso vivo ($g\ KgPV^{-1}$), houve interação V × C, verificando-se que animais alimentados com SM+SRM, apresentaram maior ingestão de nitrogênio, o que pode ser devido a maior digestibilidade aparente da MS e da FDN, proporcionada pela SM e SRM, que favoreceu

a maior ingestão de nitrogênio em animais alimentados com dieta composta por esses alimentos.

Para SPAM, verificou-se maior concentração de nitrogênio indisponível em relação à SM, sendo a fração C da PB na SPAM correspondente a 7.24 *%PB* e na SM 4.10 *%PB* (Tabela 1). Além disso, como observado, a digestibilidade da PB diferiu entre os volumosos, sendo menor para SPAM. Esses resultados podem explicar a diferença de excreção de nitrogênio pelos animais, sendo maior nas fezes por aqueles animais alimentados com SPAM e, maior na urina, por aqueles animais alimentados com SM.

Segundo Satter et al. (2002) a proteína indigestível é excretada nas fezes, enquanto a proteína digerida, é convertida em aminoácidos que podem ser utilizados para a síntese de tecido animal ou oxidados para a produção de ATP, com consequente geração de ureia no fígado, a qual é parcialmente filtrada nos rins e excretada na urina. Logo, o nitrogênio presente nas fezes é referente, principalmente à proteína alimentar não digerida, enquanto o nitrogênio presente na urina, ao excesso de nitrogênio solúvel na dieta (Kozloski, 2016).

Para BN, verificou-se que este foi positivo para todas as dietas, indicando que houve retenção de nitrogênio e que a exigência de proteína pelos animais foi atendida, independente da dieta utilizada. No entanto, SM+SRM proporcionou a maior retenção de N, o que pode ser explicado devido maior aproveitamento da PB em SM, associada a fonte de amido de alta degradabilidade ruminal, presente na SRM, refletindo em sincronização entre nitrogênio e energia no rúmen.

Para as dietas SPAM+MM e SPAM+SRM observou-se menor retenção de N, ocasionado possivelmente, pela menor sincronização nitrogênio e energia no rúmen. Embora a SPAM apresente elevado teor de PB, a fração de proteína solúvel é baixa (fração A=26.52 *%PB;* Tabela 1), tendo maior concentração de nitrogênio de lenta degradação (fração B3=29.30 *%PB*; Tabela 1) ou indisponível (fração C=7.24 *%PB*; Tabela 1), a qual associada às fontes de energia de rápida degradação ruminal, como o MM e SRM, que apresentam elevada fração de carboidratos pertencentes à fração A+B1 (92.11 e 95.06 *%CT*, respectivamente; Tabela 1), pode ter reduzido o aproveitamento de compostos nitrogenados nas dietas compostas por SPAM combinadas com MM e SRM.

Com relação à avaliação do comportamento ingestivo, o tempo despendido para alimentação e ruminação também são parâmetros que podem refletir as características físicas e químicas do alimento, como tamanho de partícula e concentração de fibra, sendo o teor de componentes da parede celular do alimento proporcional ao tempo despendido para ruminação, devido a resistência à digestão dessas estruturas (Van Soest, 1994).

Considerando os teores observados de FDA, e principalmente lignina, em maiores proporções na SPAM, esses podem ter sido fatores responsáveis por prolongar o TTA, TTR e, consequentemente o TTM e o NBR, nos animais alimentados com esse volumoso.

O maior TTR proporcionado pela SPAM, pode ser explicado ainda, pela digestibilidade das frações desse alimento. Segundo Nascimento et al. (2021) o aumento do TTR pode ocorrer devido a necessidade de diminuir a sensação de preenchimento ruminal e aumentar a taxa de passagem do alimento, o que fica evidenciado pelo maior TTM e NBR observados para a SPAM.

As EAMS e ERMS observadas para animais alimentados com SM, podem ter sido maiores devido o maior consumo de MS proporcionado por SM, associado ao menor TTA e TTR, observados para animais alimentados por esse volumoso, em relação àqueles alimentados com SPAM.

O aumento no teor de FDN na dieta estimula a atividade de ruminação e, consequentemente, reduz as eficiências de alimentação e ruminação, devido a menor taxa de passagem e ao efeito de repleção ruminal que a fibra possui (Oh et al., 2016; Huhtanen et al., 2016; Silva et al., 2018). Considerando que a SM foi o volumoso na dieta que proporcionou maior consumo de MS, mas com menor tempo dispendido para alimentação e ruminação, isso pode justificar a maior eficiência de alimentação da FDN para a dieta composta por esse ingrediente.

Vários fatores estão associados a regulação do consumo em ruminantes, como o conteúdo de fibra da dieta, a facilidade de hidrólise do amido e da fibra e, a digestibilidade da fração FDN. Uma das características químicas do alimento que afeta a digestibilidade da FDN, e consequentemente o consumo, é a concentração de lignina (Nussio, Campos e Lima, 2011). O menor consumo de MS e demais nutrientes, proporcionado por SPAM, provavelmente ocorreu devido ao elevado teor de lignina desse volumoso, em comparação à SM (112.6 versus 31.5 *g* Kg^{-1} *MS*, Tabela 1), que pode ter influenciado a digestibilidade da FDN, como apresentado anteriormente, afetando o trânsito de alimento pelo trato intestinal, provocando maior repleção ruminal e menor consumo. No entanto, apesar do menor consumo de MS, em dietas compostas por SPAM, verificou-se maior consumo de FDA, o que pode ter sido provocado pelo elevado teor desse componente nesse volumoso, em comparação à SM (346.2 versus 268.4 *g* Kg^{-1} *MS*, Tabela 1).

Embora o teor de taninos não tenha sido determinado na SPAM, alguns estudos relatam que a presença desses compostos, bem como de ácido cianídrico (HCN), na folha de mandioca, podem reduzir a consumo (Khang e Wiktorsson, 2006; Thang et al., 2009).

Apesar do processo de ensilagem reduzir a concentração desses compostos antinutricionais, o conteúdo residual desses componentes pode ter influenciado no consumo desse volumoso, uma vez que a relação inversa entre níveis de tanino na forragem e palatabilidade, ingestão voluntária, digestibilidade e retenção de N em herbívoros, é comprovada (Silanikove 1994; Bhatta et al. 2005).

Devido as dietas compostas por SRM terem proporcionado maior consumo de MS, consequentemente, os consumos dos demais nutrientes foram maiores para dietas contendo esse concentrado. Isso pode ser explicado devido a maior digestibilidade aparente da MS na SRM, em consequência das características do amido desse alimento, que é facilmente hidrolisado no rúmen, em comparação ao MM (Simas et al., 2008), que permitiu rápido aproveitamento pelos microrganismos ruminais, e consequentemente, menor tempo de permanência desse alimento no trato digestivo, favorecendo a ingestão diária. Segundo McDonald (2010) a ruminação e a fermentação são processos lentos, no entanto, alimentos digestíveis ficam por menos tempo retidos no trato gastrointestinal, aumentando o rendimento do animal e a ingestão diária de MS, o que foi observado para dietas compostas por SRM.

A dieta SM+SRM proporcionou maior consumo de PB e NDT, em relação às demais dietas, o que pode ter ocorrido devido os maiores consumos de MS proporcionados pelos alimentos que a compuseram essa dieta (SM e SRM).

Considera-se o consumo de MS o primeiro fator determinante do desempenho animal. É através dele que o animal obtém os nutrientes necessários para atendimento das exigências de mantença e produção, sendo o consumo de PB e energia, fatores determinantes do desempenho (Detmann et al., 2014; Gonzaga Neto et al., 2015; Silva et al., 2016).

Segundo Medeiros e Marino (2015) mesmo havendo excesso de proteína na dieta, as bactérias ruminais podem apresentar deficiência proteica. Isso pode ocorrer se as fontes de proteína tiverem baixa degradabilidade proteica, não havendo disponibilidade adequada de nitrogênio às bactérias ruminais, que são as principais responsáveis pela degradação da fibra. O resultado é a redução da taxa de passagem, aumento do enchimento ruminal, redução na ingestão de matéria seca, e consequente comprometimento do desempenho animal.

Apesar do alto teor de PB na SPAM (183.6 *g* Kg^{-1} *MS*, Tabela 1), a fração de proteína solúvel nesse volumoso é baixa (fração A=26.52*%PB;* Tabela 1), tendo maior concentração de nitrogênio de lenta degradação (fração B3=29.30*%PB*; Tabela 1) ou

indisponível (fração C=7.24*%PB*; Tabela 1. Enquanto na SM, a fração de proteína de lenta degradação ou indisponível é consideravelmente menor (fração B3=14.30*%PB*; fração C=4.10*%PB*; Tabela 1), sendo a fração A, de rápida degradabilidade, maior nesse volumoso (fração A=58.27*%PB*; Tabela 1) em comparação à SPAM.

A maior quantidade de proteína ligada às frações B3 e C na SPAM, provavelmente reduziu o aproveitamento dos compostos nitrogenados e refletiu em menor retenção de N, apresentando os animais alimentados com SPAM menor consumo de MS, devido a menor digestibilidade aparente, principalmente da fibra, que pode ter diminuído a taxa de passagem no rúmen e, consequentemente, a ingestão de alimentos por esses animais. Além disso, o consumo de NDT foi menor nos animais alimentados com SPAM+MM em relação àqueles alimentados com SM+SRM, SM+MM e SPAM+SRM ($p<0.01$). Esses fatores podem, portanto, justificar o menor GPT e GMD obtidos pelos animais que receberam dietas contendo SPAM, em comparação àqueles que receberam dietas compostas por SM. As dietas com SRM, apesar de proporcionarem maior consumo de MS, não obtiveram efeito sobre GPT e GMD, justificando a maior CA registrada para os animais alimentados com esse concentrado.

5. Conclusão

As silagens de parte aérea e raiz de mandioca são opções para a diversificação alimentar em dietas para cordeiros. Esses alimentos podem substituir, respectivamente, a silagem de planta inteira de milho e o milho moído, porém é recomendado o uso da silagem de parte aérea de mandioca para animais de menor exigência, devido menor digestibilidade da matéria seca e de nutrientes, que diminui o consumo e o desempenho animal. Já a SRM pode ser utilizada em substituição total ao milho moído, pois apresenta alta digestibilidade, sobretudo de carboidratos não fibrosos, sem comprometer o desempenho produtivo. O nível de inclusão das silagens à base de mandioca nas dietas para pequenos ruminantes poderá variar em função de fatores econômicos e dos objetivos do sistema de produção.

5. Referências

1. Bhatta, R.; Vaithiyanathan, S.; Singh, N. P.; Shinde, A. K.; Verma, D. L. 2005. Effect of feeding tree leaves as supplements on the nutrient digestion and rumen fermentation pattern in sheep grazing on semi-arid range of India. Small Ruminant Research, 60, 273–280.

2. Burguer, P. J.; Pereira, J. C.; Queiroz, A. C.; Silva, J. S. C.; Valadares Filho, S. C.; Cecon, P. R.; Casali, A. D. P. 2000. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. Revista Brasileira de Zootecnia, 29(1), 236-242.
3. Bolsen, K. K.; Lin, C.; Brent, B. E. et al. 1992. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. J. Dairy Sci., v. 75, 3066-3083.
4. Campos, F. S.; Ferreira, D. J.; Zanine, A. M.; Pereira, D. M.; et al. 2023. Silagens não convencionais para alimentação de ruminantes: uma abordagem estratégica. *In: Anais da I Mostra de Difusão Tecnológica do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal.* Zanine, A. M. Chapadinha, EDUFMA, 152-165.
5. Caldas Neto, S. F.; Zeoula, L. M.; Branco, A. F.; et al. 2000. Mandioca e resíduos das farinheiras na alimentação de ruminantes: digestibilidade total e parcial. Rev. Bras. Zootec., 29 (6), 2099–2108.
6. Detmann, E.; Valadares Filho, S. C. 2010. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, 62: 980–984.
7. Detmann, E.; Valente, E. E. L.; Batista, E. D. et al. 2014. An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. Livestock Science, v. 162, 141-153.
8. Fernandes, F. D.; Guimarães Júnior, R.; Vieira, E. A.; Fialho, J. F.; Malaquias, J. V. 2016. Produtividade e valor nutricional da parte aérea e de raízes tuberosas de oito genótipos de mandioca de indústria. Rev. Bras. Saúde Prod. Anim., Salvador, v.17, 1-12.
9. Gonzaga Neto, S.; Oliveira, R. L.; Lima, F. H. S. et al. 2015. Milk production, intake, digestion, blood parameters, and ingestive behavior of cows supplemented with by-products from the biodiesel industry. Tropical Animal Health and Production, v. 47, 191-200.
10. Huhtanen, P.; Detamann, E.; Krizsan, S. J. 2016. Prediction of rumen fiber pool in cattle from dietary, fecal, and animal variables. Journal of dairy science, v. 99, 5345-5357.
11. Khang, D. N.; Wiktorsson, H. 2006. Performance of growing heifers fed urea treated fresh rice straw supplemented with fresh, ensiled or pelleted cassava foliage. Livestock Science, 102, 130– 39.

12. Kelzer, J. M.; Kononoff, P. J.; Tedeschi, T. C. et al. 2010. Evaluation of protein fractionation and ruminal and intestinal digestibility of corn milling co-products. Journal of Dairy Science, v. 93.
13. Köppen, W. 1918. Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. Petermanns Mitt, v. 64, 193-203.
14. Kozloski, G. V. 2016. Bioquímica dos ruminantes., 3ª ed., Santa Maria: Editora UFSM, 216 p.
15. Man, N. V.; Wiktorsson, H. 2001. Cassava tops ensiled with or without molasses as additive effects on quality, feed intake and digestibility by heifers. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 14:624-630.
16. McDonald, P.; Edwards, R. A.; Greenhalgh, J. F. D. et al. 2010. Animal Nutrition. 7th Edition. Longman, London and New York. 714.
17. Medeiros, S. R.; Marino, C. T. 2015 Proteínas na nutrição de bovinos de corte. In: Medeiros, S. R.; Gomes, R. C; Bungenstab, D. J. (Ed.) Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações. Brasília, DF: Embrapa, 18 p.
18. Mertens, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação e formulação de rações. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, 1992. Lavras. Anais… Lavras: SBZ, 188-219.
19. Modesto, E. C. et al. 2007. Substituição da silagem de milho pela silagem de rama de mandioca na alimentação de vacas leiteiras: consumo e digestibilidade dos nutrientes. Acta Sci. Anim. Sci. Maringá, v. 29, 359-364.
20. Nascimento, T. V. C.; Oliveira, R. L. A; Menezes, D. R.; Lucena, A. R. F.; Queiroz, M. A. Á.; Lima, A. G. V. O.; Ribeiro, R. D. X.; Bezerra, L. R. Effects of condensed tannin-amended cassava silage blend diets on feeding behavior, digestibility, nitrogen balance, milk yield and milk composition in dairy goats. Animal 15, 2021.
21. Nocek, J. E.; Tamminga, S. 1991. Site of Digestion of Starch in the Gastrointestinal Tract of Dairy Cows and Its Effect on Milk Yield and Composition. Journal of Dairy Science, vol. 74.
22. NRC, 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids, 1st ed. National Academy Press, Washington, DC.
23. Statistical Analysis System (SAS). 2022. SAS OnDemand for Academics. Cary, NC: SAS Institute Inc. Disponível em: https://www.sas.com/pt_br/software/on-demand-for-academics.html

24. Nussio, L. G.; Campos, F. P.; Lima, M. L. 2011. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: Berchielli, T. T; Pires, A V.; Oliveira, G. S. Nutrição de ruminantes, FUNEP: Jaboticabal, 516 p.
25. Oh, M. R.; Hong, H.; Li, H. L. et al. 2016. Effects of Physically Effective Neutral Detergent Fiber Content on Intake, Digestibility, and Chewing Activity in Fattening Heifer Fed Total Mixed Ration. Asian-Australasian journal of animal sciences, 29, 1719.
26. Sath, K.; Sokun, K.; Pauly, T.; Holtenius, K. 2012. Feed Intake, Digestibility, and N Retention in Cattle Fed Rice Straw and Para Grass Combined with Different Levels of Protein Derived from Cassava Foliage. Asian-Aust. J. Anim. Sci., v. 25, 956-961.
27. Satter, L. D.; Klopfenstein, T. J.; Erickson, G. E. 2002. The role of nutrition in reducing nutrient output from ruminants. Journal Animal Science, (E. Suppl. 2): E143-E156.
28. Segabinazzi, R. L.; Menezes, L. F. G.; Silva, C. E. K.; Martinello, C.; Boito, B.; Molinete, M. L. 2014. Diurnal ingestive behavior of Holstein calves reared in different systems: feedlot or pasture. Acta Scientiarum, 36(2), 225-231.
29. Silanikove, N. Effect of a daily supplementation of polyethylene glycol on intake and digestion of tannincontaining eaves (Ceratonia siliqua) by sheep. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 42, p. 2844–2847, 1994.
30. Silva, D. J.; Queiroz, A. C. 2002. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos (3ed.). Viçosa, Minas Gerais, Brasil: Universdiade Federal de Viçosa.
31. Silva, T. G. P. 2015. Concentração de ácido cianídrico na maniçoba (Manihot sp) *in natura* e conservada. 38f. Monografia (Bacharelado em Zootecnia), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
32. Silva, L. D.; Pereira, O. G.; Silva, T. C. et al. 2016. Effects of silage crop and dietary crude protein levels on digestibility, ruminal fermentation, nitrogen use efficiency, and performance of finishing beef cattle. Animal Feed Science and Technology, v. 220, 22-33.
33. Silva, T. E.; Detmann, E.; Palma, M. N. N. et al. 2018 Desenvolvimento de modelo para predição da fração digestível da fibra em detergente neutro para bovinos em condições tropicais. Revista Brasileira de Biometria, v. 36, 290-315.
34. Simas J. M. C.; Pires A. V.; Susin I.; Santos F.A.P. et al. 2008. Efeitos de fontes e formas de processamento do amido na utilização de nutrientes e parâmetros

ruminais de vacas em lactação. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 60(5):1128-1134.

35. Sniffen, C. J.; O'connor, J. D.; Van Soest, P. J. et al. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattles diets: II. Carbohydrate and protein availability. Journal of Animal Science, v. 70, p. 3562 - 3577.
36. Thang, C. M.; Ledin, I.; Bertilsson, J. 2009. Effect of feeding cassava and/or Stylosanthes foliage on the performance of crossbred growing cattle. Tropical Animal Health and Production, 42(1), 1–11. doi:10.1007/s11250-009-9378-8.
37. Souza, L. S.; Silva, J.; Souza, L. D. 2009. Recomendação de calagem e adubação para o cultivo de mandioca. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 6 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado técnico, 133).
38. Van soest, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polyssacharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science, v.74, 3583-3597.
39. Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2. ed. Ithaca: Cornell University, 476 p.
40. Vieira, P. A. S. et al. 2017. Parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio em bovinos alimentados com silagem da raiz de mandioca. Pesq. Vet. Bras., 37(8):883-890.
41. Vilpoux, O. F.; Yoshihara, P. H. F.; Pistori, H.; Ítavo, l. C. V.; Cereda, M. P. 2013. Sheep confined and fed with diet based on hole cassava as appropriate technology for small producers in Brazil. Revista Brasileira de Gestao e Desenvolvimento Regional, v. 9, 211-235.