



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

FRANCY MANOELY DA SILVA LIMA

**DETERIORAÇÃO AERÓBIA DE SILAGENS DE PARTE AÉREA E RAIZ DE
MANDIOCA E SUA INFLUENCIA EM DIETAS**

**BELÉM
2023**

FRANCY MANOELY DA SILVA LIMA

**DETERIORAÇÃO AERÓBIA DE SILAGENS DE PARTE AÉREA E RAIZ DE
MANDIOCA E SUA INFLUENCIA EM DIETAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva.

Coorientadora: Msc. Dayana Mesquita Dergan.

**BELÉM
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L732d Lima, Francy Manoely da Silva
Deterioração Aeróbia de Silagens de Parte Aérea e Raiz de Mandioca e sua Influência em Dietas /
Francy Manoely da Silva Lima. - 2023.
38 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Zootecnia, Campus Universitário de Belém,
Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2023.
Orientador: Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva
Coorientador: Profa. MSc. Dayana Mesquita Dergan.
1. Forragicultura. 2. Bromatologia. 3. Microbiologia. 4. Nutrição animal. 5. Subprodutos. I. da Silva,
Thiago Carvalho, *orient.* II. Título
-

CDD 636.0852

FRANCY MANOELY DA SILVA LIMA

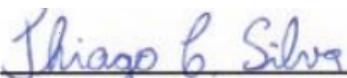
**DETERIORAÇÃO AERÓBIA DE SILAGENS DE PARTE AÉREA E RAIZ DE
MANDIOCA E SUA INFLUENCIA EM DIETAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal Rural da
Amazônia, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em
Zootecnia.

Data da Aprovação

04 de setembro de 2023

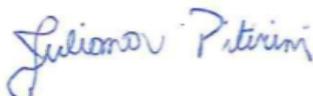
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva
Universidade Federal Rural da
Amazônia Orientador



Prof. Dr. Cristian Faturi
Universidade Federal Rural da Amazônia



MSc. Juliana Schuch Pitirini
Universidade Federal Rural da Amazônia

*À Seu Zé Maria, que na morada eterna
junto à Deus, Jesus e Nossa Senhora tem
intercedido por mim em todos os momentos.
Obrigada pelo exemplo de pai, avô e ser
humano que o senhor foi!*

AGRADECIMENTOS

Não teria como iniciar este tópico sem agradecer, primeiramente à Deus, Jesus e Nossa Senhora, que com sua infinita misericórdia e bondade me deram forças para que esse ciclo seja encerrado da melhor forma.

Sou imensamente grata aos meus pais, Manoel e Lucélia, que independente de qualquer coisa, por me darem a vida, me apoiarem e deram subsídios necessários para que hoje eu estivesse aqui, e nunca deixarem, nem por um segundo de acreditar em mim.

Ao Seu Zé e Dona Osmarina (avós), que mesmo não entendendo, acreditavam que um dia sua neta iria conseguir coisas maravilhosas, e sempre dispostos em todos os momentos mover céus e terras pelos seus filhos e netos.

Agradeço ao meu amor, Augusto Freitas, que muito antes desta jornada iniciar, já estava comigo, me amando e sempre me apoiando, me protegendo e acreditando em mim quando eu mesma já havia desistido.

Agradeço a pessoas que conheci neste ciclo de minha vida, que se tornaram meus amigos e parceiros para todas as horas: Aline Seabra, Adria Souza, Any Beatriz, Fernando Alencar, Larissa Peralta e Jacqueline Santos.

À família GERFAM, que aceitou a entrada de uma caloura no grupo lá em 2018, que acreditava que não poderia contribuir em muita coisa, mas foi crescendo profissionalmente graças à excelentes tutores, professor Thiago Carvalho, Cristian Faturi e Aníbal Coutinho.

Deste grupo, criei amizades que irei levar por toda vida, agradeço todo o apoio, e saibam que para o que precisarem, estarei aqui: Juliana Pitirini, Dayana Mesquita, Andreza Amoras, Melany Souza, Izabella Gomes, Jéssica Brenda, Caroline Rosa, Nauara Lage, Rômulo Engelhard, Aluizio Oliveira, Lucas Calabria, Geissy Helen, Saymon Gavinho, João Victor, Ágatha Guelreth, Hélio Aguiar, Lorena Moraes, Adria Gabriely.

E a todos aqueles que até de forma indireta contribuíram comigo, sou imensamente grata a cada um. Saibam que a torcida, as orações, e o apoio valeram a pena!

RESUMO

A estabilidade aeróbia de silagens representa o tempo de vida útil que esse alimento irá apresentar no cocho. Tendo em vista que silagens fazem parte de inúmeras dietas para ruminantes, avaliar a estabilidade dessas dietas, representa o tempo em que o alimento mantém sua qualidade nutricional e segurança sanitária. Assim, objetivou-se avaliar a deterioração aeróbia de dietas contendo silagens de milho (SM), parte aérea de mandioca (SPAM) e raiz de mandioca (SRM), em condições de campo, a partir da avaliação da temperatura, população microbiana e pH das silagens e dietas, após exposição ao ar. Para avaliar a estabilidade aeróbia, o pH e a população microbiana foram coletados, aproximadamente, 2kg de silagem e das dietas, que ficaram expostas ao ar por um período de sete dias. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos, referentes às silagens, e quatro repetições, totalizando doze unidades experimentais. Para as dietas, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, distribuído em um fatorial 2x2, considerando duas fontes de volumoso (SM e SPAM) e duas fontes de concentrado energético, milho moído (MM) e SRM, com quatro tratamentos, referentes às dietas (SM+MM; SM+SRM; SPAM+MM e SPAM+SRM). Para a população microbiana nas silagens, verificou-se que a população de BAL foi maior ($p<0,01$) na SM ($6,29 \log_{10} \text{ufc.g}^{-1}$), seguida pela SPAM ($4,85 \log_{10} \text{ufc.g}^{-1}$) e SRM ($4,06 \log_{10} \text{ufc.g}^{-1}$). A população de enterobactérias foi maior ($p<0,01$) nas SPAM e SM ($4,22$ e $3,98 \log_{10} \text{ufc.g}^{-1}$) comparadas as SRM ($1,48 \log_{10} \text{ufc.g}^{-1}$). Para população de leveduras, SRM apresentou a menor ($p<0,01$) população ao longo do período de exposição aeróbia ($3,02 \log_{10} \text{ufc.g}^{-1}$) em relação às SM e SPAM ($6,77$ e $6,11 \log_{10} \text{ufc.g}^{-1}$ respectivamente). Quanto ao pH, na SRM manteve menor pH ($p<0,01$) durante todo o período de exposição ao ar, permanecendo abaixo de 4,00. Nas SM e SPAM, registrou-se aumento de pH ($p<0,01$), atingindo valores de 6,72 e 8,00 respectivamente, no último dia de exposição. Na SRM, observou-se a maior ($p<0,01$) estabilidade aeróbia (EA) registrada, permanecendo estável até 7,5 dias de exposição ao ar, menor ($p<0,01$) amplitude de temperatura (AmpT; $7,81 \text{ }^\circ\text{C}$) e temperatura máxima (Tmax; $29,95 \text{ }^\circ\text{C}$) e maior ($p<0,01$) tempo para atingir temperatura máxima (TTmax; 7,38 dias), enquanto SM e SPAM apresentaram EA de 4,38 e 0,22 dias, AmpT de 20,41 e $18,41 \text{ }^\circ\text{C}$, Tmax de $46,28$ e $41,28 \text{ }^\circ\text{C}$ e TTmax de 0,53 e 6,50 dias, respectivamente. Com relação às dietas, a população de BAL, enterobactérias e leveduras aumentaram ($p<0,01$) ao longo do período de exposição ao ar. Para pH, observou-se que dietas compostas por SPAM e SRM, apresentaram menores ($p<0,01$) valores no início da exposição ao ar, no entanto, houve um aumento ($p<0,01$) de pH em todas as dietas ao longo do período de exposição aeróbia. Para EA, verificou-se que dietas sem silagem de mandioca, composta unicamente por milho (SM+MM), apresentou a menor estabilidade ($p<0,05$), com EA de menos de 1 dia (0,44 dia). SM+SRM, SPAM+MM e SPAM+SRM, apresentaram EA de 3,38; 5,41 e 4,75, respectivamente. Para TTmax, SPAM e SRM apresentaram maior ($p<0,05$) tempo (6,80 e 6,17 dias, respectivamente), em relação às dietas composta por SM (4,38 dias). A maior Tmax registrada foi em SM+MM, com $46,82 \text{ }^\circ\text{C}$ e a menor AmpT, foi obtidas nas dietas com MM e SPAM ($22,38$ e $22,48 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente). As SPAM e SRM apresentaram maior EA, comparadas à SM, podendo conferir maior resistência a deterioração aeróbia às dietas contendo essas silagens, prolongando assim, o tempo de vida útil deste alimento no cocho, proporcionando maior segurança alimentar aos animais.

Palavras-chave: alimento alternativo; estabilidade aeróbia; *Manihot esculenta*; pH; população microbiana.

ABSTRACT

The aerobic stability of silages represents the useful life that this food will present in the trough. Bearing in mind that silages are part of countless diets for ruminants, evaluating the stability of these diets represents the time in which the food maintains its nutritional quality and health safety. Thus, the objective was to evaluate the aerobic deterioration of diets containing corn silages (SM), cassava shoots (SPAM) and cassava roots (SRM), under field conditions, based on the evaluation of temperature, microbial population and pH of silages and diets, after exposure to air. To evaluate the aerobic stability, the pH and the microbial population, approximately 2 kg of silage and diets were collected, which were exposed to the air for a period of seven days. A completely randomized design was used with 3 treatments, referring to the silages, and four replications, totaling twelve experimental units. For the diets, a completely randomized design was used, distributed in a 2x2 factorial, considering two sources of roughage (SM and SPAM) and two sources of energy concentrate, ground corn (MM) and SRM, with four treatments, referring to the diets (SM+MM; SM+SRM; SPAM+MM and SPAM+SRM). For the microbial population in silages, it was found that the BAL population was higher ($p<0.01$) in SM ($6.29 \log_{10} \text{ ufc.g}^{-1}$), followed by SPAM ($4.85 \log_{10} \text{ ufc.g}^{-1}$) and SRM ($4.06 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$). The population of enterobacteria was higher ($p<0.01$) in SPAM and SM (4.22 and $3.98 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$) compared to SRM ($1.48 \log_{10} \text{ cfu.g}^{-1}$). For yeast population, SRM showed the lowest ($p<0.01$) population over the period of aerobic exposure ($3.02 \log_{10} \text{ ufc.g}^{-1}$) in relation to SM and SPAM (6.77 and $6.11 \log_{10} \text{ ufc.g}^{-1}$ respectively). As for pH, the SRM maintained a lower pH ($p<0.01$) throughout the period of exposure to air, remaining below 4.00. In SM and SPAM, there was an increase in pH ($p<0.01$), reaching values of 6.72 and 8.00 respectively, on the last day of exposure. In the SRM, the highest ($p<0.01$) aerobic stability (AE) recorded was observed, remaining stable up to 7.5 days of exposure to air, the lowest ($p<0.01$) temperature amplitude (AmpT; 7, 81 °C) and maximum temperature (Tmax; 29.95 °C) and longer ($p<0.01$) time to reach maximum temperature (TTmax; 7.38 days), while SM and SPAM presented EA of 4.38 and 0.22 days, AmpT of 20.41 and 18.41 °C, Tmax of 46.28 and 41.28 °C and TTmax of 0.53 and 6.50 days, respectively. Regarding the diets, the population of BAL, enterobacteria and yeast increased ($p<0.01$) over the period of exposure to air. For pH, it was observed that diets composed of SPAM and SRM, presented lower ($p<0.01$) values at the beginning of exposure to air, however, there was an increase ($p<0.01$) of pH in all diets throughout the period of aerobic exposure. For EA, it was verified that diets without cassava silage, composed only of corn (SM+MM), presented the lowest stability ($p<0.05$), with EA of less than 1 day (0.44 day). SM+SRM, SPAM+MM and SPAM+SRM, presented EA of 3.38; 5.41 and 4.75, respectively. For TTmax, SPAM and SRM presented longer ($p<0.05$) time (6.80 and 6.17 days, respectively), in relation to the diets composed of SM (4.38 days). The highest Tmax registered was in SM+MM, with 46.82 °C and the smallest AmpT, was obtained in diets with MM and SPAM (22.38 and 22.48 °C, respectively). SPAM and SRM presented higher EA, compared to SM, which may confer greater resistance to aerobic deterioration to the diets containing these silages, thus prolonging the useful life of this food in the trough, providing greater food security for the animals.

Keywords: alternative food; aerobic stability; *Manihot esculenta*; pH; microbial population.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	5
2.	REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1	A cultura da mandioca.....	6
2.2.	Uso da silagem na alimentação animal	8
2.2.1	Microbiologia de silagens.....	10
2.2.2	Deterioração aeróbia de silagens	11
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3.2	Localização.....	13
3.3	Delineamento experimental e análise estatística	13
3.4	Dietas experimentais	14
3.5	Estabilidade aeróbia.....	15
3.6	pH e análise microbiológica	15
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5	CONCLUSÃO.....	28
6	REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta*) é uma cultura amplamente cultivada em países de clima tropical (AZEVEDO et al., 2006). O Brasil é o 5º maior produtor de mandioca no mundo (FAO, 2020), sua produção total é de aproximadamente 19 milhões de toneladas (IBGE 2021). É um alimento considerado versátil, podendo ser utilizado de diversas formas. Normalmente, suas raízes são destinadas a produção de farinha e polvilho por ser uma rica fonte de amido. E a parte aérea, referente à folha e o caule, tornam-se resíduos culturais (TIESENHAUSEN, 1987).

As raízes, assim como os subprodutos oriundos do beneficiamento da mandioca, como a parte aérea, são alimentos alternativos que podem ser destinados ao consumo animal em substituição à alimentos convencionais, de forma parcial ou integral. Sendo possível o aproveitamento total da planta, contanto que haja processamento cuidadoso da mandioca, uma vez que esta cultura pode apresentar elevados teores de glicosídeo cianogênicos, gerando risco de intoxicação nos animais (LIMA et al., 2010).

O processo de ensilagem, método de conservação de forragens por meio de processo fermentativo anaeróbio, capaz de manter o valor nutritivo do alimento ensilado por longos períodos (RAMOS et al., 2021). As silagens, tanto de volumoso quanto de concentrados úmidos, fazem parte de inúmeras dietas fornecidas aos ruminantes.

Conhecer o tempo em que a dieta irá resistir à deterioração após exposição aeróbia da silagem, representa o tempo de vida útil, isto é, a condição de qualidade e segurança alimentar que esse alimento apresentará. Quando ocorre a abertura do silo e a silagem fica exposta, microrganismos aeróbios deteriorantes iniciam suas atividades consumindo o substrato residual disponível, resultando em perdas de matéria seca, contribuindo para a diminuição do valor nutritivo do alimento. (AMARAL et al., 2008; WOOLFORD, 1990)

A manutenção do tempo em estabilidade de dietas contendo silagens, permite que o alimento possa ser consumido sem apresentar perigo sanitário, garantindo qualidade nutricional ao longo de sua permanência no cocho. Contudo, estudos avaliando estabilidade aeróbia de dietas são poucos em comparação à trabalhos apenas com silagens.

Ademais, os trabalhos encontrados na literatura com estabilidade aeróbia ocorrem em ambiente de temperatura controlada ou fechados (AMARAL et al., 2008; RABELO

et al., 2017; ROTH et al., 2018). É notório a necessidade de entender o comportamento da estabilidade aeróbia quando observada em situação de campo ou galpões. Hipotetiza-se que silagens parte aérea e raiz de mandioca apresentam boa estabilidade aeróbia e podem promover dietas mais estáveis, após exposição ao ar.

Logo, objetivou-se avaliar a deterioração aeróbia de dietas contendo silagens de parte aérea e raiz de mandioca, em condições de campo, a partir da avaliação da temperatura, população microbiana e pH das dietas, após exposição ao ar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta*) é uma planta considerada rústica de fácil adaptação e uma das principais culturas de subsistência empregada em muitas regiões brasileiras, principalmente na região norte do país. Destaca-se no cenário mundial como maiores produtores de mandioca, à frente da produção brasileira, países como Nigéria, Tailândia, Congo e Gana (FAO, 2020). O Brasil é o quinto maior produtor mundial, com uma produção de aproximadamente 19 milhões de toneladas (IBGE 2021)

Trata-se de uma cultura pertencente a família Euphorbiaceae, originária da América do Sul, podendo ser chamada de mandioca ou aipim. É composta pelas suas folhas e caule, referentes à parte aérea, e raízes, que são tubérculos ricos em amido. O cultivo é realizado por meio do plantio de manivas-sementes, que são as hastes ou ramas do terço médio da planta, com aproximadamente 20 cm de comprimento, apresentando 5 a 7 gemas (EMBRAPA, 2003; PINHEIRO et al., 2021).

A mandioca é caracterizada como a principal fonte de alimento energético para mais de 700 milhões de pessoas. Na indústria, é utilizada na produção de etanol, biocombustível, farinha, biscoitos, geleias, doces, extração de amido, dentre outros. (EMBRAPA, 2023). Na região norte e nordeste, os principais produtos obtidos da mandioca são a farinha e a goma de tapioca, resultantes do beneficiamento das raízes. (OTSUBO e LORENZI, 2004).

2.1.1 Raiz de mandioca

Segundo a Embrapa (2023), o aproveitamento da mandioca é principalmente das suas raízes, sendo 40% destinada à produção de farinha e 20% à produção de amido. O restante, é usado como subprodutos, uma vez que a parte aérea é desprezada por falta de conhecimento de sua composição química e nutricional, representando o desperdício de

uma boa fonte de proteína, fibras e vitaminas (EMBRAPA, 2023; TROMBINI e LEONEL, 2014)

De acordo com Olomo e Ajibola (2003), cerca de 80% da raiz da mandioca é composta por amido, na matéria seca. Outros componentes químicos são variáveis de acordo com genótipos ou características de colheita, podendo ter proteína bruta de 1 a 3%, fibra bruta de 3 a 5% e teor de carboidratos não fibrosos acima de 85% da matéria seca (AFOAKWA et al., 2012; PITIRINI et al.; 2021).

Desde 1993, a EMBRAPA já vinha estudando sobre a utilização da raiz de mandioca para alimentação de ruminantes e conclui que a raiz de mandioca e seus subprodutos podem substituir de forma parcial ou total a inclusão de milho nas dietas, contudo, é necessário que haja uma fonte proteica para suplementação.

Rangel et al. (2008) obteve como resultado que a mandioca é equivalente ao milho nutricionalmente, e pode ser utilizada como alternativa alimentar, sem afetar o desempenho dos animais.

No trabalho de Silva et al. (2014), a síntese de proteína microbiana e o balanço de compostos nitrogenados não foram influenciados quando o milho foi substituído pela raiz de mandioca seca e triturada em dietas para vacas leiteiras em regime de pasto.

A mandioca é considerada uma planta cianogênica, ou seja, possui compostos cianônicos armazenados em suas células e por meio de ação de enzimas, é capaz de formar o gás cianeto ou ácido cianídrico (HCN). Este composto pode ocasionar graus de intoxicação, tanto humana como animal. Sua ação ocorre por meio de inibição da atividade metabólica, afetando a cadeia de transporte de elétrons respiratórios para as células. (SOUZA et al, 2019).

Como forma de redução do teor de HCN, existem alguns métodos de armazenamento ou processamento que podem ser utilizados. De acordo com Soares (2003), produzir silagem, produto resultante de um processo fermentativo em meio anaeróbio, pode ser uma boa alternativa para redução do teor de HCN presente na mandioca, já que o HCN em anaerobiose pode cair em até 65% aos 29 dias de ensilagem.

2.1.2 Parte aérea de mandioca

Para utilização na alimentação animal, recomenda-se o uso do terço final da planta de mandioca, o restante que pode ser equivalente a 40 cm do solo, tem sido utilizado para propagação da cultura.

A parte aérea de mandioca é composta por caule e folhas, sendo descartados e considerados resíduos culturais. (TIESENHAUSEN, 1987). Quando analisadas, os componentes químicos mais encontrados nas folhas são proteínas e fibras. Com relação ao teor de proteína, Trombini e Leonel (2014), registraram teor de 23,00 g.100⁻¹. Já Modesto et al. (2001) relataram valores de 19,46 g.100⁻¹.

Fernandes et al. (2016), ao avaliarem a produtividade e valor nutricional da parte aérea e das raízes de diferentes genótipos da indústria, constataram que dentre os genótipos avaliados, podem existir variações entre os parâmetros, sendo observado a influência de diferentes cultivares, porém, ainda sim, elas demonstram adequado valor nutricional e potencial de produção para ser utilizado na alimentação de ruminantes.

Assim como a raiz, a parte aérea da mandioca possui ácido cianídrico (HCN), um composto tóxico a humanos e animais. Afim de evitar intoxicação, deve ser realizados alguns métodos para diminuição desse teor, como a desidratação e a ensilagem.

2.2. Uso da silagem na alimentação animal

Nos últimos 20 anos, a pecuária brasileira tem passado por modificações, tornando necessário o estudo e a elaboração de novos métodos para a intensificação da produção animal (EMBRAPA, 2014). Assim, para o incremento de produtividade da pecuária nas propriedades, a elaboração de estratégias torna-se necessária para contornar as adversidades enfrentadas quando o assunto é alimentação animal e suas fontes.

Sabe-se que a produtividade das forrageiras, em período de seca ou escassez de água diminui e a composição nutricional pode ser afetada, causando a diminuição níveis protéicos e/ou energéticos. Por outro lado, no tempo das águas, há um excedente de forragem, a qual pode ser armazenada por meio de técnicas de conservação, de forma a manter as características nutricionais do alimento colhido, para ser utilizado em períodos de baixa disponibilidade forrageira (RAMOS et al, 2021).

O processo de ensilagem permite que a produção abundante de volumoso, com boa qualidade nutricional, seja armazenado e conservado, tendo em vista manter seu valor nutritivo para ser utilizado em épocas de baixa disponibilidade de alimentos aos animais (ARAÚJO NETO e CÂMARA, 2000).

A silagem é um produto resultante do processo de conservação de forragem, mantendo esse alimento com seu valor nutritivo mais parecido com o alimento *in*

natura, que se dá por processo fermentativo, o qual ocorre em meio anaeróbio (MACEDO e SANTOS, 2019). Sua produção consiste em etapas como corte, enchimento do silo, compactação e vedação do silo (CÂNDIDO e FURTADO, 2020).

Após o corte e a picagem da forrageira, deve-se alocar o material em seu determinado local, denominado silo. Para isso, é imprescindível a realização da compactação da massa e fechamento do silo. Todas as etapas anteriores devem ser realizadas o mais breve possível, evitando assim altos níveis de perdas pois, após a colheita, o material torna-se fonte fácil de obtenção de substratos para microrganismos se desenvolverem, utilizando assim os nutrientes que seriam para os animais (MUCK, 2010).

Após a vedação do material, começa uma competição de grupos microbianos, onde os microrganismos aeróbicos disputam por substratos disponíveis da planta até o esgotamento do oxigênio no meio. Com a diminuição do oxigênio, ocorre a fase de fermentação ativa, ocorrendo o desenvolvimento de bactérias ácido lácticas, de extrema importância para essa fase, e que são as responsáveis pela produção de ácido láctico, promovendo a diminuição de pH do meio, conservando o material e evitando assim, a ação de microrganismos indesejáveis e promovendo a conservação do alimento (MACEDO e SANTOS, 2019).

Tal processo é descrito por Cândido e Furtado (2020), como a atividade de paralisação da respiração celular, em que ocorre a fermentação de carboidratos solúveis da planta, seguindo via metabólica para ter como resultado a produção de ácido láctico, por bactérias desejáveis, como as homofermentativas. Com a produção de ácido láctico, ocorre então a diminuição do pH do meio, inibindo a ação de microrganismos deteriorantes, e assim conservando esse alimento por longos períodos.

Segundo Kung et al (2018), para ocorrer uma boa fermentação, a cultura ensilada deve atender três fatores intrínsecos a ela, sendo eles: teor de matéria seca/umidade adequados, baixa capacidade tamponante e concentração de carboidratos solúveis.

O milho é uma planta com adequadas características de ensilabilidade. A cultura apresenta bom valor nutritivo, com teor de matéria seca e carboidratos solúveis desejáveis, ou seja, ótimas condições para a conservação, além de facilidade do preparo e aceitação pelos animais (CÂNDIDO e FURTADO, 2020; CAETANO, 2001). Contudo, devido a silagem de milho apresentar baixo teor de proteína, a suplementação proteica é um fator que mais onera a alimentação.

A cultura do milho é recomendada para regiões que possuem boa fertilidade do solo, climas estáveis e alta tecnologia. Na Amazônia, além de baixa fertilidade (FALESI, 1974), são arenosos, assim, a retenção de raiz é baixa, ocasionando em perdas de nutrientes e conseqüentemente, a queda na produção.

Devido a rusticidade da cultura da mandioca, sua utilização em forma de silagem, pode ser alternativa alimentar viável, a partir do aproveitamento da parte aérea, como fonte de volumoso, e de suas raízes, como fonte de concentrado energético, para diminuição de custos com alimentação no sistema de produção.

De acordo, com as características gerais de ensilabilidade propostas por McDonlad (1981), o teor de matéria seca da forragem deve está entre 30 a 35%, para que o processo fermentativo ocorra adequadamente.

Apesar da parte aérea de mandioca apresentar em média teor de matéria seca abaixo do preconizado, podendo apresentar entre 21,87 (FERNANDES et al., 2016) a 22,04% (MOREIRA et al., 2017) e 22,72% (FERREIRA et al., 2009), é possível obter silagens de parte aérea de mandioca de qualidade satisfatória (MODESTO et al., 2004; AZEVEDO et al., 2006).

As raízes são ricas em carboidratos, principalmente amido, o qual é facilmente fermentável, além de apresentarem teores de matéria seca que podem variar entre 29,69% (MOREIRA et al., 2017) a 38,28% (PITIRINI et al., 2021) favorecendo sua ensilagem.

2.2.1 Microbiologia de silagens

A boa fermentação da silagem irá depender, das características intrínsecas do alimento, chamadas de características de ensilabilidade, que são: teor de matéria seca/umidade, baixa capacidade tamponante e concentração de carboidratos solúveis (KUNG et al., 2018). Contudo, outros autores citam mais uma característica de extrema importância: a população microbiana (DRIEHUIS e VAN WIKSELLAR, 2000).

O processo de ensilagem é uma opção de conservação de forragens, onde por meio de processo fermentativo anaeróbio, um grupo de bactérias fermentativas produzem o ácido lático, que reduz o pH da massa ensilada e inibe o crescimento de microrganismos indesejáveis (LIMA et al., 2015)

Esta técnica mantém o seu valor nutritivo e as características desse alimento por longos períodos, podendo ser usado em dietas de animais ruminantes e não ruminantes. Contudo, manter o ambiente anaeróbio durante o armazenamento, a fermentação no silo

e a estabilidade aeróbia da silagem, durante a fase de fornecimento no cocho, são fatores considerados importantes para manter o valor nutritivo do material ensilado (GIMENES et al., 2006).

A forrageira escolhida para o processo de ensilagem, já possui como população epifítica microrganismos anaeróbios e aeróbios, como bactérias ácido lácticas, enterobactérias, clostrídios, fungos filamentosos e leveduras. A ação de cada grupo microbianos e seu desenvolvimento na massa ensilada, influenciam na qualidade de conservação da silagem (PAHLOW et al., 2003).

Os gêneros bacterianos seguem dois agrupamentos, sendo eles, homofermentativos e heterofermentativos, devido os produtos da fermentação serem produzidos a partir da utilização de carboidratos solúveis. As bactérias homofermentativas produzem somente ácido láctico como produto principal, enquanto as heterofermentativas, produzem além do ácido láctico, outros compostos como etanol, ácido acético, dentre outros. (MACÊDO et al., 2017)

Fungos filamentosos, leveduras e bactérias aeróbias, são considerados microrganismos deteriorantes. A respiração celular desses microrganismos aeróbios é um dos principais fatores que afetam a qualidade de silagens e, a alteração na temperatura do material ensilado, após a abertura do silo, é a resposta promovida por esses microrganismos (GUIM et al., 2002; AMARAL et al., 2008)

A conservação de alimentos na forma de silagem pode ocasionar perdas de energia e matéria seca que compõem o alimento ensilado quando não possui características ideais de ensilabilidade, como baixo teor de carboidratos solúveis ou matéria seca (SILVA, 2001).

Nesses casos, há recomendações para o uso de aditivos que auxiliem no processo fermentativo (REIS e MOREIRA, 2001), como os microbiológicos que favorecerem o processo fermentativo e, podem atuar também na inibição de microrganismos deteriorantes como as leveduras, enterobactérias e clostrídeos.

2.2.2 Deterioração aeróbia de silagens

Segundo Jobim et al. (2007), a estabilidade aeróbia da silagem pode ser descrita como a resistência da massa de forragem à deterioração após a abertura do silo, isto é, a velocidade com que o material ensilado pode ser deteriorado após exposto ao ambiente. A quebra da estabilidade aeróbia nas silagens pode ser vista pelo aumento da temperatura e alteração no pH (LIMA et al., 2015)

A deterioração da silagem, de acordo com Woolford (1990) ocorre quando a exposição ao ambiente, resulta em perdas de matéria seca. Isso acontece principalmente em silagens com boa fermentação onde há uma elevada concentração de lactato. (MUCK, 2010).

Segundo Amaral et al (2008), quando o silo é aberto, a silagem entra em contato direto com o oxigênio, nesse momento, as bactérias aeróbias começam suas atividades gerando o aumento da temperatura e o consumo de nutrientes, reduzindo o valor nutritivo do alimento.

Quando há o aumento da temperatura e do pH após o início da exposição ao ambiente aeróbio, ocorre diminuição no teor de carboidratos solúveis e na concentração de ácido lático, sendo assim, considerados indicadores de deterioração no alimento (REIS e MOREIRA, 2007).

A deterioração aeróbia pode ocasionar perdas de energia no alimento, com valor superior de 15% após a abertura do silo (MCDONALD et al., 1991). Além disso, acarreta em proliferação de fungos, conseqüentemente mudanças no pH e temperatura, os quais, por sua via metabólica, podem produzir micotoxinas prejudicando o alimento e os animais. (GARCEZ et al., 2022)

Segundo Pitirini et al. (2021), na composição química da raiz de mandioca sob diferentes formas de correção da acidez do solo, encontrou valores de 86,4% a 88,9% de carboidratos não fibrosos, o que pode favorecer o processo fermentativo da silagem. Já a parte aérea de mandioca, de acordo com Modesto et al. (2001), possui 19,46% de proteína bruta e 21,53% de carboidratos não fibrosos. A concentração de carboidratos solúveis, a temperatura e a concentração de ácidos orgânicos quando há interação com o pH, são considerados os parâmetros que mais afetam a estabilidade de silagens (PITT et al., 1991; PHILLIP e FELLNER, 1992).

A atividade de microrganismos deterioradores na silagem será maior de acordo com a qualidade deste produto, resultando em aumento do pH e redução na digestibilidade e no conteúdo de energia, assim, deve se ficar atento em relação os efeitos de silagens deterioradas sobre a ingestão, desempenho dos animais e qualidade do produto. Além disso, Jobim et al. (2007), cita que quando a silagem é misturada à outros alimentos da ração no cocho, ocorre a alteração da estabilidade comparada a silagem isolada, já que haverá modificação nas características físicas e químicas da silagem. Pitt et al. (1991), descreve os fatores que afetam a durabilidade, ou “validade” da estabilidade de silagens expostas ao ar, como temperatura ambiental, tipo de espécie

ferrageira, umidade da cultura, concentração de O₂ e CO₂, microrganismos aeróbios, concentração de ácidos orgânicos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.2 Localização

O experimento foi conduzido em condições de campo na área experimental na 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. O campo localiza-se no bioma amazônico, com temperatura média anual em torno de 28°C. As condições gerais de clima quente e úmido enquadram a região nos tipos climáticos Am, da classificação de Köppen, (ALVARES et al., 2013). Já as análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal e Análise de Alimentos (LABNUTAN) da UFRA.

Para a produção da silagem de mandioca utilizou-se uma variedade de mandioca comumente cultivada no estado do Pará, a BRS Formosa, por possuir elevada produtividade de suas raízes (EMBRAPA, 2016). A colheita da parte aérea e raiz da mandioca foi realizada com 11 meses de idade. Quanto ao milho, a colheita ocorreu quando este apresentou entre 30 e 35% de matéria seca (MS).

Os alimentos, a mandioca (parte aérea e raiz) e o milho, foram ensilados em tambores plásticos de 210L. Durante o processo de ensilagem, houve a trituração dos alimentos, alocação dentro dos respectivos silos experimentais e compactação de forma manual, através de pisoteio. Após enchimento do silo, a vedação foi realizada, e permaneceram armazenados por aproximadamente 8 meses.

3.3 Delineamento experimental e análise estatística

Para avaliar a estabilidade aeróbia, o pH e a população microbiana, para as silagens foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com 3 tratamentos, referentes às silagens (Silagem de milho – SM; Silagem de parte aérea de mandioca – SPAM; Silagem de raiz de mandioca – SRM) e quatro repetições, totalizando doze unidades experimentais. Para as dietas, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, distribuído em um fatorial 2x2, considerando duas fontes de volumoso (SM e SPAM) e duas fontes de concentrado energético (SRM e milho moído - MM), com quatro tratamentos, referentes às dietas (Dieta 1 - composta por SPAM+MM; Dieta 2 –

composta por SPAM+SRM; Dieta 3 – composta por SM+MM; e, Dieta 4 – composta por SM+SRM), e quatro repetições, totalizando dezesseis unidades experimentais.

3.4 Dietas experimentais

As dietas experimentais foram formuladas de forma a serem isoprotéicas, atendendo as exigências de nutrientes para cordeiros com ganho de peso médio diário de 200 g, segundo recomendações do NRC (2007), formuladas na proporção volumoso:concentrado de 40:60. Dessa forma, as dietas foram as combinações entre fonte de volumoso e fonte de concentrado energético.

O concentrado era composto por farelo de soja, calcário calcítico, fosfato bicálcico, NaCl, uréia, milho moído ou silagem de raiz de mandioca. Os ingredientes do concentrado, exceto a silagem de raiz de mandioca, foram processados na fábrica de ração pertencente ao Instituto de Saúde e Produção Animal da UFRA (ISPA). Eles foram triturados e homogeneizados em misturador vertical. As silagens foram misturadas ao concentrado no momento da alocação em baldes plásticos para avaliação da estabilidade aeróbia. Com isso, foram elaboradas quatro dietas, com seus respectivos ingredientes apresentados na tabela 1.

Tabela 1. Quantidade de ingredientes (g) das dietas e composição química (%MS) das silagens e das dietas experimentais.

Itens	<i>Ingredientes (g)</i>								
	SM	SPAM	SRM	MM	Farelo de soja	Sal branco	Calcário calcítico	Fosfato bicálcico	Uréia
SM+MM	40	-	-	38,70	18,00	0,40	0,70	0,80	1,40
SM+SRM	40	-	35,70	-	21,00	0,40	0,20	1,10	1,60
SPAM+MM	-	40	-	48,80	9,00	0,40	0,00	1,10	0,70
SPAM+SRM	-	40	44,80	-	12,30	0,40	0,00	1,50	1,00
MS(%)	<i>Composição química (%MS)</i>								
		MO		PB	FDN	FDA	CNF		
SM	31,17	96,58		7,18	47,84	23,29	40,8		
SPAM	19,32	94,00		18,36	50,86	34,62	21,03		
SRM	38,13	97,48		2,39	6,99	4,65	87,87		
SM+MM	63,93	95,08		18,55	29,09	12,84	71,67		
SM+SRM	47,07	94,58		18,48	26,78	13,77	69,84		
SPAM+MM	60,38	94,96		17,33	28,29	15,60	48,49		
SPAM+SRM	39,29	93,72		17,15	25,29	16,73	67,44		

SM – silagem de milho; SPAM – silagem de parte aérea de mandioca; SRM – silagem de raiz de mandioca; MM: milho moído. MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; CNF: carboidratos não fibrosos.

3.5 Estabilidade aeróbia

Para avaliação da estabilidade aeróbia, foram coletados aproximadamente 2kg de silagem e das dietas que ficaram expostas ao ar em baldes plásticos de 5L. Os baldes foram mantidos em galpão aberto, sendo a temperatura das silagens e das dietas aferidas 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 o ensaio foi realizado em ambiente com temperatura não controlada. A partir da avaliação, foram determinadas as variáveis: estabilidade aeróbia em dias (EA), tempo em dias para atingir a temperatura máxima (TTmax), temperatura máxima que a silagem e as dietas atingiram em °C (Tmax), e amplitude (AMP; diferença entre a temperatura máxima e temperatura mínima atingidas).

3.6 pH e análise microbiológica

Para avaliação do pH, aproximadamente 25 g das silagens e das dietas foram coletadas e homogeneizadas com 100 mL de água destilada e mensurado, após 30 minutos, com auxílio de eletrodo (BERNARDES et al., 2019).

Para análise microbiológica foram coletados 25 g de cada balde com os tratamentos, enviadas para o 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 *Pour Plate*. Para as análises das populações microbianas nas amostras utilizou-se meios de cultura específico para cada grupo microbiano.

Para crescimento de leveduras e fungos filamentosos foi utilizado o meio de cultura Ágar Batata Dextrosado Acidificado (BDA) (DIFCO MANUAL, 1984), a incubação das placas foi a 28 °C durante três dias para leveduras. As colônias foram contadas separadamente com base nas suas características macromorfológicas. Para o crescimento de Bactérias Ácido Láticas (BAL) foi utilizado o meio de cultura MRS Agar, e a incubação realizada a 35°C por três dias, quando se procedeu a contagem. E para a contagem de enterobactérias, o meio de cultura Ágar Vermelho Violeta Bile Glicose (VRBG) foi utilizado, e a incubação a 35°C por 24h.

Os dados foram testados para verificar a normalidade e homogeneidade da variância pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Para os dados das populações microbianas foi realizada a transformação em log₁₀ para atendimento dos

pressupostos de normalidade. Todas as variáveis foram submetidas ao procedimento GLM do pacote estatístico SAS® (Statistical Analysis System, 2009) para análise de variância. Quando houve efeito de interação significativa, as diferenças foram comparadas pelo teste de Tukey, considerando $\alpha=0,05$. Os modelos estatísticos utilizados para avaliar as silagens e as dietas foram, respectivamente:

$$Y_{ij} = \mu + S_i + TE_j + (S \times EA)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} = valor obtido da unidade experimental;

μ = média de cada tratamento;

S_i = efeito do tratamento, silagem;

EA_j = efeito do dia de exposição aeróbia;

$(S \times EA)_{ij}$ = efeito da interação entre do fator S e EA;

ε_{ij} = erro experimental associado a observação Y_{ij} .

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

Em que:

Y_{ijk} = valor obtido da unidade experimental;

μ = média de cada tratamento;

V_i = efeito do volumoso;

C_j = efeito do concentrado;

EA_k = efeito do dia de exposição aeróbia;

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

$(V \times C \times EA)_{ijk}$ = efeito da interação entre as dietas e o dia de exposição aeróbia;

ε_{ijk} = erro experimental associado à observação Y_{ij}

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a população microbiana nas silagens, houve interação entre silagem \times dia de exposição aeróbia para contagens de bactérias ácido lácticas (BAL; $p=0,04$), enterobactérias ($p<0,01$) e leveduras ($p<0,01$), como pode-se observar na tabela 2.

Na figura 1, observa-se que a contagem de BAL no início (dia 0) do período de exposição aeróbia foi semelhante ($p>0,05$) nas silagens de milho (SM; $6,3 \log_{10} \text{ufc.g}^{-1}$) e silagem de parte aérea de mandioca (SPAM; $5,6 \log_{10} \text{ufc.g}^{-1}$) diferindo da silagem de raiz de mandioca (SRM), a qual apresentou contagem menor ($4,0 \log_{10}$

ufc.g-1; $p < 0,05$) em relação a estas neste mesmo período. Nos dias seguintes (4 e 7), as contagens de BAL, foram semelhantes ($p > 0,05$) entre as SPAM (4,5 log₁₀ ufc.g-1) e SRM (4,09 log₁₀ ufc.g-1), sendo na SM (6,26 log₁₀ ufc.g-1) significativamente maior ($p < 0,05$).

Tabela 2. Composição microbiana (log₁₀ ufc.g⁻¹) e pH da silagem de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM) ao longo da dos dias de exposição aeróbia (EA).

<i>Itens</i>	BAL	Enterobactérias	Leveduras	pH
	<i>log₁₀ ufc.g⁻¹</i>			
<i>Silagens (S)</i>				
SM	6,29	3,98	6,77	5,57
SPAM	4,85	4,22	6,11	6,67
SRM	4,06	1,48	3,02	3,61
<i>Exposição aeróbia (EA)</i>				
0	5,45	0,19	4,75	3,80
4	4,18	2,67	5,04	6,03
7	5,73	6,83	6,10	6,32
EPM	0,35	0,95	0,55	0,54
<i>p_valor¹</i>				
S	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
EA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
S×EA	0,04	<0,01	0,02	<0,01

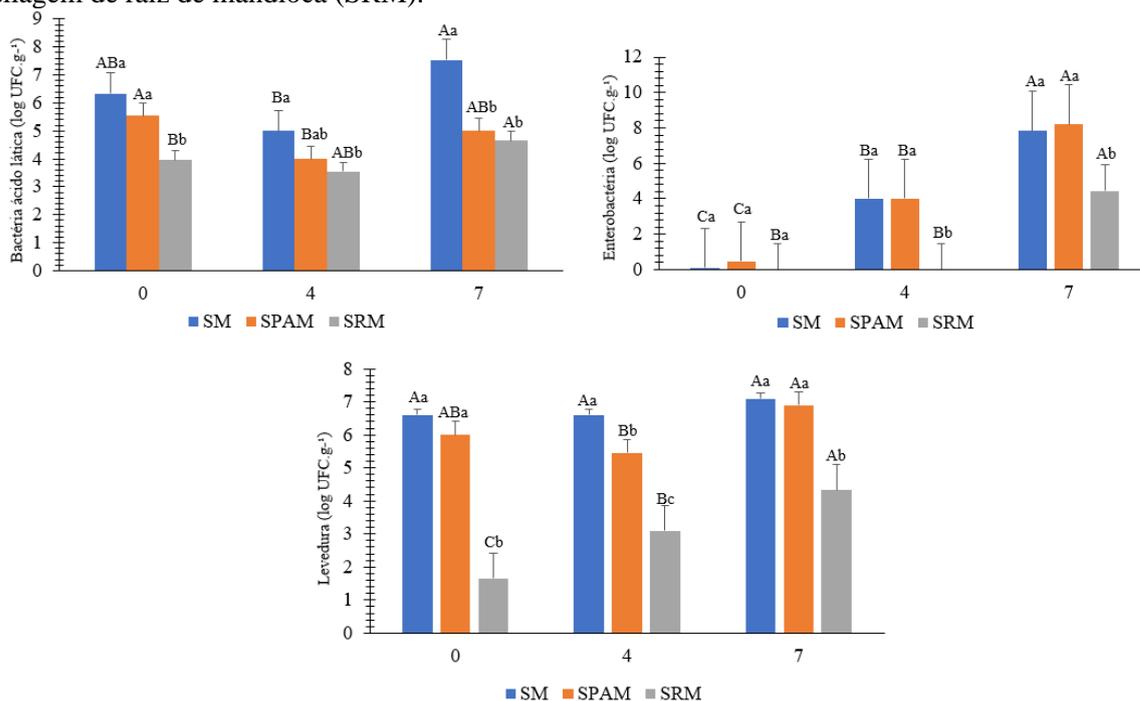
Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey ($p < 0,05$). EPM: erro padrão médio. ¹S: efeito da silagem; EA: efeito da exposição aeróbia; S×EA: efeito da interação entre silagem e dia de exposição aeróbia.

Do dia zero ao dia quatro de exposição, a contagem de BAL diminuiu nas silagens SM (6,34 para 5,00 log₁₀ ufc.g-1), SPAM (5,55 para 4,0 log₁₀ ufc.g-1) e SRM (3,96 para 3,54 log₁₀ ufc.g-1), em seguida, no dia sete de exposição aeróbia, registrou-se um aumento dessa população nas silagens avaliadas, registrando contagem de 7,35, 5,00 e 4,65 log₁₀ ufc.g-1, para as silagens de SM, SPAM e SRM, respectivamente.

É esperado que a população de BAL envolvida no processo fermentativo da silagem apresente um declínio após a exposição do material ensilado ao oxigênio, uma vez que a condição ótima para o crescimento desse microrganismo é a de anaerobiose. No entanto, o meio de cultura utilizado (MRS Agar) para a identificação de BAL não é seletivo somente para o cultivo de bactérias do gênero *Lactobacillus*, este meio permite o crescimento de outras cepas, como de *Pseudomonas*, que são microrganismos aeróbios amplamente distribuídos no solo, na água, na microbiota normal intestinal e

cutânea humana (FONSECA, 2000). Considerando as condições de campo onde se deu a pesquisa, em ambiente aberto e não controlado, essas condições podem ter facilitado a proliferação de bactérias aeróbia e/ou aerotolerantes, as quais podem ter sido contabilizadas como BAL, devido à dificuldade de diferenciação entre gêneros e espécies de microrganismos cultivados neste meio.

Figura 1. Médias de bactérias ácido lácticas, enterobactéria e levedura no dia 0, 4 e 7 de exposição aeróbia da silagem de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM).



Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si dentro do mesmo período de exposição aeróbia e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si entre o período de exposição aeróbia, pelo teste de tukey ($p < 0,05$).

Com relação a população de enterobactérias, no início do período de exposição aeróbia (dia 0) foi semelhante entre as SM, SPAM e SRM, registrando-se contagem abaixo de 1 log₁₀ ufc.g⁻¹. Ao longo do período de exposição, esta população aumentou nas SM e SPAM, atingindo 7,35 e 5,00 log₁₀ ufc.g⁻¹, respectivamente, ao final do período avaliado (dia 7). No entanto, em SRM essa população foi menor ($p < 0,05$) em relação às demais, apresentando aumento acentuado somente no final do período avaliado, registrando 4,65 log₁₀ ufc.g⁻¹, no dia sete, conforme a figura 1.

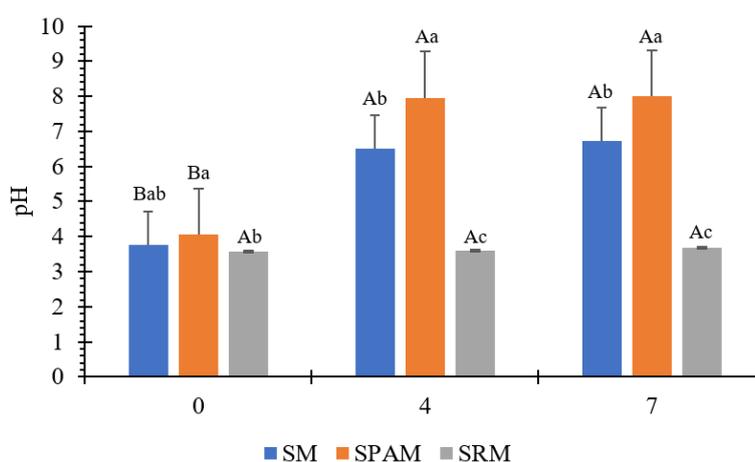
O material ensilado quando exposto ao ar está sujeito a proliferação de microrganismos deterioradores, como as enterobactérias, o que foi observado nas silagens ao longo do período exposição aeróbia avaliado. Segundo Macêdo et al. (2017),

ao abrir o silo e manter em meio aeróbio, as enterobactérias proporcionam ativamente a deterioração. Para Reich e Kung Jr. (2010), ao avaliarem a estabilidade aeróbia da silagem de milho inoculadas com *Lactobacillus buchneri*, verificaram que a proliferação de enterobactérias ocorre devido às concentrações de ácido lático e carboidratos residuais presentes no material ensilado, que servem de substratos para o crescimento desse microrganismo.

No entanto, SRM apresentou as menores ($p < 0,01$) contagens de enterobactérias ao longo do período de exposição aeróbia, em relação às SM e SPAM, apesar do seu elevado teor de CNF (Tabela 1).

Para leveduras, a SRM apresentou a menor ($p < 0,01$) população ao longo do período de exposição em relação às SM e SPAM. Sabe-se que leveduras são os microrganismos responsáveis por iniciar a deterioração em silagens (PAHLOW et al., 2003; MACÊDO et al., 2017). Na SRM, observou-se que a contagem desse microrganismo manteve-se baixa, ao longo de todo o período de exposição ao ar avaliado, como apresentado na Figura 1. Segundo Santos et al. (2014), silagens em deterioração ativa apresentam valores entre 5,5 a 6,0 \log_{10} ufc.g⁻¹ de leveduras. Para as SM e SPAM, as contagens de leveduras apresentaram valores superiores, podendo-se confirmar a deterioração ativa nessas silagens por parte desse microrganismo.

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



Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si dentro do mesmo período de exposição aeróbia e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si entre o período de exposição aeróbia, pelo teste de tukey ($p < 0,05$).

Foi observada interação entre as silagens × dia de exposição aeróbia ($p < 0,01$) para pH. No dia zero da exposição aeróbia, a SRM apresentou pH significativamente menor ($p < 0,01$) quando comparado com às SM e de SPAM, as quais não diferiram entre si ($p > 0,01$), sendo de 3,57; 3,77 e 4,05 respectivamente, conforme a figura 2.

Ao longo do período de exposição aeróbia (dia 4) houve o aumento ($p < 0,01$) do pH das SM e SPAM (6,52 e 7,96 respectivamente), mantendo-se alto ($p > 0,01$) até o último dia de avaliação (dia 7), com valores de 6,72 e 8,00, respectivamente. Para a SRM, o pH se manteve estável em todo o período de avaliação, permanecendo abaixo de 4,00.

Um dos indícios de deterioração em silagens é a elevação do pH, que ocorre devido a atividade de microrganismos deterioradores, os quais consomem substratos disponíveis e resultantes da fermentação (REIS e MOREIRA, 2007).

Como observado, a SRM apresentou as menores contagens de microrganismos deterioradores e, por isso, manteve o pH 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. Já as SPAM e SM, apresentam partículas menos homogêneas e mais porosas, e a penetração do oxigênio na massa desses alimentos pode ter sido facilitada, favorecendo o crescimento mais acelerado de microrganismos aeróbios deteriorantes e conseqüente aumento expressivo do pH.

Na Tabela 3, estão apresentados os dados referentes à estabilidade aeróbia e temperaturas das silagens avaliadas. Para estabilidade aeróbia (EA), foi observado que as silagens diferiram entre si ($p < 0,01$), apresentando a SRM maior ($p < 0,01$) EA, seguida da SPAM e SM (7,50; 4,38; 0,22 dias, respectivamente).

A SRM apresentou menor ($p < 0,01$) amplitude de temperatura (AmpT), com 7,81 °C, em relação às SM e SPAM, as quais apresentaram AmpT de 20,41 e 18,41 °C, respectivamente, não diferindo entre si ($p > 0,01$). Em relação a temperatura máxima (Tmax), na SM foi significativamente maior ($p < 0,01$), atingindo 46,28 °C, após a exposição ao ar. Nas SPAM e SRM, registrou-se Tmax de 41,28 e 29,95°C, respectivamente. O tempo para atingir a temperatura máxima (TTmax) foi maior ($p < 0,01$) para a SRM (7,38 dias), seguido da SPAM (6,50 dias) e SM (0,53 dia).

Como observado, a SRM manteve a EA por um período (dias) maior em relação às demais silagens, o que foi evidenciado a partir dos dados de AmpT e Tmax obtidos. A SPAM foi a silagem mais estável depois da SRM, podendo ter sido resultante de seu

processo fermentativo. O teor de matéria seca da SPAM foi de 19,32% (Tabela 1), o que pode ter influenciado na sua fermentação, onde provavelmente BAL heterofermentativas foram predominantes, produzindo o ácido acético e inibindo o crescimento de microrganismos indesejáveis mantendo a sua estabilidade (MACÊDO et al., 2017). Além disso, a presença de HCN residual nas silagens de mandioca (SPAM e SRM) pode ter contribuído no prolongamento do tempo em estabilidade dessas silagens.

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

<i>Itens</i>	EA	TTmax	Tmax	AmpT
<i>Silagens</i>	<i>Dias</i>			<i>°C</i>
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
<i>p_valor</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey (p<0,05). EPM: erro padrão médio.

Foi observada interação volumoso × concentrado × exposição aeróbia nas dietas para as variáveis BAL (p <0,01), leveduras (p<0,01) e pH (p<0,01), conforme observado na tabela 4.

Para a população de enterobactérias, observou-se efeito de volumoso (p=0,01) e tempo de exposição aeróbia (p<0,01) nas dietas, em que aquelas dietas compostas por SPAM apresentaram maiores contagens desse microrganismo, com 4,24 log₁₀ ufc.g⁻¹, enquanto que dietas compostas por SM, apresentaram população de 3,93 log₁₀ ufc.g⁻¹. Ao longo do período de exposição, essa população variou de 0,28 a 7,24 log₁₀ ufc.g⁻¹ nos dias zero e sete de exposição, respectivamente.

A população de BAL nas dietas compostas por SPAM diminuíram significativamente (p<0,01) do dia zero para o dia quatro, mas apresentaram um aumento (p<0,01) do dia quatro para o último dia de exposição aeróbia (dia 7). Enquanto que para as dietas compostas por SM, observou-se um aumento da população de BAL ao longo de todo o período de exposição aeróbia (Dia 0 ao 7), para ambas dietas com MM e SRM (Figura 3).

Para contagem de leveduras, verificou-se um aumento (p<0,01), do dia zero para o dia sete de exposição aeróbia, nas dietas compostas por SM+SRM (4,36 ufc.g⁻¹ para

5,84 ufc.g⁻¹), SPAM+MM (4,74 ufc.g⁻¹ para 5,87 ufc.g⁻¹) e SPAM+SRM (5,25 ufc.g⁻¹ para 6,00 ufc.g⁻¹), exceto na dieta composta por SM+MM, a qual apresentou menor contagem de leveduras no final do período de exposição aeróbia (5,62 ufc.g⁻¹) em relação ao dia zero (6,06 ufc.g⁻¹), como pode-se observar na Figura 3.

Tabela 4. Composição microbiana (log10 ufc.g⁻¹) e pH de dietas compostas por silagem de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM) ao longo dos dias de exposição aeróbia.

<i>Itens</i>	BAL	Enterobactérias	Leveduras	Ph
	<i>log10 ufc.g⁻¹</i>			
<i>Volumoso (V)</i>				
SM	6,37	3,93 ^b	5,66	7,24
SPAM	6,10	4,24 ^a	5,61	6,76
<i>Concentrado (C)</i>				
MM	6,23	4,21	5,62	7,15
SRM	6,24	3,95	5,66	6,85
<i>Exposição aeróbia (EA)</i>				
0	5,78	0,28 ^b	5,10	4,28
4	5,34	5,30 ^b	5,93	8,25
7	7,58	7,24 ^a	5,83	8,46
EPM	0,26	0,79	0,10	0,52
<i>p_valor</i>				
V	0,13	0,01	0,84	<0,01
C	0,95	0,81	0,97	<0,01
EA	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
V×C	0,75	0,93	<0,01	0,39
(V×C)×EA	<0,01	0,11	<0,01	<0,01

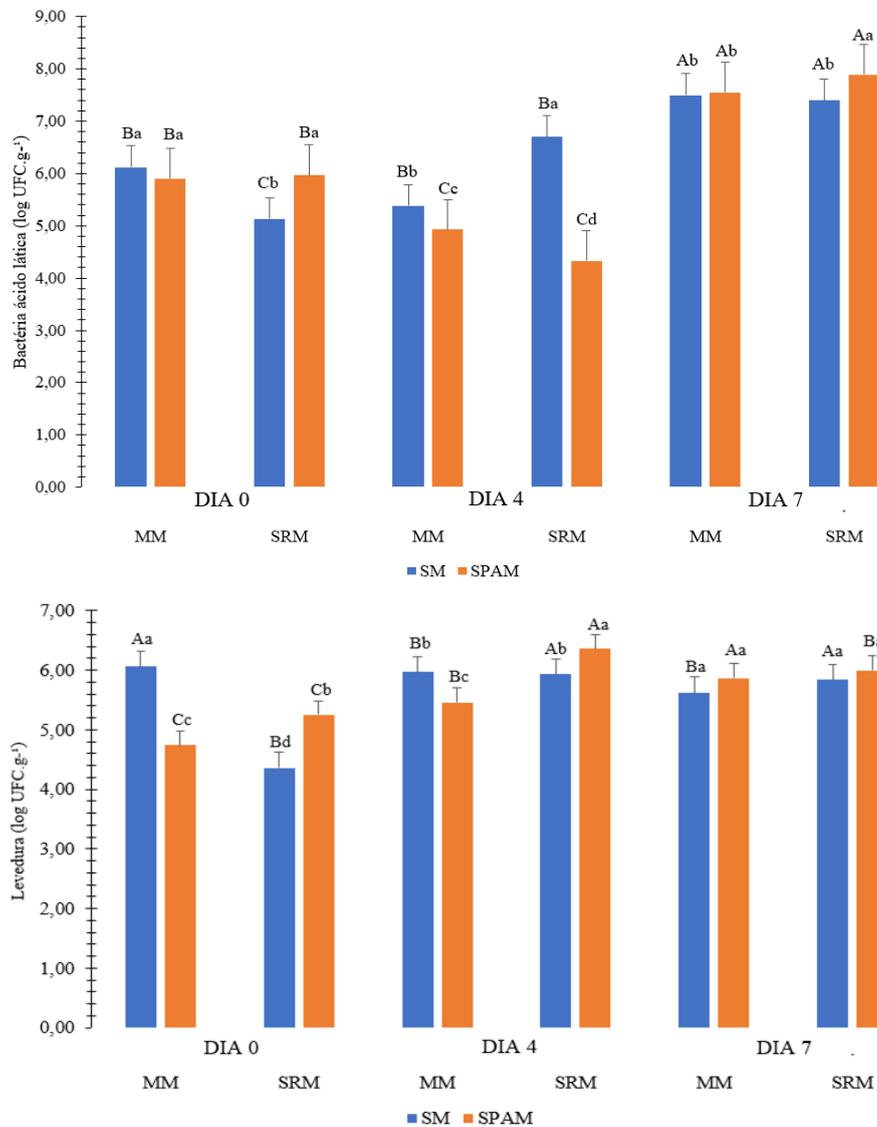
Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey (p<0,05). EPM: erro médio padrão; ¹V: efeito do volumoso; C: efeito do concentrado; V×C: efeito da interação volumoso e concentrado; (V×C)×EA: efeito da interação volumoso, concentrado e dia de exposição aeróbia. BAL: bactérias ácido lácticass. MM: milho moído

No início do período de avaliação (dia 0), a população de leveduras na dieta SM+MM já era expressiva e significativamente maior (p<0,01) em relação às demais dietas, o que possivelmente pode ter ocasionado na exaustão mais rápida de substratos disponíveis e, com isso a diminuição desse microrganismo.

O aumento na contagem de microrganismos aeróbios deteriorantes, enterobactérias e leveduras, ao longo do período de exposição aeróbia já era esperado. No entanto, o aumento na população de BAL nas dietas foi semelhante ao observado nas silagens, o que confirma que devido o meio de cultura utilizado não ser seletivo,

possivelmente todas as espécies de microrganismos cultivados nesse meio, foram identificados como bactérias do gênero *Lactobacillus* spp.

Figura 3. Médias de bactérias ácido láctico e levedura em dietas compostas por silagem de milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM) ao longo da exposição aeróbia.



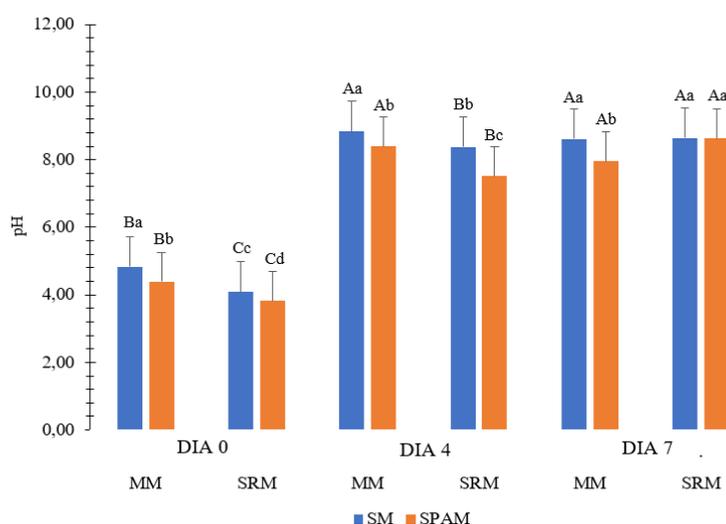
MM: milho moído. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si dentro do mesmo período de exposição aeróbia e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si entre o período de exposição aeróbia, pelo teste de tukey ($p < 0,05$).

As leveduras são microrganismos indesejáveis na silagem por serem os primeiros a iniciarem a sua deterioração. Portanto, a presença desse microrganismo representa a diminuição da vida útil do alimento. Além disso, a elevada contagem de enterobactérias e leveduras no alimento pode gerar produtos, como etanol, CO₂ ou algumas toxinas que

comprometem a qualidade sanitária, prejudicam o consumo e podem intoxicar o animal (MACÊDO et al., 2017).

Com relação ao pH, verificou-se que dietas compostas por SPAM e SRM, apresentaram menor ($p < 0,01$) pH (4,10 e 3,95, respectivamente) em relação às dietas compostas por SM e MM (4,46 e 4,62, respectivamente), no dia zero de exposição aeróbia. Em seguida, houve aumento no pH das dietas ao longo do período de exposição, apresentando no último dia de exposição aeróbia pH de 8,61, 8,64, 8,63 e 7,95 as dietas SM+MM, SPAM+MM, SPAM+SRM e SPAM+MM, respectivamente (Figura 4).

Figura 4. Médias de pH em dietas compostas por silagem 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 pela mesma letra minúscula não diferem entre si dentro do mesmo período de exposição aeróbia e médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si entre o período de exposição aeróbia, pelo teste de tukey ($p < 0,05$).

Como observado, as dietas compostas por SPAM e SRM apresentaram valores de pH menores em relação às dietas com SM e MM, no início do período de exposição aeróbia (dia 0). A mandioca é uma planta cianogênica, que apresenta glicosídeos, linamarina e lotaustralina, que uma vez hidrolisados geram o ácido cianídrico (HCN). No entanto, apesar do processamento da ensilagem conseguir reduzir em até 60% o teor de HCN nas silagens de mandioca (SOARES, 2003), o HCN residual presente nessas silagens pode estar contribuindo na obtenção de pH mais baixos nas dietas com SPAM e SRM, no início do período de exposição ao ar. No entanto, esses valores de pH nas

dietas, não se mantêm baixos ao longo dos dias de exposição aeróbia, como verificado para a SRM quando avaliada isoladamente.

Na preparação das dietas ocorre a homogeneização dos alimentos, isso pode ter provocado o aumento da porosidade na SRM, contribuindo para facilitar a penetração de oxigênio da massa fermentada e com isso, a proliferação de leveduras, dando início rapidamente ao processo de deterioração e o aumento do pH.

Observou-se interação entre volumoso × concentrado ($p < 0,01$) (Tabela 5), para EA, Tmax e TTmax. Para EA, dietas compostas por SPAM apresentaram maior estabilidade ($p < 0,05$), em relação às dietas com SM (Figura 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 milho (SM), silagem de parte aérea de mandioca (SPAM) e silagem de raiz de mandioca (SRM).

<i>Itens</i>	EA	TTmax	Tmax	AmpT
<i>Volumoso (V)</i>	<i>Dias</i>		<i>°C</i>	
SM	1,91	4,38	47,83	23,54 ^a
SPAM	5,08	6,80	44,98	22,42 ^b
<i>Concentrado (C)</i>				
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
<i>¹p_valor</i>				
V	<0,01	<0,01	<0,01	0,04
C	<0,01	<0,01	0,97	0,03
V×C	<0,01	<0,01	<0,01	0,07

MM: milho moído. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey ($p < 0,05$). EPM: erro médio padrão; ¹V: efeito do volumoso; C: efeito do concentrado; V×C: efeito da interação volumoso e concentrado.

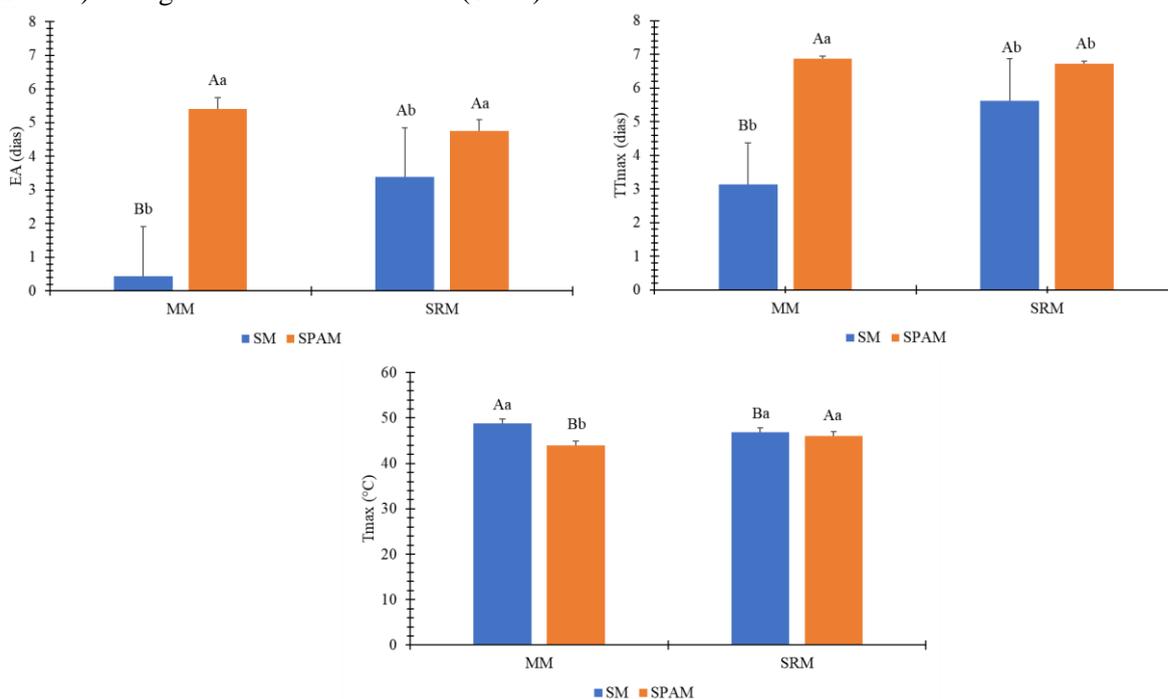
A dieta sem silagem de mandioca, parte aérea e raiz, composta unicamente por silagem de milho com milho moído (SM+MM), apresentou a menor estabilidade ($p < 0,05$), com EA de menos de 1 dia (0,44 dia), conforme figura 5.

A partir do resultados obtidos, verificou-se que as SM e SPAM, quando fornecidas juntamente com SRM, em forma de dieta (SM+SRM e SPAM+SRM) prolongaram o tempo em EA, passando de 0,22 dias (Tabela 3) para 3,38 dias (Figura 5) em SM e SM+SRM, respectivamente; e, de 4,38 dias (Tabela 3) para 4,75 dias (Figura 5) em SPAM e SPAM+SRM, respectivamente. Assim como para TTmax, que aumentou de 0,53 dias (Tabela 3) para 5,62 dias (Figura 5) em SM e SM+SRM, respectivamente;

e, de 6,50 dias (Tabela 3) para 6,72 dias (Figura 5) em SPAM e SPAM+SRM, respectivamente.

Os aumentos em EA e TTmax foram mais evidentes nas dietas de SM, o que também pode estar relacionado ao fator HCN residual presente na SRM, que pode ter conferido um aumento na estabilidade aeróbia dessa silagem, quando fornecida juntamente com a SRM, na dieta SM+SRM.

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



MM: milho moído. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de tukey ($p < 0,05$).

Para o TTmax, observou-se que dietas compostas por SPAM e SRM apresentaram maior tempo até atingir a Tmax ($p < 0,05$), a SPAM+MM, apresentou 6,87 dias; a SPAM+SRM, 6,72 dias; e, a SM+SRM, 5,62 dias. A dieta composta por SM+MM atingiu Tmax em menor tempo ($p < 0,05$), em 3,13 dias (Figura 5).

Com relação a Tmax, esta foi maior ($p < 0,05$) na dieta composta por SM+MM (48,84 °C). As dietas compostas por SM+SRM (46,82 °C) e SPAM+SRM (46,00 °C), não diferiram entre si ($p > 0,05$), na Tmax registrada. SPAM+MM, foi a dieta que apresentou Tmax menor ($p < 0,05$) em relação às demais, registrando Tmax de 43,95 °C (Figura 5).

No que diz respeito a AmpT, observou-se efeito de volumoso ($p < 0,05$) e concentrado ($p < 0,05$) nas dietas. Apresentando menor AmpT ($p < 0,05$), dietas compostas por MM e SPAM com AmpT de 22,38 e 22,48 °C, respectivamente (Tabela 5).

Segundo Weinberg et al. (2001), os principais fatores que influenciam a estabilidade aeróbia de silagens são oxigênio, temperatura e disponibilidade de substrato. Considerando o último fator, dietas compostas por SPAM apresentaram menor concentração de CNF (Tabela 1), apresentando a dieta SPAM+MM, 48,49% de CNF, atrás da SPAM+SRM, com 67,44%. As dietas compostas de SM+MM e SM+SRM, apresentaram concentração de 71,67 e 69,84% de CNF. Tendo em vista que o componente CNF representa a fonte de substratos, esse fator pode ter contribuído para uma maior EA em dietas com SPAM, comparadas às dietas com SM.

Além disso, BAL heterofermentativas podem ter sido predominantes durante a fermentação da SPAM, devido ao baixo teor de matéria seca desse alimento, promovendo uma via de fermentação acética que contribuiu para uma 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), avaliou diferentes cultivares de mandioca para produção de silagem de parte aérea, e constataram que diferentes variedades estudadas, apresentaram características fermentativas adequadas, apresentando viabilidade de conservação quando ensiladas.

Dietas com SM e SRM apresentaram maiores ($p < 0,05$) valores para AmpT, o que também pode ser explicado devido aos substratos fermentecíveis 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, os quais se multiplicam, promovendo o aquecimento e liberando água, contribuindo para alterações de interações químicas do produto, com redução de ácido lático, aumento do pH e até diminuição do valor nutricional.

Para dietas com SPAM e SRM, o tempo para ocorrência da Tmax foi maior ($p < 0,05$), o que pode representar uma resistência das dietas compostas por essas silagens à atividade de deterioração ativa dos microrganismos, já que esta variável,

também foi acompanhada dos valores de EA, que foram significativamente maiores ($p < 0,05$) para dietas com SPAM e SRM.

5 CONCLUSÃO

As silagens de parte aérea e raiz de mandioca apresentaram maior estabilidade aeróbia, comparadas à silagem de milho. Quando presentes na composição de dietas, as silagens de parte aérea e raiz de mandioca conferiram maior resistência à deterioração quando comparadas às dietas compostas por silagem de milho e milho moído. Portanto, é possível que alimentos com maior estabilidade aeróbia possam promover dietas mais estáveis, prolongando assim, o tempo de vida útil deste alimento no cocho, proporcionando maior segurança alimentar aos animais.

6 REFERÊNCIAS

- AFOAKWA, E. O., ASIEDU, C.; BUDU, A. S.; CHIWONA-KARLTUN, L.; NYIRENDAH, D. B. Chemical composition and cyanogenic potential of traditional and high yielding CMD resistant cassava (*Manihot esculenta* Crantz) varieties. *International Food Research Journal* 19(1): 175-181 (2012)
- ALMEIDA J.; FERREIRA FILHO J. R. (2005). Mandioca: Uma boa alternativa para alimentação animal. *Bahia Agric.* v. 7, n. 1, p. 50-56.
- AMARAL, R.C.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A. Estabilidade aeróbia de silagens do capim-marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. *R. Bras. Zootec.*, v.37, n.6, p.977-983, 2008.
- ARAÚJO NETO, R.B. CAMARA, J.A. da S. Conservação de forragem: fenação e silagem. Teresina: Embrapa Meio Norte. 2000. 16p. (Embrapa Meio-Norte. Recomendações Técnicas, 6).
- ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; FIGUEIREDO, H. C. P.; MORAIS, A. R.; PEREIRA, O. G.; SCHWAN, R. F. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. *R. Bras. Zootec.*, v.38, n.5, p.779-787, 2009.
- AZEVEDO, E. B; NÖRNBERG, J. L. ; KESSLER, J. D.; BRÜNING, G.; DAVID, D. B.; JALINE RODRIGUES FALKENBERG, J. R.; CHIELLE, Z. G. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. 2006. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.36, n.6, p.1902-1908, nov-dez, 2006 ISSN 0103-8478.
- BERNARDES, et al. Technical note: A comparison of methods to determine pH in silages. **Journal of Dairy Science** Vol. 102 No. 10, 2019.
- BOLHUIS, G. G. The toxicity of cassava roots. Netherlands. *Journal of Agricultural Science*, v. 2, n. 3, p. 176-185, 1954.
- CAETANO, H. Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para a produção de silagem. 2001. 178 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, 2001
- CAMARÃO, A.P.; BATISTA, H.A.M.; LOURENÇO JUNIOR, J. de B.; CARDOSO, E.M.R. Utilização da mandioca na alimentação de ruminantes na Amazônia. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1993. 40p. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 73).
- CÂNDIDO, M. J. D.; FURTADO, R. N. Estoque de forragem para a seca [recurso eletrônico] : produção e utilização de silagem. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2020.
- DIFCO MANUAL. Dehydrated culture media and reagents for microbiology. 10.ed. Detroit, Michigan, 1984. P.689-691.
- DRIEHUIS, F.; VAN WIKSELAAR, P. G. V. The occurrence and prevention of ethanol fermentation in high dry matter grass silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 80, p. 711-718, 2000.

EMBRAPA. 2014. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Intensificação da produção animal em pastagens: **Anais do 1º Simpósio de Pecuária Integrada**. Brasília, Distrito Federal.

EMBRAPA. 2023. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. EMBRAPA Mandioca e Fruticultura.

FALESI, I. C.; O solo da Amazônia e sua relação de sistemas de produção agrícola. Reunião Do Grupo Interdisciplinar De Trabalho Sobre Diretrizes De Pesquisa Agrícola Para A Amazônia (Trópico Úmido), 1974, Brasília, DF. Trabalhos apresentados na... Brasília, DF: EMBRAPA, 1974.

FAO. 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT (<http://www.fao.org/faostat/en/?#compare>).

FERNANDES, F. D; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; VIEIRA, E. A.; FIALHO, J. F.; MALAQUIAS, J. V. 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

FILYA, I. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. Journal of Dairy Science, v.86, p.3575-3581, 2003.

Fonseca et al. 2000. Isolamento e caracterização morfológica de *Pseudomonas* spp. fluorescentes nativas em sistemas de produção agrícola. Embrapa Agrobiologia. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/623981/1/cot043.pdf>. Acesso em: 31 de agosto de 2023.

GARCEZ, B. S.; CÂMARA, C. S.; VASCONCELOS, V. R. UTILIZAÇÃO DA FLOR DE SEDA (*Calotropis procera*) E DO MATA-PASTO (*Senna obtusifolia*) NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES. REVISTA ELETRÔNICA NUTRITIME - ISSN 1983-9006 www.nutritime.com.br. Artigo 255 Volume 11 - Número 03- p. 3500-3507- Maio/Junho 2014

GARCEZ, K. F.; HOCH, G. C.; RODRIGUES, A. T.; SCHNEIDER, C. R.; SOARES, D. da C.; CASTAGNARA, D. D. Fermentation profile, nutritional and microbiological value of cassava root silage with food additives. Research, Society and Development, [S. l.], v. 11, n. 10, p. e265111032612, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i10.32612. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/32612>. Acesso em: 10 may. 2023.

GIMENES, A.L.G.; MIZUBUTI, I.Y.; MOREIRA, F.B. et al. Composição química e estabilidade aeróbia em silagens de milho preparadas com inoculantes bacteriano e/ou enzimático. Acta Sci. Anim. Sci., Maringá, v.28, n.2, p.153-158, 2006.

GUIM, A.; ANDRADE, P.; SCHOCKEN, R.P.I. et al. Estabilidade Aeróbica de Silagens de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) Emurchecido e Tratado com Inoculante Microbiano. R. Bras. Zootec., v.31, n.6, p.2176-2185, 2002.

IBGE. 2021. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sidra: Sistema IBGE de Recuperação Automática. (<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>).

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, suplemento especial, p.101-119, 2007;

KOCH, L. Cassaveselectie. Wageningen, H. Vennman e Zonen, N.V, 86p, 1933.

KUNG, 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.

LIMA, B.S.; CONEGLIAN, S. M.; SILVA, L. G.; LAZZARI, C. M.; SERRANO, R. D. Mandioca na alimentação animal: Revisão de literatura. PUBVET, Londrina, V. 4, N. 37, Ed. 142, Art. 957, 2010

LIMA, E. M.; JAYME, D. G.; SILVA, F. C. O.; MICHEL, P. H. F.; CÔRTEZ, I. H. G.; ANJOS, G. V. S.; SILVA, N.T. A.; OTTONI, D. Deterioração aeróbia de silagens - Aerobic deterioration of silages. **Revista Eletrônica Nutritime** – ISSN 1983-9006. Artigo 299 Volume 12 - Número 02– p. 3996– 4003- março/abril 2015. www.nutritime.com.br.

MACÊDO, A. J. da S.; SANTOS, E. M. Princípios básicos para produção de silagem. Arq. Ciênc. Vet. Zool. UNIPAR, Umuarama, v. 22, n. 4, p. 147-156, out./dez. 2019.

MACÊDO, A. J. F.; SANTOS, E. M. ; OLIVEIRA, J. S.; PERAZZO, A. F. (2017). Microbiologia de silagens: Revisão de Literatura - Microbiology of silages: Literature Review. Rev. Electrón. Vet. Vol.18 Nº 9.

McDonald, P.; Henderson, A.R.; Heron, S (1991). The biochemistry of silage. 2. ed. Marlou: Chalcome, p.340.

MODESTO, E.C., SANTOS, G.T., VIDIGAL FILHO, P.S.,. Composição química das folhas de cinco cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) em diferentes épocas de colheita. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001. Piracicaba, SP. Anais.. Piracicaba, SP:SBZ, 2001

MUCK, R.E. Silage microbiology and its control through additives. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, p.183-191, 2010.

OLOMO, V.; AJIBOLA, O. Processing factors affecting the yield and physicochemical properties of starch from cassava chips and flour. Starch-Stärke, v. 55, n. 10, p. 476-481, 2003.

OTSUBO, A. A.; LORENZI, J. O. Cultivo da mandioca na região Centro-Sul do Brasil. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116 p.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. et al. Microbiology of ensiling. In:

SILAGE

PHILLIP, L.E., FELLNER, V. 1992. Effects of bacterial inoculation of high-moisture ear corn on its aerobic stability, digestion, and utilization for growth by beef steers. *J. Anim. Sci.*, 70(10):3178-3187,1992.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.). *Silage science and technology*. 1st ed. Madison: American Society of Agronomy, p. 31-94, 2003.

PINHEIRO, W. L., MAIA, G. DA S., ALMEIDA, F. DE A. E, SILVA, R. R. DE C., CRUZ, J. D., e SOUZA, R. M. DE. (2021). Características agronômicas e produção da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz cv. BRS-Poti) submetida a tratos culturais/ Agronomica characteristics and production of cassava (*Manihot esculenta* Crantz BRS-Poti) submitted to cultural treatments. *Brazilian Journal of Development*, 7(2), 18314–18325. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-461>.

PITIRINI, J.S.; SANTOS, R.I.R.; LIMA, F.M.S.; NASCIMENTO, I.S.B.; BARRADAS, J.O.; FATURI, C.; RÊGO, A.C.; SILVA, T.C. 2021. Fermentation profile and chemical composition of cassava root silage. *Acta Amazonica* 51: 191-198.

PITT, R.E., MUCK, R.E., PICKERIG, N.B. 1991. A model of aerobic fungal growth in silage.2. Aerobic stability. *Grass Forage Sci.*, Oxford, 46(3)301-312.

RABELO, C. H. S.; REZENDE, A. V.; NOGUEIRA, D. A.; RABELO, F. H. S.; SENEDESE, S. S.; VIEIRA, P. F.; BARBOSA, L. A.; CARVALHO, A. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com bactérias ácido-láticas em diferentes estádios de maturidade. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, Salvador, v.13, n.3, p.656-668 jul./set., 2012 <http://www.rbspa.ufba.br> - ISSN 1519 9940

RABELO, C. H. S.; REZENDE, A. V.; RABELO, F. H. S.; BASSO, F. C.; HARTER, C. J.; REIS, R. A. Chemical composition, digestibility and aerobic stability of corn silages harvested at different maturity ages. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 107-116 abr-jun, 2015.

RAMOS, B. L. P.; PIRES, A. J. V.; CRUZ, N. T.; SANTOS, A. P. S.; SANTOS, H. P.; AMORIM, J. M. S. Perdas no Processo de Ensilagem: Uma breve revisão. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 5, e8910514660, 2021

RANGEL, A.H.N., LEONEL, F de. P.; BRAGA, A.P.; PINHEIRO, M.J.P.; LIMA JÚNIOR, D.M.; Utilização da mandioca na alimentação de ruminantes. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil), v.3, n.2, p.1-12, 2008.

REICH, J.; KUNG JUNIOR, 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.

REIS, R. A.; MOREIRA, A. L. Conservação de forragem como estratégia para otimização o manejo das pastagens. *Anais do Congresso Brasileiro de Zootecnia XXI*,

Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 2001 p. 194 – 213.

REIS, R. A.; MOREIRA, A. L.; Conservação de Forragem como Estratégia para Otimizar o Manejo das Pastagens. 2007. Disponível em: http://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/zootecnia/ANACLAUDIARUGGIERI/conservacao_de_forragens_goiania.pdf.

ROTH, A. P. T. P.; SIQUEIRA, G. R.; RABELO, C. H. S.; MORETTI, M. H.; HARTER, C. J.; RESENDE, F. D.; REIS, R. A. 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*. 2018; 1-14.

SANTOS, M.A.S.; SANTANA, A.C. 2012. Caracterização socioeconômica da produção e comercialização de farinha de mandioca no município de portel, arquipélago do marajó, estado do Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 7: 73-86.

SCIENCE AND TECHNOLOGY. Madison. Proceedings... Madison: ASCSSA-SSSA, Agronomy 42, 2003. p. 31-93

SILVA, J. M. Silagem de forrageiras tropicais. Gado de Corte Divulga (EMBRAPA). Campo Grande/MS, 2001.

SILVA, A.C. da.; FIGUEIREDO, M.P. de; BONOMO, P.; PEREIRA, M.L.A.; LUZ, Y.S.; SANTOS, E.J.. Microbial protein synthesis and nitrogen metabolism in cows bred on tropical pasture and fed on cassava root and corn. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. v.36, n.2, p.185-192, 2014.

SOARES, J.G.G. [2003]. Silagem de maniçoba: uma excepcional forragem. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/artigos/manicoba.html>.

SOUZA, C. G.; MOURA, A. K. B.; SILVA, J. N. P.; SOARES, K. O.; SILVA, J. V. C.; VASCONCELOS, P. C. Fatores anti-nutricionais de importância na nutrição animal: Composição e função dos compostos secundários. **PUBVET**, v.13, n.5, a327, p.1-19, 2019.

TIESENHAUSEN, M. E. V. VON o feno e a silagem da rama de mandioca na alimentação de ruminantes. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte*, v.13n.145, p. 42-47. 1987

TOKARNIA, C. H.; DOBEREINER, J.; PEIXOTO, P. V. Plantas tóxicas do Brasil. Ed. Helianthus, Rio de Janeiro. p. 215-221. 2000

TROMBINI, F. R. M.; LEONEL, M. COMPOSIÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA FARINHA DE FOLHAS DE MANDIOCA. *ENERGIA NA AGRICULTURA*, [S. l.], v. 29, n. 1, p. 76–81, 2014. DOI: 10.17224/EnergAgric.2014v29n1p76-81. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/1052>. Acesso em: 26 abr. 2023.

VIEIRA, P.A.S.; AZEVÊDO, J.A.G.; DA SILVA, F.F.; PEREIRA, L.G.R.; NEVES,

A.L.A.; DOS SANTOS, A.B.; SOUZA, L.L.; DOS SANTOS, R.D. 2017. Parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio em bovinos alimentados com silagem da raiz de mandioca. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 37: 883-890.

WEINBERG, Z. G.; SZAKACS, G.; ASHBELL, G.; HEN, Y. 2001. The effect of temperature on the ensiling process of corn and wheat. *Journal of Applied Microbiology* 90: 561-566.

WOOLFORD, M.K. The detrimental effects of air on silage. *Journal of Applied Bacteriology*, v.68, p.101-116. 1990.