



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA  
INSTITUTO DE SAÚDE E PRODUÇÃO ANIMAL  
MESTRADO EM SAÚDE E PRODUÇÃO ANIMAL NA AMAZÔNIA**

**LORENA MAUÉS MORAES**

**QUALIDADE FERMENTATIVA DA SILAGEM DA PARTE AÉREA E DE RAIZ DE  
MANDIOCA EM FUNÇÃO DA IDADE DE COLHEITA E TEMPOS DE  
ARMAZENAMENTO**

**BELÉM  
2021**

**LORENA MAUÉS MORAES**

**QUALIDADE FERMENTATIVA DA SILAGEM DA PARTE AÉREA E DE RAIZ DE  
MANDIOCA EM FUNÇÃO DA IDADE DE COLHEITA E TEMPOS DE  
ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Saúde e Produção Animal na Amazônia, para obtenção do título de Mestre.

Área de concentração: Produção Animal

Orientador: Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Aníbal Coutinho do Rêgo

**BELÉM  
2021**

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

---

M447q Moraes, Lorena Maués

Qualidade fermentativa da silagem da parte aérea e de raiz de mandioca em função da idade de colheita e tempos de armazenamento / Lorena Maués Moraes. - 2021.

72 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Saúde e Produção Animal na Amazônia (PPGSPAA), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Aníbal Coutinho do Rêgo.

1. Silagem de mandioca. 2. Forragicultura - alimentos alternativos. 3. Alimentação animal. 4.. I. da Silva, Thiago Carvalho, *orient.* II. Rêgo, Aníbal Coutinho do, *coorient.* III. Título

---

CDD: 636.2085

LORENA MAUÉS MORAES

**QUALIDADE FERMENTATIVA DA SILAGEM DA PARTE AÉREA E DE RAIZ DE  
MANDIOCA EM FUNÇÃO DA IDADE DE COLHEITA E TEMPOS DE  
ARMAZENAMENTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Saúde e Produção Animal na Amazônia, para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Produção Animal

07/08/2021

**Data da Aprovação**

Banca Examinadora:

_____ Thiago Carvalho da Silva Universidade Federal Rural da Amazônia	Orientador
_____ Cristian Faturi Universidade Federal Rural da Amazônia	Membro 1
_____ Ebson Pereira Cândido Universidade Federal Rural da Amazônia	Membro 2
_____ Edson Mauro Santos Universidade Federal da Paraíba	Membro 3

## AGRADECIMENTOS

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem que me foi concedida durante toda esta longa caminhada, sem a sua ajuda nada disso seria possível.

À minha mãe Iracema Moraes que sempre esteve ao meu lado, me apoiando e me dando forças nos momentos difíceis de desânimo e cansaço. E ao meu pai Jorge Moraes que batalhou por anos para proporcionar a melhor educação para suas filhas e detentor da frase: “A herança que vou deixar para minhas filhas será a educação” que levarei para toda a minha vida. O sr. é o meu maior incentivador, pai.

Às minhas irmãs, Leticia e Luciana, por todo apoio que tive durante a graduação e em especial à Luciana em que mais uma vez não me desamparou nas horas em que mais precisei de ajuda para a realização deste trabalho. Foram horas e horas no laboratório de microbiologia.

Aos meus animais de estimação, pelo amor incondicional e gestos de carinho que recebi nos momentos de alívio de estresse.

À minha melhor amiga Luana Aires, que me consolou nos momentos em que eu pensei em desistir e a sua ajuda foi imensurável para a realização deste trabalho. Sou muito grata pelo apoio, pelo incentivo e por acreditar em mim. Levarei a sua amizade para vida toda.

Em especial, à Elaine foi uma pessoa que foi crucial em todos os momentos em que eu precisei de ajuda para a realização deste trabalho. Meu muito obrigada.

Ao meu orientador, Thiago Silva, pela confiança, auxílio e orientação. Obrigada por todo apoio, atenção, disponibilidade e dedicação para a realização e conclusão do trabalho.

Aos professores Aníbal e Cristian que me deram a oportunidade de fazer parte do Grupo de Estudos em Ruminantes e Forragicultura da Amazônia - GERFAM. Fazer parte deste grupo me direcionou nas escolhas para a minha carreira.

Às amigas que cultivei ao longo da convivência no GERFAM durante o mestrado: Adriane, Hugo, Daniel, Pedro, Aluizio, Carol, Izabella, Francy, João Victor, Jéssica, Larissa, Raissa, Saymon, Ádria, Lucas, Amoras, Geissy, Dayana, Juliana Pitirini, Nauara, Ágatha, e a todos meus companheiros do grupo, em especial aos que me ajudaram de forma direta na execução deste trabalho.

Aos demais professores e colegas que contribuíram para realização deste trabalho e aos meus amigos e familiares que contribuíram de alguma forma para que eu chegasse até aqui.

## RESUMO

A silagem de parte aérea e de raiz de mandioca (*M. esculenta* Crantz) tem demonstrado grande potencial na alimentação de ruminantes. Entretanto, o manejo aplicado na colheita como a idade de colheita e o tempo de armazenamento podem influenciar as características fermentativas e o valor nutritivo final das silagens de mandioca. Objetivou-se avaliar as características fermentativas e a composição química da silagem da parte aérea e de raiz de mandioca em função da idade de colheita da parte aérea e raiz e do tempo de armazenamento. No artigo 1, foram realizados dois experimentos: no experimento 1, avaliou-se a silagens de parte aérea e no experimento 2, avaliou-se a ensilagem da sua rebrota. O experimento 1, avaliou-se silagens de parte aérea e o experimento 2, avaliou-se a ensilagem da sua rebrota. O experimento 1 foi realizado em delineamento em blocos casualizados arranjado em esquema fatorial  $6 \times 3$ , sendo seis idades de colheita da parte aérea de mandioca (6, 7, 8, 9, 10 e 11 meses) e três períodos de armazenamento da silagem (3, 30 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições. O experimento 2 foi realizado em delineamento em blocos casualizados arranjado em esquema fatorial  $4 \times 2$ , sendo quatro idades de rebrota da parte aérea de mandioca (6, 7, 8 e 9 meses) e dois períodos de armazenamento da silagem (3 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições. No artigo 2, o experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizado arranjado em esquema fatorial  $4 \times 3$ , sendo quatro idades de colheita de raiz de mandioca (7, 9, 10 e 11 meses) e três períodos de armazenamento da silagem (3, 30 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições. Avaliaram-se as o perfil fermentativo, as populações microbianas, a composição química e estabilidade aeróbia das silagens. Para artigo 1, no experimento 1, houve efeito da interação IC×TA ( $P < 0,05$ ) sobre as populações microbianas, pH e composição química das silagens de parte aérea. Observou-se que houve efeito da interação IC×EA ( $P < 0,05$ ) sobre as populações microbianas, mas não houve ( $P > 0,05$ ) para o pH e temperatura, com efeito apenas da EA ( $p < 0,05$ ). Houve efeito da IC ( $P < 0,05$ ) sobre a EA, Tmax, Htmax, AMP, PE, exceto PMS. Para o experimento 2, não se observou efeito da IC sobre as populações microbianas e pH ( $P > 0,05$ ), exceto para a população de enterobactérias ( $P < 0,05$ ). Não foi observado efeito da IC nem do TA sobre as populações de bactérias lácticas ( $P > 0,05$ ). Houve efeito da TA para o pH, encontrando valores de 3,5 e 3,7 para 3 e 90 dias respectivamente ( $P < 0,05$ ). Houve efeito da interação IC×TA somente sobre o teor de PB e FDN da silagem ( $p < 0,05$ ). A IC não influenciou a EA, Tmax, Htmax, AMP ( $P > 0,05$ ). No artigo 2, houve efeito da IC sobre populações microbianas, pH e composição química da raiz ( $P < 0,05$ ), exceto para a população de ENT ( $P > 0,05$ ). Houve efeito da interação IC×TA ( $P < 0,05$ ) sobre o pH, composição química e populações microbianas das silagens raiz de mandioca. Desta forma, a idade de colheita e o tempo de armazenamento influenciam a qualidade fermentativa das silagens de parte aérea e de raiz de mandioca.

**Palavras-chave:** Alimentos alternativos; Ensilagem; Estabilidade aeróbia; Fermentação.

## ABSTRACT

Cassava root and shoot silage (*M. esculenta* Crantz) has shown great potential in ruminant feeding. However, the management applied at harvest, such as harvest age and storage time, can influence the fermentative characteristics and the final nutritional value of cassava silages. The objective was to evaluate the fermentative characteristics and the chemical composition of the silage of the shoot and root of cassava as a function of the age at harvest of the shoot and root and the storage time. In article 1, two experiments were carried out: in experiment 1, the shoot silage was evaluated and in experiment 2, the silage of its regrowth was evaluated. Experiment 1 evaluated shoot silages and experiment 2 evaluated its regrowth silage. Experiment 1 was carried out in a randomized block design arranged in a  $6 \times 3$  factorial scheme, with six harvest ages of cassava shoots (6, 7, 8, 9, 10 and 11 months) and three silage storage periods (3, 30 and 90 days after ensiling), with four replications. Experiment 2 was carried out in a randomized block design arranged in a  $4 \times 2$  factorial scheme, with four cassava shoot regrowth ages (6, 7, 8 and 9 months) and two silage storage periods (3 and 90 days) after ensiling, with four replications. In article 2, the experiment was carried out in a randomized block design arranged in a  $4 \times 3$  factorial scheme, with four cassava root harvest ages (7, 9, 10 and 11 months) and three silage storage periods (3, 30 and 90 days after ensiling), with four replications. The fermentation profile, microbial populations, chemical composition and aerobic stability of silages were evaluated. For article 1, in experiment 1, there was an effect of the HA $\times$ ST interaction ( $P < 0.05$ ) on microbial populations, pH and chemical composition of shoot silages. It was observed that there was an effect of the HA $\times$ AS interaction ( $P < 0.05$ ) on the microbial populations, but there was not ( $P > 0.05$ ) for pH and temperature, with effect only of the AS ( $p < 0.05$ ). There was an effect of HA ( $P < 0.05$ ) on AS, Tmax, Htmax, AMP, PE, except PMS. For experiment 2, there was no effect of HA on microbial populations and pH ( $P > 0.05$ ), except for the enterobacteriaceae population ( $P < 0.05$ ). No effect of HA or ST on lactic acid bacteria populations was observed ( $P > 0.05$ ). There was an effect of ST for pH, with values of 3.5 and 3.7 for 3 and 90 days respectively ( $P < 0.05$ ). There was an effect of the HA $\times$ ST interaction only on the CP and NDF content of the silage ( $p < 0.05$ ). HA did not influence AS, Tmax, Htmax, AMP ( $P > 0.05$ ). In article 2, there was an effect of HA on microbial populations, pH and root chemical composition ( $P < 0.05$ ), except for the ENT population ( $P > 0.05$ ). There was an effect of the HA $\times$ ST interaction ( $P < 0.05$ ) on the pH, chemical composition and microbial populations of cassava root silages. Thus, harvest age and storage time influence the fermentative quality of shoot and root silages of cassava.

**Keywords:** Aerobic stability; Alternative foods; Fermentation; Silage.

## SUMÁRIO

<b>CONTEXTUALIZAÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>11</b>
<b>CAPITULO I - REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>13</b>
1.1. Cultura da mandioca.....	13
1.1.1. Importância econômica .....	13
1.1.2. Características agronômicas .....	14
1.2. Idade de colheita.....	16
1.3. Utilização da mandioca na alimentação de ruminantes.....	18
1.3.1. Silagem de parte aérea de mandioca .....	20
1.3.2. Silagem de raiz de mandioca.....	21
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>25</b>
<b>CAPÍTULO 2 - QUALIDADE FERMENTATIVA DE SILAGEM DA PARTE AÉREA DE MANDIOCA EM FUNÇÃO DE IDADES DE COLHEITA E TEMPOS DE ARMAZENAMENTO</b> .....	<b>30</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>30</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>31</b>
2.1. Introdução.....	32
2.2. Material e métodos .....	33
2.2.1. Local .....	33
2.2.2. Delineamento experimental, cultivo e ensilagem.....	34
2.2.3. Avaliação e variáveis.....	36
2.2.3.1. Perdas de matéria seca e por efluentes .....	36
2.2.3.2. Avaliação da estabilidade aeróbia .....	36
2.2.3.3. Populações microbianas e perfil fermentativo .....	37
2.2.3.4. Composição química .....	37
2.2.4. Análise estatística .....	38
2.3. Resultados.....	39
2.4. Discussão .....	49
2.5. Conclusão .....	54
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>55</b>



<b>CAPÍTULO 3 - QUALIDADE FERMENTATIVA DE SILAGEM DE RAIZ DE MANDIOCA EM FUNÇÃO DE IDADES DE COLHEITA E TEMPOS DE ARMAZENAMENTO .....</b>	<b>58</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>58</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>59</b>
3.1. Introdução.....	60
3.2. Material e métodos .....	61
3.2.1. Local .....	61
3.2.2. Delineamento experimental, cultivo e ensilagem.....	62
3.2.3. Avaliações e variáveis .....	63
3.2.3.1. Populações microbianas e perfil fermentativo .....	63
3.2.3.2. Composição química .....	63
3.2.4. Análise estatística .....	64
3.3. Resultados.....	64
3.4. Discussão .....	68
3.5. Conclusão .....	70
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>71</b>

## CONTEXTUALIZAÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura amplamente cultivada em áreas tropicais e subtropicais, com seu desenvolvimento bem sucedido em solos de baixa fertilidade sob condições ambientais adversas como baixa pluviosidade e elevadas temperaturas com ganhos expressivos em sua produtividade dependendo do uso de adubos e corretivos, sendo muito utilizada para a alimentação humana e animal (KHANG et al., 2005; KOSUGI et al., 2009; NAPASIRTH et al., 2015).

A parte aérea da mandioca é um alimento que possui alto teor proteico (20% da MS) e baixo teor de fibras (50% da MS) possuindo valores inferiores à grande parte das forrageiras tropicais (AZEVEDO et al., 2006; FLUCK et al., 2017; LI et al., 2018). Suas raízes detêm elevada fonte de energia devido ao conteúdo de amido (24%) e carboidratos presentes (FERNANDES et al., 2016). A mandioca pode ser fornecida em sua forma *in natura*, do uso de seus subprodutos ou na forma conservada (feno ou silagem), substituindo o uso de ingredientes tradicionais utilizados na alimentação animal (FLUCK et al., 2017).

A adição de mandioca na nutrição animal torna-se uma alternativa em substituição aos alimentos convencionais como o por exemplo o milho, visto que o seu preço é atrelado ao mercado internacional e que em alguns momentos torna-se desfavorável ao custo/benefício do sistema de produção (VIEIRA et al., 2017). Dessa forma, diversos autores vêm pesquisando seu potencial na alimentação animal utilizando a mandioca como ingrediente na dieta de suínos (ARAÚJO et al., 2016; LOC et al., 1997), aves (GERON et al., 2015; JÚNIOR et al., 2017), coelhos (SCAPINELLO et al., 1999), bovinos (HONG et al., 2003), ovinos (ONI et al., 2014; SURDAMAN et al., 2016), entre outras espécies.

Na alimentação de ruminantes, o uso de silagens de mandioca tem sido empregado por ser considerada uma cultura com características fermentativas adequadas ao processo de ensilagem (FERREIRA et al., 2009; NAPASIRTH et al., 2015). Diversos autores vêm pesquisando a qualidade de silagens de parte aérea da mandioca (AZEVEDO et al., 2006; MOTA et al., 2011) demonstrando que a silagem do terço superior da mandioca apresenta altas produções de ácido láctico o que permite a rápida redução do pH da massa ensilada e consequente ideal conservação do material (MOTA et al., 2011).

A raiz também possui características que permitem produzir silagens com elevada qualidade, pois apresenta teores médio de MS acima de 30% e elevado teor de carboidratos solúveis

que variam de 6 a 8% da MS, o que permite a produção de silagens com melhores padrões de fermentação (FLUCK et al., 2017; UCHECHUKWU-AGUA et al., 2015). Estudos com a utilização de silagem de raiz de mandioca em dietas de suínos demonstraram que a raiz de mandioca é uma opção viável na alimentação animal, pois suas silagens apresentam altos teores de MS que influenciam no consumo e desempenho desses animais (LOC et al., 1997; LIU & ZHUANG, 2001).

Contudo, o uso da silagem de raiz de mandioca ainda é pouco estudado na dieta de ruminantes (VIEIRA et al., 2017), despertando o interesse em realizar mais trabalhos para demonstrar a potencialidade da silagem de raiz já que a parte aérea ainda é mais utilizada na alimentação de ruminantes, uma vez que seu terço superior é a porção que possui maior valor nutricional (MOREIRA et al., 2017).

Logo, é necessário atentar-se aos métodos de manejo da mandioca para a produção de forragem que permitem a confecção de silagens com altos teores de proteína e perfil fermentativo dentro do recomendado. A idade de colheita é um fator que influencia a composição química conforme resultados encontrados por diversos autores (EDET et al., 2015; MOREIRA et al., 2017; MULUALEM & AYENEW, 2012) e conseqüentemente pode alterar a qualidade final da silagem.

Entretanto, estudos com a finalidade de demonstrar os efeitos de diferentes idades de colheita de parte aérea e raiz para a produção de silagens ainda são escassos. Dessa forma, é interessante fomentar pesquisas que visem verificar as possíveis influências da idade de colheita no valor nutritivo e qualidade final das silagens de parte aérea e raiz de mandioca.

Assim, hipotetiza-se que a idade de colheita da parte aérea assim como o efeito da sua rebrota e a idade de colheita da raiz podem interferir nas características fermentativas, afetando a qualidade final da silagem de parte aérea e raiz de mandioca. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito da idade de colheita da parte aérea e da raiz de mandioca sobre a qualidade fermentativa de silagens de mandioca, em diferentes tempos de armazenamento. A presente dissertação está organizada em dois capítulos precedidos de uma revisão de literatura (item 1). O primeiro capítulo (item 2) aborda dois experimentos referentes à ensilagem de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento e o segundo capítulo (item 3) aborda silagem de raiz de mandioca em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Diego D. et al. Nutritional evaluation of integral cassava root silages for growing pigs. **Animal Nutrition**, v. 2, n. 3, p. 149-153, 2016.
- AZEVEDO, E.B. et al. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. **Ciência Rural** 36:1902-1908. 2006.
- EDET, M. A. et al. Relationship of cassava growth parameters with yield, yield related components and harvest time in Ibadan, Southwestern Nigeria. **J. Nat. Sci. Res**, v. 5, p. 87-93, 2015.
- FERNANDES, F.D. et al. Yield and nutritional value of shoots and tuberous roots of eight industry cassava genotypes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. 17, 1–12, 2016.
- FERREIRA A.L. et al. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** 10, 129-36, 2009.
- 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.
- GERON, L. J. V. et al. Consumo, desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte alimentados com rações contendo raspa de mandioca residual desidratada. **Boletim de Indústria Animal**, v. 72, n. 4, p. 304-310, 2015.
- KHANG, D. N et al. Yield and chemical composition of cassava foliage and tuber yield as influenced by harvesting height and cutting interval. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 18, n. 7, p. 1029-1035, 2005.
- KOSUGI, A. et al. Production of ethanol from cassava pulp via fermentation with a surface-engineered yeast strain displaying glucoamylase. **Renewable Energy**, v. 34, n. 5, p. 1354-1358, 2009.
- LI, M. et al. Silage fermentation, chemical composition and ruminal degradation of king grass, cassava foliage and their mixture. **Grassland Science**, 1–6, 2018.
- LIU, J. P.; ZHUANG, Z. T. The use of cassava roots and silage from leaves for pig: **Feeding in Yunnan Province of China**. 2001.
- LOC, N. T. et al. Cassava root silage for crossbred pigs under village conditions in Central Vietnam. **Livestock Research for Rural Development**, v. 9, n. 2, p. 12-19, 1997.
- 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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1466-1473, 2011.

- MULUALEM, T; AYENEW, B. Cassava (*Manihot esculenta* Cranz) varieties and harvesting stages influenced yield and yield related components. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 2, n. 10, p. 122-8, 2012.
- NAPASIRTH, V. et al. Microbial population, chemical composition and silage fermentation of cassava residues. **Animal Science Journal**, 86(9), 842–848., 2015.
- ONI, A. O. et al. Effect of additives on fermentation of cassava leaf silage and ruminal fluid of West African dwarf goats. **Archivos de zootecnia**, v. 63, n. 243, p. 449-459, 2014.
- SCAPINELLO, C. et al. Nutritional value of cassava foliage hay (*Manihot esculenta*, Crantz) for growing rabbits. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 5, p. 1063-1067, 1999.
- SILVA JÚNIOR, P. A. et al. Cassava foliage in quail feeding. **Acta Veterinária Brasileira**, v. 11, n. 3, p. 150-156, 2017.
- SUDARMAN, A. et al. The use of cassava leaf silage as a substitute for concentrate feed in sheep. **Tropical animal health and production**, v. 48, n. 7, p. 1509-1512, 2016.
- UCHECHUKWU-AGUA, A. D. et al. Postharvest Handling and Storage of Fresh Cassava Root and Products: a Review. **Food and Bioprocess Technology**, 8(4), 729–748, 2015.
- VIEIRA, P. A. S. et al. Parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio em bovinos alimentados com silagem da raiz de mandioca. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 883-890, 2017.

## CAPITULO I - REVISÃO DE LITERATURA

### 1.1. Cultura da mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura tropical perene, arbustiva que pertence à família *Euphorbiaceae*, apresentando cerca de 100 espécies pertencentes ao gênero *Manihot* (ALLEM, 1999; CARVALHO, 1983). O gênero reúne uma lista extensa de espécies representadas no Brasil entre elas podem-se citar a *M. anomala* Pohl, *M. caerulescens* Pohl, *M. fruticulosa*, *M. gracilis* Poh, *M. grahamii* Hook. *M. inflata* Müll, *M. jolyana* Cruz, *M. pilosa* Pohl, *M. procumbens* Müll, *M. tripartita* conforme relatado por Orlandini et al (2013).

Entre as espécies mais difundidas e trazendo um elevado potencial produtivo destacam-se a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), maniçoba (*Manihot glaziovii* Mull) e o híbrido natural entre a maniçoba e a mandioca, conhecido como pornunça (FERREIRA et al., 2009). A classificação de suas variedades depende do nível de toxicidade na planta devido ao teor de ácido cianídrico (HCN) (CHISTÉ et al., 2010).

A produção de HCN está relacionada à hidrólise de dois componentes conhecidos como glicosídeos cianogênicos (linamarina e lotaustralina). Após a hidrólise pelas enzimas  $\beta$ -glicosidases (linamarase), ocorre a produção de HCN através do processo de cianogênese. Os maiores teores de glicosídeos cianogênicos estão presentes no tecido foliar com menor concentração nas raízes (CEREDA, 1996; WHITE et al., 1998).

Dessa forma, valores de abaixo de 50 mg HCN kg<sup>-1</sup> classificam a mandioca como mansa, de 50 a 100 mg HCN kg<sup>-1</sup> como moderadas e acima de 100 mg HCN kg<sup>-1</sup> são consideradas como bravas ou venenosas (CHISTÉ et al., 2010). O nível de HCN presente na planta pode variar de acordo com a variedade, cultivo, condições do meio e idade da planta (MATTOS & CARDOSO, 2003).

Sendo assim, a mandioca é uma espécie cianogênica bastante difundida em áreas tropicais e subtropicais, amplamente utilizada na alimentação humana e animal, seja através do consumo de suas folhas, raízes, de materiais oriundos do processamento industrial alimentício ou da produção de etanol (KHANG et al., 2005; HOWELER et al. 2012).

#### 1.1.1. Importância econômica

De acordo com a FAO (2020), a produção mundial de mandioca para 2018 foi de 277,8 milhões de toneladas. Destes, a África contribuiu com 61,1% (169,7 milhões de toneladas), a Ásia

com 29% (80,6 milhões) e as Américas com 9,8% (27,2 milhões). A produção destaca-se na Nigéria com cerca de 59,4 milhões de toneladas, seguida por Tailândia e República Democrática do Congo.

Dados mais recentes indicam que o Brasil é o 5º maior produtor mundial com 17,6 milhões de toneladas de mandioca e com produtividade média de 14,6 t/ha. Entre as regiões com maiores produções, a região Norte lidera com cerca de 6,3 milhões de toneladas, no entanto, a região Sul possui a maior produtividade, apresentando valores de 21 t/ha. A maior produção de mandioca encontra-se no Estado do Pará com 3,8 milhões de toneladas, seguido pelo Paraná (3,2 milhões), São Paulo (1,1 milhão) e Rio Grande do Sul (0,98 milhão) (IBGE, 2018).

Contudo, mesmo ocupando a maior produção da cultura no país, o Pará ocupa a 12ª posição no cenário nacional quanto a sua produtividade com cerca de 14,6 t/ha, tendo em destaque o Estado de São Paulo com a maior produtividade média (23,7 kg/ha) (IBGE, 2018). Segundo Alves et al. (2008), a baixa produtividade da cultura no Pará está ligada à adoção de um sistema de manejo inadequado e baixo nível de tecnificação aplicado pela maioria dos pequenos agricultores, que são os principais produtores dessa cultura no estado.

### 1.1.2. Características agronômicas

De acordo com Alves (2002), durante o crescimento e desenvolvimento da mandioca ocorrem cinco fases fisiológicas distintas de acordo com tabela 1.1, onde a ocorrência, motivo e duração de cada fase vai depender de elementos como a diferença entre espécies, variedades, às condições do meio e tratamentos culturais.

**Tabela 1.1.** Fases fisiológicas da mandioca

Fase do ciclo	Período
Emergência	5 a 15 dias após o plantio
Desenvolvimento foliar e sistema radicular	15 a 90 dias após o plantio
Desenvolvimento de ramos e folhas	90 a 180 dias após o plantio
Translocação de carboidratos para as raízes	180 a 300 dias após o plantio
Dormência	A partir de 300 dias

**Fonte:** Adaptado de ALVES, 2002.

Segundo Albuquerque et al. (2008), o lento crescimento inicial característico da cultura da mandioca favorece o desenvolvimento de plantas daninhas que competem com a cultura pelos fatores de produção como água, luz, nutrientes, gás carbônico e espaço. Logo, essa condição pode

resultar em perdas em sua produção, constituindo-se em um dos principais fatores de risco na implantação da cultura (MATTOS & CARDOSO, 2003).

Durante o plantio faz-se necessário aplicar métodos de controle como a capina e a aplicação de herbicidas nos quatro a cinco meses iniciais do ciclo da cultura, pois essa fase requer um intervalo de pelo menos 100 dias sem a interferência da planta invasora no período após a brotação da maniva (20 a 30 dias). Desse modo, conhecer o período crítico de interferência das plantas daninhas sobre a cultura é fundamental para definir quando iniciar e o número de capinas a serem realizadas, bem como utilizar defensivos agrícolas (ALBUQUERQUE et al., 2008; MATTOS & CARDOSO, 2003).

A adubação e calagem para a cultura da mandioca são realizadas com base na análise do solo, sendo que a calagem deve ser feita com antecedência de no mínimo 60 dias antes do plantio. Com relação a adubação nitrogenada, recomenda-se para produção apenas de raízes cerca de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (SOUZA, et al. 2009) que são aplicados entre 30 a 60 dias depois da brotação, feito com ureia ou sulfato de amônio quando o solo apresentar umidade necessária à absorção do fertilizante. As recomendações para fósforo e potássio baseiam-se na disponibilidade dos nutrientes no solo, estes devem ser aplicados na cova ou no sulco de plantio (MATOS & CARDOSO, 2003).

A mandioca é uma cultura que tolera a alta acidez do solo com uma faixa favorável de pH de 5,5 a 6,5 e baixos níveis de fósforo disponível (P) necessitando de cerca de 20 a 60 kg/ha de P de acordo com a disponibilidade desse nutriente no solo, bem como suporta a seca e é muito eficiente com relação à água. Dessa forma, essa cultura compete com culturas mais exigentes como milho e soja, sobretudo em solos ácidos, com baixa fertilidade e regiões com chuvas irregulares (BRUIJN et al., 1989; HOWELER et al., 2012).

A quantidade de chuva adequada para a cultura compreende o intervalo de 1.000 a 1.500 mm/ano, de forma bem distribuída. Contudo, a mandioca pode produzir em regiões tropicais com índices de até 4.000 mm/ano, porém é necessário que os solos sejam bem drenados para que não tenha encharcamentos que podem favorecer a podridão das raízes, uma das principais doenças que acometem o plantio de mandioca (MATTOS & CARDOSO, 2003).

Segundo Bandyopadhyaya et al. (2006), o cultivo de mandioca pode ser prejudicado por ocorrências de doenças que podem ocasionar quedas na produção e na produtividade, entre as quais destacam-se o mosaico comum da mandioca (vírus africano do mosaico da mandioca), ferrugem



bacteriana (*Xanthomonas axonopodis* pv. *Manihotis*), antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) e a podridão das raízes (*Phytophthora* spp. e *Pythium* spp.)

Conforme Tremacoldi (2016), a podridão radicular é um dos fatores limitantes da produção de mandioca no Estado do Pará, pois ocasiona perdas na produtividade prejudicando o plantio no decorrer dos ciclos da cultura. Essa doença ocasiona a desintegração dos tecidos das raízes tuberosas maduras ocasionando seu murchamento acompanhado por um odor desagradável e modificações na coloração da raiz (BANDYOPADHYAYA et al., 2006; SERRA et al., 2009).

Outro fator que pode reduzir o rendimento da mandioca é a ocorrência de pragas, entre eles destacam-se insetos e ácaros que são representados por inúmeras espécies que atacam a planta, ocasionando redução na área foliar e taxa fotossintética, pelo ataque às hastes e ao material de plantio (MATOS & CARDOSO, 2003).

As principais pragas que atacam o cultivo de mandioca são o mandarová (*E. ello*) (BARRIGOSI et al., 2002), o ácaro verde da mandioca (*M. tanaioa*) (GUTIERREZ et al., 1988), os cupins (*H. tenuis* e *C. testaceus*) (CONSTANTINO, 2002), as formigas (*Atta* spp. e *Acromyrmex* spp.), brocas do caule (*Sternocoelus* spp.) (CARVALHO et al., 2010) e a mosca branca (*B.tabaci*) que é o vetor do vírus causador da doença do mosaico da mandioca (OMONGO et al., 2012).

Dessa forma, é necessário praticar estratégias que visem o combate tanto de pragas quanto de doenças sobre a produção de mandioca. Dentre elas pode-se citar o controle biológico, o uso de inseticidas biológicos, seleção de material de plantio sadio, utilização de cultivares resistentes, idade de plantio (MATOS & CARDOSO, 2003), uso de microrganismos antagonicos (UBALUA et al., 2007) e a idade de colheita (MENDONÇA et al., 2003).

## **1.2. Idade de colheita**

A idade de colheita é um fator que possui grande influência sobre a produtividade da mandioca bem como em sua composição química, pois se for colhida prematuramente ocorrem perdas em seu rendimento por não ter atingido o acúmulo total de matéria seca. Já na colheita tardia, podem-se criar condições propícias para o aparecimento da podridão radicular assim como o produtor pode ter prejuízos econômicos visto que a cultura permanece no lugar por um período maior que o necessário sem retorno financeiro em tempo hábil (MENDONÇA et al., 2003; MOURA, 1998; MULUALEM & AYENEW, 2012).

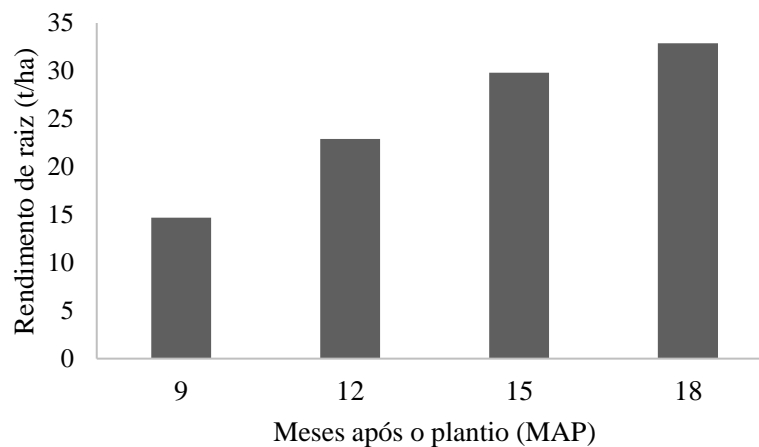
Embora sejam realizados uma gama de trabalhos com enfoque na mandioca para a alimentação humana, ainda existem poucos estudos sobre a idade de colheita da mandioca como

forragem para alimentação animal. Dessa forma, ressalta-se a importância de conhecer os efeitos da idade de colheita sobre os parâmetros de crescimento da mandioca em diferentes fases, visto que estes influenciam diretamente as características produtivas e possivelmente a qualidade de suas silagens (EDET et al., 2015).

A idade de colheita influencia positivamente o rendimento de raízes e matéria seca obtendo maiores produções ao decorrer do tempo, pois com o aumento do número e altura da planta criam-se melhores condições para a captação de fotoassimilados aumentando o comprimento e diâmetro das raízes que influenciam diretamente a produtividade da cultura (MULUALEM & AYENEW, 2012).

Em um estudo realizado por EDET et al. (2015) na Nigéria testando os efeitos de idades de colheita da mandioca (9, 12, 15 e 18 meses após o plantio), foi possível constatar o aumento da produção de raízes de mandioca ao longo dos meses atingindo a máxima produção de raiz de 32,9 t/ha aos 18 meses apresentando matéria seca de raiz de 17,7 t/ha (Gráfico 1.1).

**Gráfico 1.1.** Rendimento de raiz mandioca em função da idade de colheita.



**Fonte:** Adaptado de EDET et al., 2015.

Contudo, dependendo da variedade plantada, a colheita aos 9 meses pode ser um período inadequado para obter a melhor produtividade, pois os parâmetros de crescimento se correlacionam negativamente com o rendimento das raízes. Quando a colheita é prolongada por até 18 meses ou mais, ocorre o maior acúmulo de amido ou fibra na raiz por conta da conversão de glicose como resultado da demanda excessiva pelo sistema de brotamento ocasionando na redução da qualidade da mandioca (APEA-BAH et al. 2011; EDET et al., 2015).

A idade de colheita também pode interferir no teor HCN presente na mandioca, pois o avanço da idade da planta resulta na redução dos níveis de ácido cianídrico caracterizando menor grau de toxidez, conforme foi constatado em um estudo realizado por Oliveira et al. (2012). Dessa forma, é fundamental atentar-se para o conteúdo de HCN presente na planta principalmente quando se utiliza a mandioca na alimentação de ruminantes, visto que a dose letal de HCN é de 1 mg/kg/PV (OKE, 1969). Em todas as formas de fornecimento, há a redução do HCN presente na planta para que a mandioca possa ser consumida pelos os animais sem ocasionar intoxicação (FERNANDES et al., 2016).

Logo, devido à influência que a idade de colheita exerce na composição química da mandioca criam-se condições que podem ter grande impactos em utilizar essa cultura na alimentação animal principalmente influenciando nas características fermentativas e valor nutritivo da silagem de mandioca que é uma das opções comumente utilizadas na alimentação de ruminantes.

### **1.3. Utilização da mandioca na alimentação de ruminantes**

Muitos estudos são realizados com o intuito de demonstrar a produção de mandioca na alimentação humana, entretanto diversos autores vêm realizando estudos focados para demonstrar o potencial da parte aérea e raiz de mandioca como forragem a ser utilizada como fonte de proteína e energia na alimentação de ruminantes (KHANG et al., 2005).

A mandioca pode ser fornecida de várias maneiras à dieta dos ruminantes, entre elas: na forma *in natura*, passando pelo processo de pré secagem; na distribuição de seus subprodutos como a casca, raspa e bagaço ou sendo conservada na forma de feno ou silagem principalmente quando confeccionados com o terço superior da planta. Em todas as formas de fornecimento, há a redução do HCN presente na planta para que a mandioca possa ser consumida pelos os animais sem ocasionar intoxicação (FERNANDES et al., 2016; FLUCK et al., 2017).

A parte aérea da mandioca constitui-se de folhas, pecíolos e folhas em diferentes proporções e pelas hastes (FERNANDES et al., 2016), sendo o terço superior mais utilizado para a produção de silagens devido ao menor conteúdo de fibra presente (SENA et al., 2014). A folha da mandioca possui alto teor de proteína indicando valores que variam de 14 a 19% de PB, energia bruta e minerais que elevam o valor nutritivo do alimento (NAPASIRTH et al., 2015; SURDAMAN et al., 2016).

Embora a produção de raízes seja feita principalmente para a alimentação humana, essa porção pode ser uma importante fonte de energia, contendo principalmente amido e carboidratos

solúveis. Entretanto, possui baixo teor de proteínas com cerca de 1 a 2%, assim como baixo conteúdo de gordura e fibra. Contudo, a composição é variável de acordo com as condições ambientais em que a planta se desenvolveu, qual o cultivar utilizado no plantio e a idade da planta (UCHECHUKWU-AGUA et al., 2015). É possível observar os valores referentes à composição química de diferentes porções da mandioca encontrados por diferentes autores na tabela 1.2.

**Tabela 1.2.** Composição química de diferentes porções da mandioca

Composição química (%)									Material	Idade de colheita	Altura de corte	Referência
MS	MO	MM	EE	PB	CSA	FDN	FDA	Lignina				
Parte aérea												
25,46	93,20	6,80	-	15,20	-	62,33	45,22	-	<i>In natura</i>	7 meses	30 cm do solo	FLUCK et al., 2017
25,22	94,58	5,42	-	13,58	-	64,90	42,69	13,46	<i>In natura</i>	8 meses	-	SENA et al., 2014
30,05	95,48	4,52	0,86	7,49	-	66,76	47,62	17,04	<i>In natura</i>	12 meses	20 cm do solo	SALLES et al., 2016
21,87	-	-	-	10,98	-	59,93	46,22	-	<i>In natura</i>	18 meses	10 cm do solo	FERNANDES et al., 2016
26,90	95,74	4,26	-	14,49	-	66,79	41,41	-	<i>In natura</i>	19 meses	15 cm do solo	MOREIRA et al., 2017
Terço superior												
36,32	93,63	6,37	11,94	21,37	-	-	-	-	<i>In natura</i>	12 meses	-	ARAÚJO et al., 1982
25,00	88,00	12,0	7,50	16,00	-	-	-	-	<i>In natura</i>	-	-	CARVALHO, 1983
25,51	92,90	3,81	7,10	19,19	-	39,73	29,84	9,12	Silagem	12 meses	-	FAUSTINO et al., 2003
25,07	93,27	6,73	7,61	19,13	-	48,96	-	16,07	Silagem	-	-	FERREIRA et al., 2008
Folha												
24,80	92,00	8,00	5,73	22,67	8,21	41,19	33,88	-	<i>In natura</i>	4 meses	3 cm do solo	LI et al., 2018
26,90	92,50	7,50	5,20	16,41	-	52,90	40,72	10,23	<i>In natura</i>	6 meses	30 cm do topo	NAPASIRTH et al., 2015
Raiz												
33,88	96,92	3,08	0,25	3,09	-	-	4,36	-	<i>In natura</i>	-	-	FIGUEREIDO et al., 2006
37,63	98,31	1,69	-	2,69	-	4,91	-	-	<i>In natura</i>	19 meses	-	MOREIRA et al., 2017
39,03	-	-	-	2,36	-	15,57	3,28	-	<i>In natura</i>	-	-	FERNANDES et al., 2016

**Notas:** MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; MM: matéria mineral; EE: extrato etéreo; PB: proteína bruta; CSA: carboidratos solúveis em água; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido.

**Fonte:** Elaborado pelo autor.

### 1.3.1. Silagem de parte aérea de mandioca

A produção de silagens da parte aérea da mandioca vem sendo estudada por vários autores (FLUCK et al., 2017; SENA et al. 2014; WANAPAT et al., 2018) por apresentar excelente qualidade fermentativa e baixa perda de matéria seca (AZEVEDO et al., 2006). Os valores pH da silagem de parte aérea encontrados na literatura variam de 3,5 a 4,2 demonstrando a faixa de valores ideais de pH para a conservação da silagem, inibindo o aparecimento e crescimento de microrganismos indesejáveis que são responsáveis pela produção do ácido butírico e pela deterioração da silagem (BORGES et al. 1997; KUNG et al., 2018; MOTA et al., 2011).

A capacidade tampão (CT) exerce influência na qualidade da silagem, pois é um dos fatores que determinam a velocidade de redução do pH. No processo de ensilagem é desejado que a forragem possua baixa capacidade tampão, pois dessa forma ocorre a redução do pH de forma mais fácil devido à produção de ácidos orgânicos durante o processo de fermentação (EVANGELISTA et al., 2009; SIQUEIRA et al, 2007).

Pinho et al. (2004) encontraram valores de CT obtido para as partes aéreas da mandioca de 2045 mmol kg<sup>-1</sup> MS que permitiu rápida redução no pH da massa ensilada, inibindo a fermentação acética e butírica. Quanto à concentração de carboidratos solúveis na parte aérea fresca, os mesmos autores encontraram alto teor (33% da MS) fornecendo substrato para o crescimento de bactérias lácticas que contribuem no processo de produção de ácido láctico.

A contagem de bactérias ácido lácticas na silagem de parte aérea de mandioca encontrada na literatura foi de  $7,5 \times 10^4$  ufc g<sup>-1</sup> de matéria natural (MN), enquanto que a contagem de leveduras foi  $2,8 \times 10^4$  ufc g<sup>-1</sup> de MN. No entanto, não se observou a presença de mofos (NAPARSIRTH et al., 2015). Os mesmos autores encontraram teores de ácido láctico de 2,13 g/MS, ácido acético de 4,48 g/kg de MS, ácido butírico de 0,03 g/kg de MS, com pH de 3,9. Quanto a composição química, encontraram teores de 29,7% de MS; 92,4% de MO; 15,9% de PB; 4,87% de EE; 56,3% de FDN e 34,3% de FDA para silagem da folha de mandioca (NAPARSIRTH et al., 2015).

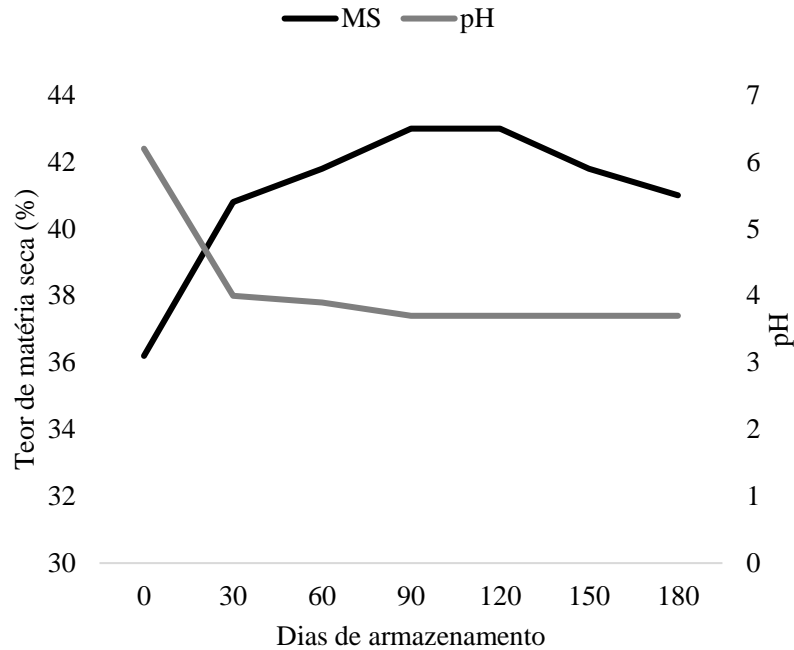
Em um trabalho realizado por Fluck et al. (2017), analisando a silagem da parte aérea de mandioca de dois cultivares foi possível encontrar valores médios de 25,3% de MS; 92,5% de MO; 7,5% de MM; 15,1% de PB; 60,3% de FDN; 44,5% de FDA e pH 4,0. Wanapat et al. (2018), analisando a composição química da silagem da parte aérea da mandioca, registraram valores de 24,8% de MS; 92,9% de MO; 23,0% de PB; 44,3% de FDN e 32,4% de FDA, pH de 4,2 e 71,9 mg kg<sup>-1</sup> de HCN em sua composição na silagem do terço superior da mandioca.

Conforme dados obtidos por Surdaman et al. (2016), foi possível constatar que a ensilagem de folha de mandioca diminui o teor de HCN presente na folha, de 333 a 71,0 mg kg<sup>-1</sup> e de 14,9 a 8,53% de MS, respectivamente, demonstrando que o processo de conservação da mandioca reduz expressivamente os teores da substância nociva ao animal. Esses estudos demonstram o potencial da parte aérea dessa cultura na alimentação de ruminantes.

### 1.3.2. Silagem de raiz de mandioca

Por apresentar teor de MS acima de 30%, a raiz tende a ser um material que produz uma silagem com elevada qualidade quanto a conservação, pois teores abaixo tendem a apresentar perda de nutrientes ou pouca fermentação (FLUCK et al., 2017). Silva et al. (2010), testando diferentes níveis de inclusão de raízes de mandioca (0, 15, 30 e 45%) na ensilagem da parte aérea dessa planta, puderam concluir que a adição de 45% de raiz melhorou o processo fermentativo e o valor nutritivo das silagens. A inclusão de raízes de mandioca na ensilagem da parte aérea diminuiu os teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina.

Loc et al. (1997), realizando análises da composição química da silagem da raiz de mandioca em diferentes períodos de armazenamento (30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias) observaram que houve o aumento do teor de MS com o aumento do tempo de armazenamento encontrando valores crescente de matéria seca apresentando valores estáveis a partir de 90 dias com posterior redução a partir de 120 dias. Houve a redução do pH para aproximadamente o mesmo nível (pH = 4,0) após 30 dias e depois diminuiu ligeiramente para 3,7 aos 90 dias permanecendo nesse valor (Gráfico 1.2).

**Gráfico 1.2.** Teor de matéria seca e pH de silagens de raiz de mandioca em diferentes períodos de armazenamento

**Fonte:** Adaptado de LOC et al. 1997.

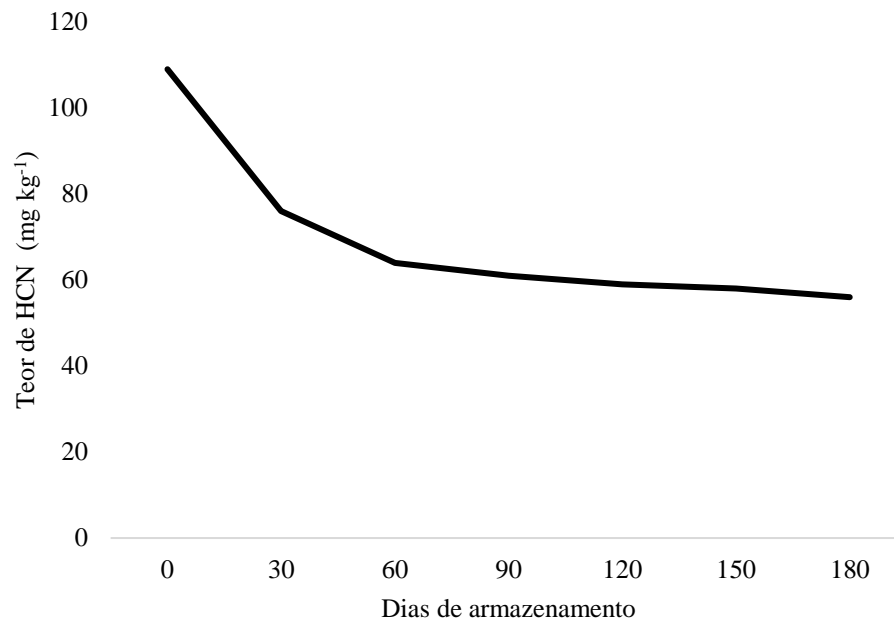
Loc et al. (1997) observaram que o tempo de armazenamento diminuiu os teores de ácido acético e butírico enquanto que houve o aumento do teor de ácido láctico (Tabela 1.3). Também demonstraram que a ensilagem de raiz reduziu o teor de HCN, diminuindo rapidamente até 30 dias e continuando a diminuir de forma mais lenta até 180 dias (Gráfico 1.3).

**Tabela 1.3.** Efeito do tempo de armazenamento sobre o conteúdo de ácidos orgânicos de silagens de raiz de mandioca (% MS).

Dias	Ácido Acético	Ácido Butírico	Ácido Láctico
30	0,81	0,23	4,55
60	0,79	0,14	5,62
90	0,74	0,06	5,70

**Fonte:** LOC et al., 1997.

**Gráfico 1.3.** Efeito do tempo de armazenamento sobre o teor ácido cianídrico em silagens de raiz de mandioca ( $\text{mg kg}^{-1}$ )



**Fonte:** LOC et al., 1997.

Quanto à composição química da silagem de raiz de mandioca foi possível encontrar valores de 43,21% de MS; 97,45% de MO, 2,55% de MM; 3,19% de PB; 3,17% de EE; 91,09% de carboidratos totais (CHO); 8,79% de  $\text{FDN}_{\text{cp}}$ ; 82,30% de carboidratos não fibrosos (CNF); 2,16% de  $\text{FDA}_{\text{cp}}$  e 2,01% de lignina da MS demonstrando o seu potencial na alimentação animal (VIEIRA et al., 2017).

No experimento de Vieira et al. (2017), utilizando 5 níveis de silagem de raiz de mandioca (0,00; 3,62; 7,23; 10,84 e 14,54 % da MS) na dieta de bovinos em substituição ao concentrado (milho) e volumoso (cana de açúcar) foi possível observar que a silagem de raiz de mandioca influencia no consumo de nitrogênio total e no balanço de nitrogênio. A silagem de raiz elevou a eficiência do uso dos compostos nitrogenados que se relacionam diretamente às fontes de amido e de proteína bruta da dieta. O balanço de N teve comportamento linear crescente, demonstrando o efeito positivo da aplicação da silagem da raiz de mandioca em dietas para bovinos. Estes autores concluíram que o nível de 7,23% de silagem da raiz de mandioca na dieta foi mais eficaz na utilização dos compostos nitrogenados.

Apesar dos dados expostos sobre a silagem de raiz de mandioca, estudos envolvendo este material ainda são escassos na alimentação de ruminantes, utilizando-se a silagem de raiz com



maior frequência em dietas de monogástricos como por exemplo os suínos (LOC et al., 1997; LIU & ZHUANG, 2001). Dessa forma, é interessante realizar pesquisas que visem demonstrar o potencial do uso de silagem de raiz nas dietas de ruminantes em substituição aos ingredientes convencionais.

## REFERÊNCIAS

- APEA-BAH, et al. 2011. Factor analysis and age at harvest effect on quality of flour from four cassava varieties. *World Journal of Dairy and Food Sciences*, 6 (1): 43-54.
- ALBUQUERQUE, J.A.A. et al. Interferência de plantas daninhas sobre a produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*). **Planta daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 279-289, 2008.
- ALLEM, Antonio C. The closest wild relatives of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Euphytica**, v. 107, n. 2, p. 123-133, 1999.
- ALVES, A. A. C. Cassava botany and physiology. **Cassava: biology, production and utilization**, v. 1, p. 67-89, 2002.
- ALVES, R. N. B; MODESTO J., M. de S.; ANDRADE, AC da S. O trio da produtividade na cultura da mandioca: estudo de caso de adoção de tecnologias na região no Baixo Tocantins, Estado do Pará. **In: Embrapa Amazônia Oriental**-Artigo em anais de congresso (ALICE). 2008.
- 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.
- AZEVEDO, E.B. et al. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. *Ciência Rural* 36:1902-1908. 2006.
- BANDYOPADHYAY, R. et al. Espécies de *Fusarium* do complexo de podridão radicular da mandioca na África Ocidental. **Fitopatologia**, v. 96, n. 6, p. 673-676, 2006.
- BARRIGOSI, J. A.F; ZIMMERMANN, F. J.P; LIMA, PAULO S. Consumption rates and performance of *Erinnyis ello* L. on four cassava varieties. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 3, p. 429-433, 2002.
- BOLHUIS, G. G. et al. The toxicity of cassava roots. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, v. 2, p. 176-186, 1954.
- BRUIJN, G. H.; FRESCO, L. O. The importance of cassava in world food production. **NJAS wageningen journal of life sciences**, v. 37, n. 1, p. 21-34, 1989.
- CARVALHO, R. da S.; RODRIGUEZ, MAD. Armadilha CNPMF: detecção, monitoramento e controle da broca-da-haste da mandioca gênero *Sternocoeelus*. 2010. EMBRAPA.
- CARVALHO, João Luis Homem de. A mandioca raiz e parte aérea na alimentação animal. Embrapa Cerrados-Circular Técnica (INFOTECA-E), 1983.
- CHISTÉ, R. C. et al. Quantificação de cianeto total nas etapas de processamento das farinhas de mandioca dos grupos seca e d'água. **Acta Amazônica**, v. 40, n. 1, p. 221-226, 2010.

CEREDA M. P., MATTOS M. C. Linamarin: The toxic compound of Cassava. **J. Venom Animals Toxins**. 2:1:6-12, 1996.

CONSTANTINO, R. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. **Journal of Applied Entomology**, v. 126, n. 7-8, p. 355-365, 2002.

EDET, Michael A. et al. Relationship of cassava growth parameters with yield, yield related components and harvest time in Ibadan, Southwestern Nigeria. **J. Nat. Sci. Res**, v. 5, p. 87-93, 2015.

EVANGELISTA, Antônio Ricardo et al. Alterações bromatológicas e fermentativas durante o armazenamento de silagens de cana-de-açúcar com e sem milho desintegrado com palha e sabugo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 20-26, 2009.

FAO, 2020\_ Banco de dados FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of the United Nations., 2020. Roma, Itália: FAO. Disponível em: < <http://faostat3.fao.org/home/E> > Acesso: 29 abr. 2020.

FAUSTINO, Josiane Oliveira et al. 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. Yield and nutritional value of shoots and tuberous roots of eight industry cassava genotypes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. 17, 1–12, 2016.

FERREIRA A.L. et al. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** 10, 129-36, 2009.

FERREIRA, G. D. G. et al. Valor nutritivo de co-produtos da mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 8, n. 4, 2008.

FIGUEIREDO, M. P. de; 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 ureia. **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.

GUTIERREZ, A. P. et al. Analysis of biological control of cassava pests in Africa. III. Cassava green mite *Mononychellus tanajoa*. **Journal of applied ecology**, p. 941-950, 1988.

HOWELER, Reinhardt H. Recent trends in production and utilization of cassava in Asia. **The Cassava Handbook**, p. 1-22, 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística Levantamento sistemático da produção agrícola. Disponível em:< [ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Fasciculo\\_Indicadores\\_IBGE/estProdAgr\\_201801.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201801.pdf) >, acessado em 15 mai. 2020.

KHANG, D. N; WIKTORSSON, H.; PRESTON, T. R. Yield and chemical composition of cassava foliage and tuber yield as influenced by harvesting height and cutting interval. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 18, n. 7, p. 1029-1035, 2005.

KUNG, L., SHAVER, R. D., Grant, R. J., & SCHMIDT, R. J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, 101(5), 4020–4033, 2018.

LI, M. et al. Silage fermentation, chemical composition and ruminal degradation of king grass, cassava foliage and their mixture. **Grassland Science**, 1–6, 2018.

LIU, Jian Ping; ZHUANG, Zhong Tang. The use of cassava roots and silage from leaves for pig: **Feeding in Yunnan Province of China**. 2001.

LOC, Nguyen Thi; PRESTON, T. R.; OGLE, B. Cassava root silage for crossbred pigs under village conditions in Central Vietnam. **Livestock Research for Rural Development**, v. 9, n. 2, p. 12-19, 1997.

MATTOS, P. L. de.; CARDOSO, E. M. R. Cultivo da mandioca para o Estado do Pará. EMBRAPA. 2003. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 14 mai. 2020.

MENDONÇA, H. A. de; MOURA, G. M. de; CUNHA, E. T. Avaliação de genótipos de mandioca em diferentes idades de colheita no Estado do Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 761-769, 2003.

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. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1466-1473, 2011.

MOURA, G. de M. Avaliação de cultivares de mandioca em diferentes idades de colheita, no Estado do Acre. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz da Almas, v. 17, n. 1/2, p. 13-23, set. 1998

MULUALEM, T; AYENEW, B. Cassava (*Manihot esculenta* Cranz) varieties and harvesting stages influenced yield and yield related components. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 2, n. 10, p. 122-8, 2012.

NAPASIRTH, V. et al. Microbial population, chemical composition and silage fermentation of cassava residues. **Animal Science Journal**, 86(9), 842–848., 2015.

OKE OL. The role of hydrocyanic acid in nutrition. **World Rev. Nutr. Dietetics.**, 11, 170-98, 1969.

OLIVEIRA, N. T. et al. Ácido cianídrico em tecidos de mandioca em função da idade da planta e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 10, p. 1436-1442, 2012.

- OMONGO, Christopher A. et al. African cassava whitefly, *Bemisia tabaci*, resistance in African and South American cassava genotypes. **Journal of integrative agriculture**, v. 11, n. 2, p. 327-336, 2012.
- ONI, A. O. et al. Effect of additives on fermentation of cassava leaf silage and ruminal fluid of West African dwarf goats. **Archivos de zootecnia**, v. 63, n. 243, p. 449-459, 2014.
- ORLANDINI, P. A; LIMA, L. R. de. Synopsis of the genus *Manihot* Mill. (Euphorbiaceae) in São Paulo State, Brazil. **Hoehnea**, v. 41, n. 1, p. 51-60, 201
- PINHO, E. Z. de et al. Fermentation and nutritive value of silage and hay made from the aerial part of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)**, Piracicaba, v. 61, n. 4, p. 364-370, 2004.
- 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.
- SERRA, I. M. R. Set al. *Scytalidium lignicola* em mandioca: ocorrência no Estado do Maranhão e reação de cultivares ao patógeno. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, p. 327-328, 2009.
- 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, 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.
- SIQUEIRA, Gustavo Rezende et al. Perdas de silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos e bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 2000-2009, 2007.
- SOUZA, L. S et al. Recomendação de calagem e adubação para o cultivo da mandioca. **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Comunicado técnico 133**, Cruz das almas, BA 2009.
- SUDARMAN, A. et al. The use of cassava leaf silage as a substitute for concentrate feed in sheep. **Tropical animal health and production**, v. 48, n. 7, p. 1509-1512, 2016.
- TREMACOLDI, C. R. Manejo das principais doenças da cultura da mandioca no Estado do Pará. *Cultura da Mandioca: Aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria*. 1ed. Brasília: Embrapa, 2016, v. 1, p. 161-170.
- UBALUA, A. O.; OTI, E. Antagonistic properties of *Trichoderma viride* on post harvest cassava root rot pathogens. **African Journal of Biotechnology**, v. 6, n. 21, 2007.
- UCHECHUKWU-AGUA, A. D. et al. Postharvest Handling and Storage of Fresh Cassava Root and Products: a Review. **Food and Bioprocess Technology**, 8(4), 729–748, 2015.
- VIEIRA, P. A. S. et al. Parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio em bovinos alimentados com silagem da raiz de mandioca. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 883-890, 2017.

WANAPAT, M. et al. 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(7)**, 1539–1546, 2018.

## CAPÍTULO 2 - QUALIDADE FERMENTATIVA DE SILAGEM DA PARTE AÉREA DE MANDIOCA EM FUNÇÃO DE IDADES DE COLHEITA E TEMPOS DE ARMAZENAMENTO

### RESUMO

Na alimentação de ruminantes, a mandioca torna-se uma alternativa altamente viável em comparação aos alimentos convencionais, sendo interessante aumentar a possibilidade do uso além do terço superior da planta para ensilagem, compreendendo o comportamento da cultura em diferentes idades de colheita da parte aérea. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da idade de colheita e tempo de armazenamento em silagens de parte aérea dividido em dois experimentos. O experimento 1, avaliou-se a silagens de parte aérea e o experimento 2, avaliou-se a ensilagem da sua rebrota. O experimento 1 foi realizado em delineamento em blocos casualizados arranjado em esquema fatorial  $6 \times 3$ , sendo seis idades de colheita da parte aérea de mandioca (6, 7, 8, 9, 10 e 11 meses) e três períodos de armazenamento da silagem (3, 30 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições. O experimento 2 foi realizado em delineamento em blocos casualizados arranjado em esquema fatorial  $4 \times 2$ , sendo quatro idades de rebrota da parte aérea de mandioca (6, 7, 8 e 9 meses) e dois períodos de armazenamento da silagem (3 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições. Avaliaram-se as o perfil fermentativo, as populações microbianas, a composição química e estabilidade aeróbia das silagens. Todos os dados foram analisados por intermédio do procedimento MIXED do SAS, versão 9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por meio do teste de Tukey-Kramer ( $\alpha = 0,05$ ). Os gráficos das interações significativas foram processados pelo software SigmaPlot 20®. Para o experimento 1, houve efeito da IC sobre as populações microbianas, pH e composição química antes da ensilagem ( $P > 0,05$ ). Houve efeito da interação IC $\times$ TA ( $P < 0,05$ ) sobre as populações microbianas, pH e composição química das silagens de parte aérea. Observou-se que houve efeito da interação IC $\times$ EA ( $P < 0,05$ ) sobre as populações microbianas, mas não houve ( $P > 0,05$ ) para o pH e temperatura, com efeito apenas da EA ( $p < 0,05$ ). Houve efeito da IC ( $P < 0,05$ ) sobre a EA, Tmax, Htmax, AMP, PE, exceto PMS. Para o experimento 2, não se observou efeito da IC sobre as populações microbianas e pH ( $P > 0,05$ ), exceto para a população de enterobactérias ( $P < 0,05$ ). Não foi observado efeito da IC nem do TA sobre as populações de bactérias lácticas ( $P > 0,05$ ). Houve efeito da TA para o pH, encontrando valores de 3,5 e 3,7 para 3 e 90 dias respectivamente ( $P < 0,05$ ). Houve efeito da interação IC $\times$ TA somente sobre o teor de PB e FDN da silagem ( $p < 0,05$ ). A IC não influenciou a EA, Tmax, Htmax, AMP ( $P > 0,05$ ). Entretanto, a IC afetou as PMS, com maiores valores aos 7, 8 e 9 meses e maiores PE aos 7 e 9 meses de idade ( $P < 0,05$ ). Desta forma, a idade de colheita e o tempo de armazenamento influenciam a qualidade fermentativa das silagens de parte aérea mandioca.

**Palavras-chave:** Alimentos alternativos; Ensilagem; Estabilidade aeróbia; *Manihot esculenta*.

## ABSTRACT

In ruminant feeding, cassava becomes a highly viable alternative compared to conventional foods, and it is interesting to increase the possibility of using it beyond the upper third of the plant for silage, understanding the behavior of the crop at different harvest ages of the aerial part. Thus, the aim of this study was to evaluate the effect of harvest age and storage time in shoot silages divided into two experiments. Experiment 1 evaluated shoot silages and experiment 2 evaluated its regrowth silage. Experiment 1 was carried out in a randomized block design arranged in a  $6 \times 3$  factorial scheme, with six harvesting ages of cassava shoots (6, 7, 8, 9, 10 and 11 months) and three storage periods (3, 30 and 90 days after silage), with four replications. Experiment 2 was carried out in a randomized block design arranged in a  $4 \times 2$  factorial scheme, with four cassava shoot regrowth ages (6, 7, 8 and 9 months) and two silage storage periods (3 and 90 days after ensiling), with four replications. The fermentation profile, microbial populations, chemical composition and aerobic stability of silages were evaluated. All data were analyzed using the SAS MIXED procedure, version 9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC). The results were submitted to analysis of variance and the means were compared using the Tukey-Kramer test ( $\alpha = 0.05$ ). Graphs of significant interactions were processed by SigmaPlot 20® software. For experiment 1, there was an effect of IC on microbial populations, pH and chemical composition before ensiling ( $P > 0.05$ ). There was an effect of HA $\times$ ST interaction ( $P < 0.05$ ) on microbial populations, pH and chemical composition of shoot silages. It was observed that there was an effect of the HA $\times$ AS interaction ( $P < 0.05$ ) on the microbial populations, but there was not ( $P > 0.05$ ) for pH and temperature, with effect only of the AS ( $p < 0.05$ ). There was an effect of HA ( $P < 0.05$ ) on AS, Tmax, Htmax, AMP, PE, except PMS. For experiment 2, there was no effect of HA on microbial populations and pH ( $P > 0.05$ ), except for the enterobacteriaceae population ( $P < 0.05$ ). No effect of HA or ST on lactic acid bacteria populations was observed ( $P > 0.05$ ). There was an effect of ST for pH, with values of 3.5 and 3.7 for 3 and 90 days respectively ( $P < 0.05$ ). There was an effect of the HA $\times$ ST interaction only on the CP and NDF content of the silage ( $p < 0.05$ ). HA did not influence AS, Tmax, Htmax, AMP ( $P > 0.05$ ). However, HA affected PMS, with higher values at 7, 8 and 9 months and higher PE at 7 and 9 months of age ( $P < 0.05$ ). In this way, the age of harvest of the aerial part of cassava influences the fermentative quality of the silages.

**Keywords:** Aerobic stability; Alternative foods; *Manihot esculenta*; Silage.



## 2.1. Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma cultura flexível quanto ao seu uso, tanto na alimentação humana quanto animal (KOSUGI et al., 2009; NAPASIRTH et al., 2015). Na alimentação de ruminantes, a mandioca torna-se uma alternativa aos alimentos convencionais como o milho, sorgo e gramíneas tropicais, oferecendo uma produção menos onerosa, contribuindo favoravelmente na intensificação e sustentabilidade dos sistemas pecuários (BIZZUTI et al., 2021; OLIVEIRA et al., 2016; SANTOS et al., 2020).

Nesse contexto, a parte aérea da mandioca tem sido utilizada na alimentação de ruminantes por ser considerada uma cultura com características fermentativas adequadas ao processo de ensilagem, observando-se valores de pH dentro da faixa recomendada (3,5 a 4,2) (FERREIRA et al., 2009; NAPASIRTH et al., 2015). Dessa forma, diversos autores vêm pesquisando a qualidade de silagens de parte aérea da mandioca (AZEVEDO et al., 2006; MOTA et al., 2011) demonstrando que a silagem do terço superior da mandioca apresenta adequada produção de ácido lático, o que permite a rápida redução do pH da massa ensilada e consequente conservação do material (MOTA et al., 2011).

A ensilagem do terço superior da parte aérea de mandioca após 56 dias de armazenamento em um trabalho realizado por Mota et al. (2011) apresentou teores ácido lático de 9,40% da MS, responsável pela redução do pH da silagem para a faixa de 3,8 a 4,2 o que possibilitou uma adequada conservação da massa ensilada, garantindo a qualidade do produto. Em outro experimento com a inclusão gradativa de folha de mandioca em silagens de capim, os autores constataram o aumento do teor de proteína da silagem, aumentando o valor nutritivo, degradabilidade ruminal, melhorando a qualidade da silagem de capim (LI et al., 2018).

No entanto, seria interessante compreender o possível efeito de outros fatores além do uso do terço superior da mandioca, podendo compreender também o comportamento da cultura em diferentes idades de colheita da parte aérea, visto que diversos autores constataram que esse fator pode alterar a morfologia e a fisiologia da planta assim como o rendimento das raízes (EDET et al., 2015; MENDONÇA et al., 2003; MOURA, 1998; MULUALEM & AYENEW, 2012). Tais alterações podem afetar diretamente o processo fermentativo considerando as interações entre concentração de matéria seca, carboidratos solúveis e capacidade tampão.

Em um experimento utilizando três frequências de colheita (3, 6 e 9 meses; 6 e 9 meses; e única colheita das raízes), os autores observaram a correlação positiva entre o aumento da

frequência de colheita e a produção de matéria seca e proteína bruta na parte aérea da mandioca (HUE et al., 2012). Além disso, a definição de idade de colheita e ensilagem podem gerar recomendações de manejo específicas para o cultivo da mandioca destinado à produção de silagem de parte aérea.

Sendo assim, hipotetiza-se que a idade de colheita da parte aérea e o efeito da sua rebrota alteram a qualidade fermentativa de silagens de mandioca, além de otimizar o manejo da cultura para a produção de forragem e confecção de silagens. Além disso, o tempo de armazenamento da silagem pode interferir nas características fermentativas e valor nutritivo da silagem. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da idade de colheita e tempo de armazenamento sobre as características e perdas fermentativas, populações microbianas, estabilidade aeróbia e composição química da silagem de parte aérea de mandioca.

## **2.2. Material e métodos**

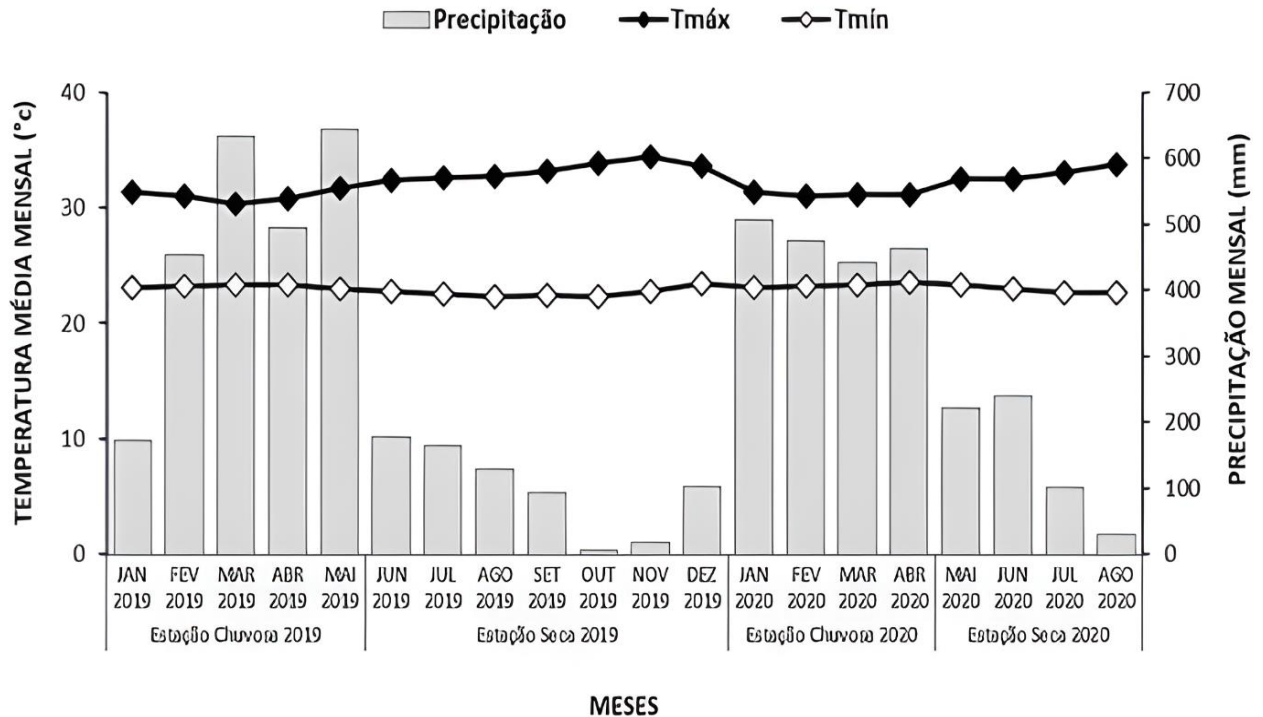
Foram realizados dois experimentos para avaliar os efeitos da idade de colheita da parte aérea de mandioca (experimento 1) e da rebrota da parte aérea (experimento 2), em diferentes tempos de armazenamento de silagens de parte aérea de mandioca.

### **2.2.1. Local**

A lavoura de mandioca foi implantada na Fazenda Escola de Igarapé-Açu (FEIGA) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), localizada no município de Igarapé-Açu, Pará, 01°07'21" S e 47°36'27" W. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo climático 'Ami', caracterizado por clima chuvoso, apresentando pequena estação seca (PACHECO & BASTOS, 1999).

Durante o período experimental, a região de Igarapé Açu apresentou temperatura mínima variando de 30,8 a 34,4°C, a temperatura máxima de 22,3 a 23,5°C, radiação solar total de 2174 W.m<sup>-2</sup> tendo uma média de 167,2 W.m<sup>-2</sup>, com precipitação total de 3248mm (Figura 1).

**Figura 1.** Dados climáticos do município de Igarapé Açu, Pará, Brasil.



O regime de chuvas não está distribuído de forma homogênea, possuindo maiores precipitações entre os meses de março e abril e os menos elevados, entre setembro e outubro apresentando variações em suas médias anuais de pluviosidade entre 2.302,5 mm e 2.857,4 mm (PACHECO & BASTOS, 2011).

## 2.2.2. Delineamento experimental, cultivo e ensilagem

### Experimento 1

O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados (DBC) arranjado em esquema fatorial 6 × 3, sendo seis idades de colheita da parte aérea de mandioca (6, 7, 8, 9, 10 e 11 meses) e três períodos de armazenamento da silagem (3, 30 e 90 dias após a ensilagem), com quatro

repetições. As silagens foram confeccionadas em mini silos experimentais tipo *bags* com o uso de sacos para embalagem a vácuo medindo 25 × 30 cm (Cetro, São Paulo, Brasil) para abertura de 3, 30 e 90 dias e baldes plásticos com capacidade de 10 litros para a abertura aos 90 dias para realização da estabilidade aeróbia.

A cultura foi implantada conforme as recomendações técnicas de adubação e calagem, com 1ton ha<sup>-1</sup> de calcário para a correção da acidez do solo, uma adubação fosfatada e potássica de 60 e 40kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O respectivamente na implantação (SOUZA, et al. 2009) e com 90kg de N ha<sup>-1</sup> na cobertura parcelado durante 4 meses (aos 2, 3, 4 e 5 meses após a emergência). O preparo do solo foi feito com uma aração e uma gradagem, e em seguida, os sulcos foram abertos manualmente. Para o plantio, foram utilizadas manivas sementes, plantadas sete dias após a coleta, da variedade Manivão obtidas de plantas sadias do projeto Reniva implantado na propriedade rural parceira localizada no município de Tracuateua, PA.

A lavoura foi dividida em quatro blocos, com 24 parcelas. Cada bloco representou uma repetição por tratamento. As parcelas foram compostas de 49 plantas distribuídas em sete linhas de plantio. O plantio foi realizado com espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,9 m entre plantas, colocando-se as manivas na posição diagonal, permanecendo duas gemas acima da superfície do solo. Foram realizados os tratos culturais necessários para o pleno desenvolvimento das plantas até os 180 dias após o plantio (DAP).

Aos seis meses após o plantio, iniciaram-se os cortes da parte aérea a 50 cm do solo, coletando-se todas as plantas da parcela. Todo material da parcela colhido foi triturado, homogeneizado e procedeu-se à ensilagem. Antes da ensilagem, foram coletadas amostras dos materiais e armazenados em *freezer* para análise da composição química para posterior caracterização da planta. Foram confeccionados mini silos experimentais como *bags* e em balde.

Realizou-se a confecção de silos em *bags* por conta do curto período de armazenamento (3, 30 e 90 dias) e em baldes plásticos com capacidade de 10 litros para que fosse possível realizar a avaliação da estabilidade aeróbia e a quantificação de perdas de matéria seca e por efluentes aos 90 dias de armazenamento. Para a ensilagem dos silos *bags*, foram coletados 500 g de massa de forragem e o material ensilado foi embalado à vácuo utilizando-se a Seladora Comercial Automática (Cetro, São Paulo, Brasil).

Para a ensilagem nos baldes, foram colocados 7 kg de massa de forragem a fim de atingir densidade de 600 kg/m<sup>3</sup>. Após o processamento e pesagem, nos respectivos silos realizou-se a

compactação do material através de pisoteio. No fundo baldes foram colocados 2 kg de areia seca dentro de um saco de tecido não tecido (TNT) para a captação do efluente. A ensilagem foi feita por ordem de repetição. Os baldes foram pesados e armazenados em local protegido até à abertura.

Tanto na abertura dos silos *bags* quanto dos silos em baldes, retiraram-se amostras para a avaliação do perfil fermentativo, das populações microbianas e determinação da composição química. Entretanto, coletaram-se 2 kg de material oriundos dos silos em balde para que fosse realizada a estabilidade aeróbia das silagens.

## **Experimento 2**

Para este experimento foi utilizada a lavoura de mandioca cultivada no Experimento 1. O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados arranjado em esquema fatorial  $4 \times 2$ , sendo quatro idades de rebrota da parte aérea de mandioca (6, 7, 8 e 9 meses) e dois períodos de armazenamento da silagem (3 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições. Aos 11 meses após a primeira coleta do material para o Experimento 1, realizou-se a colheita das plantas que tiveram a parte área parcialmente removida anteriormente (rebrota). A ensilagem, tipos de silo e a coleta de amostras para as avaliações seguiram os mesmos padrões do Experimento 1.

### 2.2.3. Avaliação e variáveis

#### 2.2.3.1. Perdas de matéria seca e por efluentes

As perdas de matéria seca (PMS) e por efluente (PE) foram calculadas por diferença de peso de cada componente da silagem, conforme descrito por Jobim et al. (2007).

#### 2.2.3.2. Avaliação da estabilidade aeróbia

Para a estabilidade aeróbia, foram utilizados dois baldes para cada tratamento, sendo um para coleta de amostras para avaliação de pH e das populações microbianas nos seguintes períodos de exposição aeróbia: 0, 4 e 8 dias, e outro para monitoramento da temperatura a cada 10 minutos através de *dataloggers* AK172 mini (AKSO, Rio Grande do Sul, Brasil) inseridos no centro geométrico da massa de silagem. Os baldes foram mantidos em uma sala climatizada a  $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 8 dias. A estabilidade aeróbia é definida como o tempo necessário para que a temperatura da silagem ultrapasse  $2^{\circ}\text{C}$  a temperatura ambiente (TAYLOR et al., 2002). A partir dos dados coletados pelos *dataloggers*, foi possível determinar as seguintes variáveis: tempo em dias em

estabilidade aeróbia (EA, dias), temperatura máxima que a silagem atingiu (Tmax), tempo em horas para a silagem atingir a temperatura máxima, temperatura (T; °C) e amplitude (AMP; diferença entre a temperatura máxima e mínima atingida pela silagem; CHERNEY & CHERNEY, 2003).

#### 2.2.3.3. Populações microbianas e perfil fermentativo

Foram realizadas as análises de quantificação das populações microbianas e medição de pH nas amostras de raízes *in natura* e após a ensilagem, foi utilizando três meios de cultura seletivos para os grupos microbianos analisados.

Para quantificação de bactérias ácido lácticas (BAL) foi utilizado o Agar MRS (Kasvi) adicionado de nistatina para o controle de microrganismos indesejáveis (CMI) após a esterilização, com incubação a  $36^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 72 horas em estufa B.O.D. e para a quantificação de enterobactérias (ENT) foi utilizado o meio de cultura Violet Red Bile Lactose Agar (Kasvi) com adição de nistatina (CMI) com incubação a  $36^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas conforme metodologia descrita por Jonsson (1991). Já para a contagem de mofos (MOF) e levedura (LEV) utilizou-se o Agar Batata Dextrose (Kasvi), acrescido de ácido tartárico (CMI) após a esterilização com incubação à  $26^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$  por 2 a 5 dias segundo Silva et al., 2019.

A enumeração dos grupos microbianos foi realizada a partir de 25 g de uma amostra composta de cada mini silo, homogeneizadas com 225 mL de água peptonada a 0,1 % (Kasvi), obtendo-se a diluição de  $10^{-1}$ . Em seguida, foram realizadas diluições sucessivas objetivando-se obter diluições variando de  $10^{-1}$  a  $10^{-7}$  com o cultivo realizado em placas de Petri estéreis. Foram consideradas passíveis de contagem as placas com valores entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias (UFC). O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro, utilizando o extrato aquoso com 25 g de amostra em 225 mL de água peptonada a 0,1% adaptado de Kung Jr, 1984.

#### 2.2.3.4. Composição química

Em todas as amostras, as análises foram realizadas de acordo com a AOAC (1990) para determinação do teor de matéria seca (MS) pelo método 934,01 e matéria mineral (MM) pelo método 923,03. A determinação de proteína bruta (PB) foi realizada pelo método de Kjeldahl (1983) e a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) foi determinada por método gravimétrico utilizando  $\alpha$ -amilase estável ao calor sem uso de sulfito de sódio (método 2002.04; AOAC, 1990).

#### 2.2.4. Análise estatística

Todos os dados dos dois experimentos foram analisados por intermédio do procedimento MIXED do SAS, versão 9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC).

##### **Experimento 1**

Os dados para composição química, pH e populações microbianas para:

- Parte aérea *in natura*: foram analisados segundo um DBC com quatro repetições, considerando no modelo estatístico o efeito fixo de idades de colheita (6, 7, 8, 9, 10 e 11 meses) e os efeitos aleatórios de bloco e o erro.
- Silagens de parte aérea: foram analisados em esquema de medidas repetidas no tempo segundo um DBC com seis idades de colheita (6, 7, 8, 9, 10 e 11 meses) e três tempos de armazenamento (3, 30 e 90; sendo repetidos dentro de cada unidade experimental) com quatro repetições. A idade de colheita, o tempo de armazenamento e a interação entre esses fatores foram considerados efeitos fixos e o bloco e o erro, aleatórios.
- Silagens de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita e da exposição aeróbia aos 90 dias de armazenamento: foram analisados em esquema de medidas repetidas no tempo conforme um DBC com cinco idades de colheita (6, 7, 8, 10 e 11 meses) e três períodos de exposição aeróbia (0, 4 e 8 dias). A idade de colheita, a exposição aeróbia e a interação entre esses foram consideradas efeitos fixos e bloco e o erro, aleatório. Utilizou-se a matriz de covariância de Componentes de Variância (CV), a qual foi escolhida através do critério de Akaike corrigido (AICC). Assumiu-se a homogeneidade das variâncias entre tratamentos e os graus de liberdade foram estimados pelo método de Kenward-Roger.

Os dados de estabilidade aeróbia (EA, Tmax, Htmax e AMP) e perdas das silagens aos 90 dias de armazenamento foram analisados segundo um DBC com quatro repetições, no qual as idades de colheita (6, 7, 8, 9, 10 e 11 meses) foram consideradas fixos, e o bloco e o erro, aleatório.

## Experimento 2

Os dados para composição química, pH e populações microbianas para:

- Parte aérea *in natura*: foram analisados segundo um DBC com quatro repetições, considerando no modelo estatístico o efeito fixo de idades de colheita (6, 7, 8 e 9 meses) e os efeitos aleatórios de bloco e o erro.
- Silagens de parte aérea: foram analisados em esquema de medidas repetidas no tempo segundo um DBC com quatro idades de colheita (6, 7, 8 e 9 meses) e dois tempos de armazenamento (3 e 30 dias; sendo repetidos dentro de cada unidade experimental) com quatro repetições. A idade de colheita, o tempo de armazenamento e a interação entre esses fatores foram considerados efeitos fixos e o bloco e o erro, aleatórios.
- Silagens de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita e da exposição aeróbia aos 90 dias de armazenamento foram analisados em esquema de medidas repetidas no tempo conforme um DBC com quatro idades de colheita (6, 7, 8 e 9 meses) e 3 períodos de exposição aeróbia (0, 4 e 8 dias) com quatro repetições. A idade de colheita, a exposição aeróbia e a interação entre esses foram consideradas efeitos fixos e bloco e o erro, aleatório. Utilizou-se a matriz de covariância CV, a qual foi escolhida através do critério AICC. Assumiu-se a homogeneidade das variâncias entre tratamentos e os graus de liberdade foram estimados pelo método de Kenward-Roger.

Os dados de estabilidade aeróbia (EA, Tmax, Htmax e AMP) e perdas das silagens aos 90 dias de armazenamento, foram analisados segundo um DBC com quatro repetições, no qual as idades de colheita (6, 7, 8 e 10 meses) foram consideradas fixos, e o bloco e o erro, aleatório.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por meio do teste de Tukey-Kramer ( $\alpha = 0,05$ ). Os gráficos das interações significativas foram processados pelo software SigmaPlot 20® (Systat Software Inc.)

## 2.3. Resultados

### Experimento 1

Houve efeito da IC sobre as populações microbianas, pH e composição química na parte aérea antes da ensilagem ( $P < 0,05$ ; Tabela 2.1). Quanto à população de microrganismos, os maiores valores para BAL foram encontrados nas idades de 10 e 11 meses, para ENT foram encontrados aos 8 e 10 meses, para MOF aos 11 meses e para LEV observaram-se maiores médias aos 8 e 11



meses de idade. Já para pH, o maior valor observado foi aos 6 meses com variação entre as idades, registrando-se menores valores aos 10 e 11 meses.

**Tabela 2.1.** Populações microbianas ( $\log^{10}$  ufc  $g^{-1}$ ), pH e composição química ( $g\ kg^{-1}$  MS) da parte aérea de mandioca em função da idade de colheita.

	Idade de colheita, meses						EPM	P-valor
	6	7	8	9	10	11		
BAL	4.13 b	4.65 b	4.46 b	4.23 b	5.20 a	5.97 a	0.24	0.00
ENT	ND	5.09 b	5.75 a	4.39 b	6.40 a	4.59 b	0.22	<0.01
MOF	3.20 c	3.53 b	4.16 b	3.65 b	3.69 b	5.11 a	0.15	<0.01
LEV	3.57 b	3.82 b	5.34 a	4.00 b	4.13 b	5.00 a	0.27	0,00
pH	6.84 a	6.54 b	6.63 b	6.34 c	5.27 d	5.14 e	0.03	<0.01
MS	255.70 a	228.50 b	249.00 a	225.00 b	243.20 a	257.20 a	0.33	<0.01
MM	62.10 a	69.90 a	45.30 b	51.60b	48.60 b	44.20 b	0.24	<0.01
PB	115.10 a	106.60 b	94.98 c	85.62 c	91.22 d	74,05 e	0.11	<0.01
FDN	494.40 c	509.30 c	555.30 b	553.80 b	550.10 b	582.30 a	0.60	<0.01

BAL - bactérias ácido lácticas; ENT - enterobactérias; MOF - mofos; LEV - leveduras; MS - matéria seca; MM - matéria mineral; PB - proteína bruta; FDN – fibra em detergente neutro; EPM – erro padrão médio; ND – Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

Com relação à composição química da parte aérea, o teor de MS variou entre 228,5 e 255,7  $g\ kg^{-1}$ , com menores valores aos 7 e 9 meses. Para MM, encontraram-se maiores valores para as idades iniciais de 6 e 7 meses. Os teores de PB variaram de acordo com as idades de colheita, com o maior valor encontrado de 115,10  $g\ kg^{-1}$  de MS aos 6 meses, 106,60  $g\ kg^{-1}$  de MS aos 7 meses, valores intermediários de 8 aos 10 meses, 94, 98  $g\ kg^{-1}$ , 85,62  $g\ kg^{-1}$ , 91,22  $g\ kg^{-1}$  de MS respectivamente e menor valor aos 11 meses com 74,05  $g\ kg^{-1}$  de MS. Já para FDN, foi observado maior valor aos 11 meses de idade (582,30  $g\ kg^{-1}$  MS), com valores intermediários aos 8, 9, e 10 meses e menores valores aos 6 e 7 meses.

Houve efeito da interação IC×TA ( $P<0,05$ ) sobre as populações microbianas, pH e composição química das silagens de parte aérea (Tabela 2.2). Os padrões de contagens de BAL, ENT, MOF, LEV e pH em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento são mostrados na Figura 2.1.

**Tabela 2.2.** Populações microbianas ( $\log^{10}$  ufc  $g^{-1}$ ), pH e composição química ( $g\ kg^{-1}$  MS) de silagens de parte aérea de mandioca colhida em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

	Idade de colheita, meses						Tempo de armazenamento, dias			EPM	P-valor		
	6	7	8	9	10	11	3	30	90		IC	TA	IC×TA
BAL	7.06	6.38	7.41	5.99	6.99	5.88	8.26	5.24	6.36	0.37	<.0.01	<.0.01	<.0.01
ENT	ND	2.55	2.88	2.61	2.44	2.78	3.20	1.92	2.84	0.24	0.59	<.0.01	<.0.01
MOF	2.77	3.31	2.67	2.75	3.89	3.53	3.78	2.89	3.28	0.21	<.0.01	<.0.01	<.0.01
LEV	2.45	2.45	2.16	2.85	3.52	3.15	3.23	2.43	2.64	0.23	<.0.01	0,00	<.0.01
pH	4.67	3.98	3.92	3.58	3.66	3.63	4.24	3.74	3.75	0.07	<.0.01	<.0.01	<.0.01
MS	249.90	239.85	267.24	226.70	255.94	297.09	253.40	250.30	262.00	0.65	<.0.01	0.00	0.03
MM	70.26	57.21	48.93	49.69	42.75	37.93	49.16	51.04	53.18	0.20	<.0.01	0.01	<.0.01
PB	113.60	104.18	96.56	95.03	91.09	65.67	93.20	96.21	93.65	0.13	<.0.01	0.00	<.0.01
FDN	505.41	528.70	519.40	581.68	594.77	594.65	550.15	551.20	560.95	0.62	<.0.01	0.02	0.00

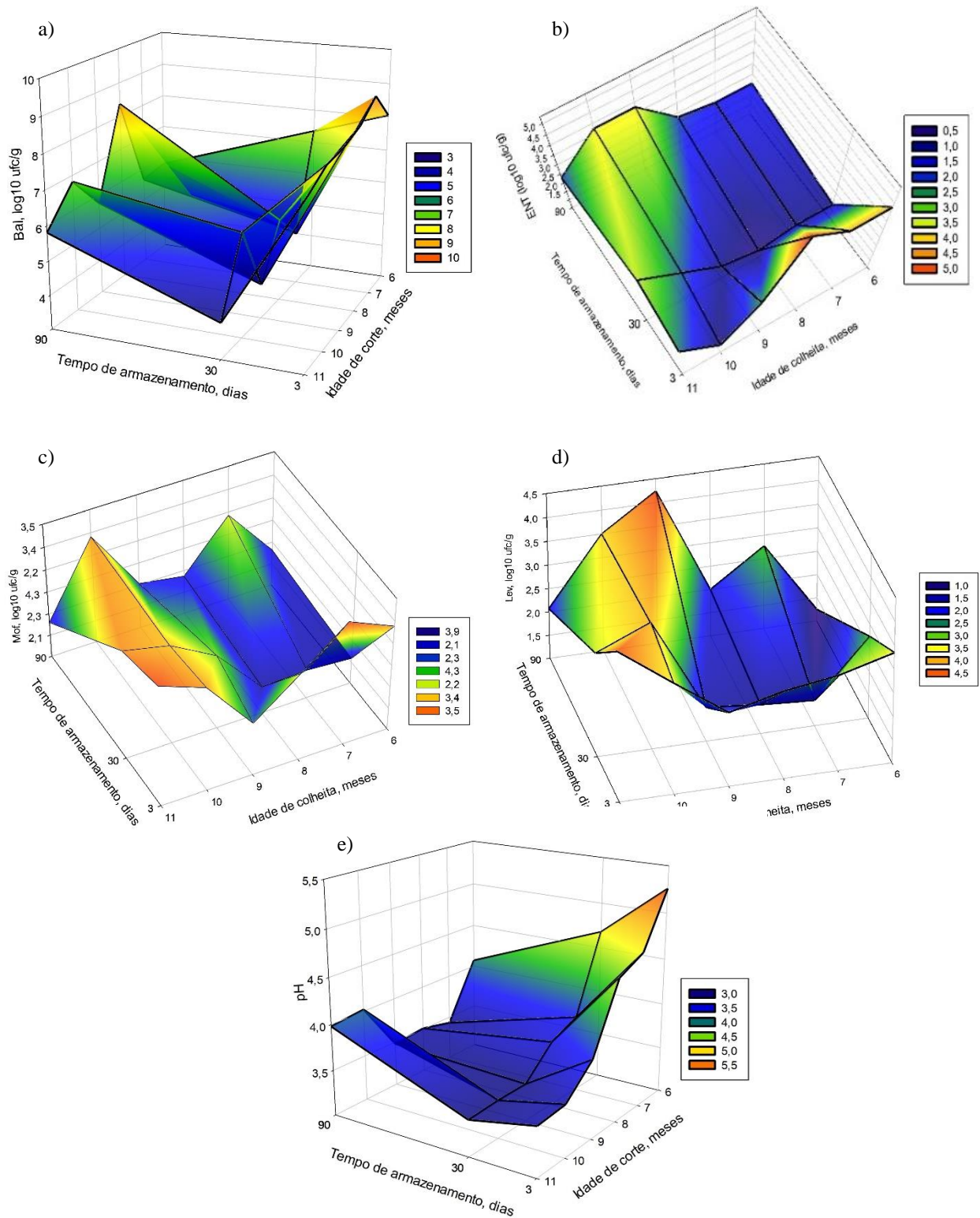
BAL - bactérias ácido lácticas; ENT - enterobactérias; MOF - mofos; LEV - leveduras; MS - matéria seca; MM -matéria mineral; PB - proteína bruta; FDN - fibra em detergente neutro; EPM - erro padrão médio. IC - idade de colheita; TA - tempo de armazenamento; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

Observaram-se maiores populações BAL (Figura 2.1a) aos 3 dias de armazenamento, havendo uma acentuada queda aos 30 dias com decorrer das idades e a partir deste ponto, houve um ligeiro aumento da população de microrganismos aos 8 meses com 90 dias de armazenamento ( $P<0,05$ ).

Para ENT (Figura 2.1b), observaram-se maiores valores em função do tempo de armazenamento de 3 dias nos meses iniciais de 6 e 7 meses, havendo uma queda na população nas silagens a partir de 30 dias, com pequeno aumento da população de microrganismos nas silagens de 90 dias a partir dos 9 meses de idade ( $P<0,05$ ).

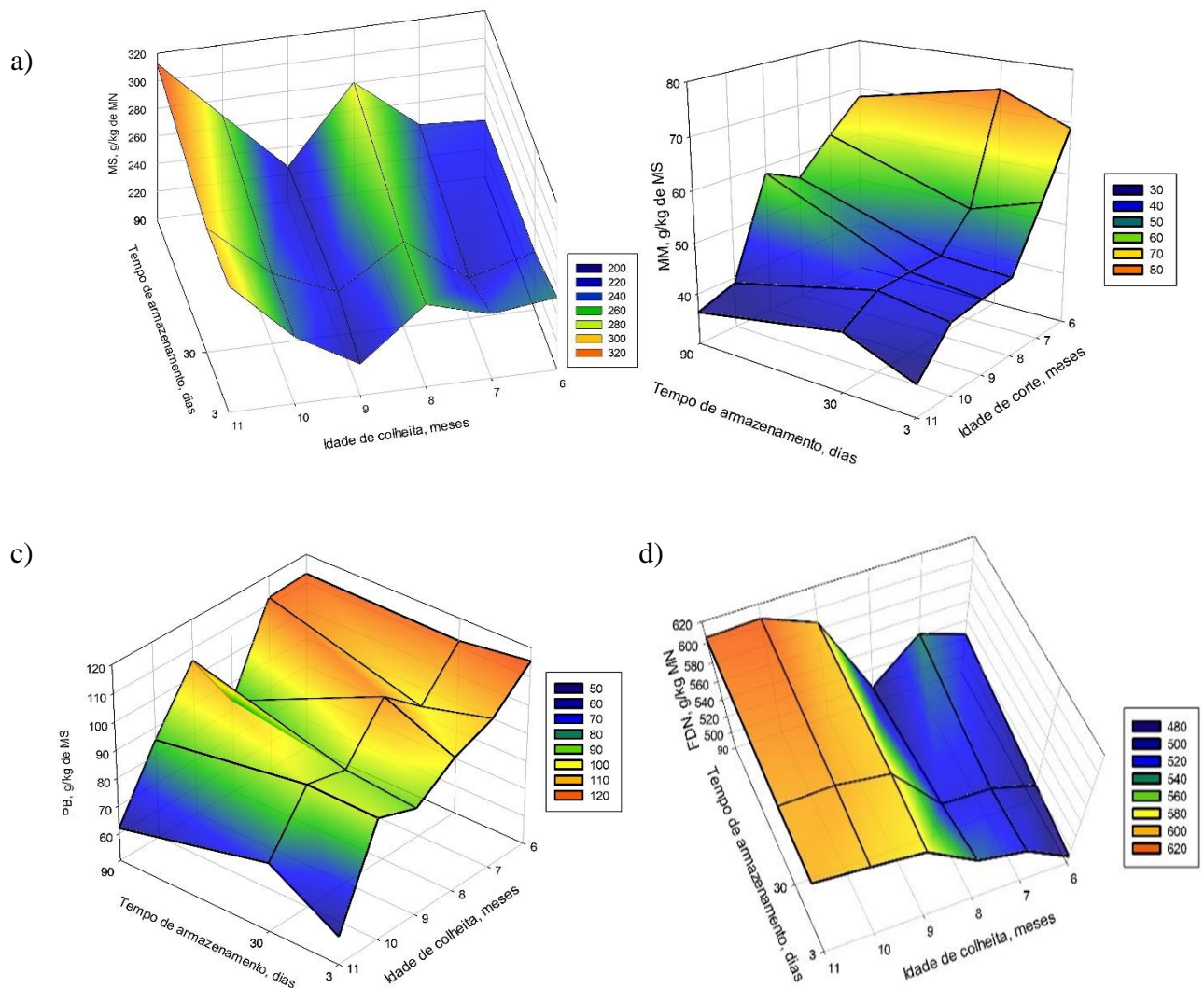
Observaram-se maiores valores de MOF (Figura 2.1c) nas silagens de 30 dias aos 6 e 7 meses, com a diminuição dos valores aos a partir dos 8 meses e posterior aumento nas silagens de 3, 30 e 90 dias a partir dos 10 meses de idade ( $P<0,05$ ).

Quanto à população de LEV (Figura 2.1d), foi possível observar que houve a redução desses microrganismos com o aumento do tempo de armazenamento até os 9 meses, demonstrando maiores valores de LEV nas silagens de 10 e 11 meses ( $P<0,05$ ). Observou-se que a interação IC×TA resultou na redução do pH (Figura 2.1e) nas silagens, proporcionando menores valores de pH aos 9 e 10 meses com 90 dias de armazenamento ( $P<0,05$ ).



**Figura 2.1.** Valores de bactérias ácido lácticas – BAL (a), enterobactérias – ENT (b), mofos - MOF (c), leveduras-LEV (d) e pH (e) nas silagens de parte aérea de mandioca colhida em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

Observou-se ligeiro aumento nos teores de MS (Figura 2.2a), aos 8 meses de idades com posterior queda e a partir de 9 meses, por outro lado, observou-se o aumento de MS com maiores médias aos 90 dias de armazenamento ( $P<0,05$ ). Para a concentração de MM (Figura 2.2b). Houve redução dos valores com o decorrer dos meses apresentando menores valores aos 11 meses de idade nos três tempos de armazenamento ( $P<0,05$ ). Houve redução do valor de PB com o avançar da idade de colheita (Figura 2.2c), registrando-se os menores valores aos 11 meses nos três dias de armazenamento ( $P<0,05$ ). A quantidade de FDN aumentou em função do aumento da idade de colheita nos três tempos de armazenamento (Figura 2.2d), constatando-se maiores valores aos 11 meses ( $P<0,05$ ).



**Figura 2.2.** Valores de matéria seca - MS (a), matéria mineral - MM (b), proteína bruta - PB (c) e fibra em detergente neutro - FDN (d) nas silagens de parte aérea de mandioca colhida em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

Observou-se que houve efeito da interação IC×EA ( $P<0,05$ ) sobre as populações microbianas, mas não houve ( $P>0,05$ ) para o pH e temperatura, com efeito apenas da EA ( $p<0,05$ ; Tabela 2.3).

**Tabela 2.3.** Populações microbianas ( $\log^{10}$  ufc  $g^{-1}$ ), pH e temperatura ( $^{\circ}C$ ) de silagens de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita e da exposição aeróbia aos 90 dias de armazenamento.

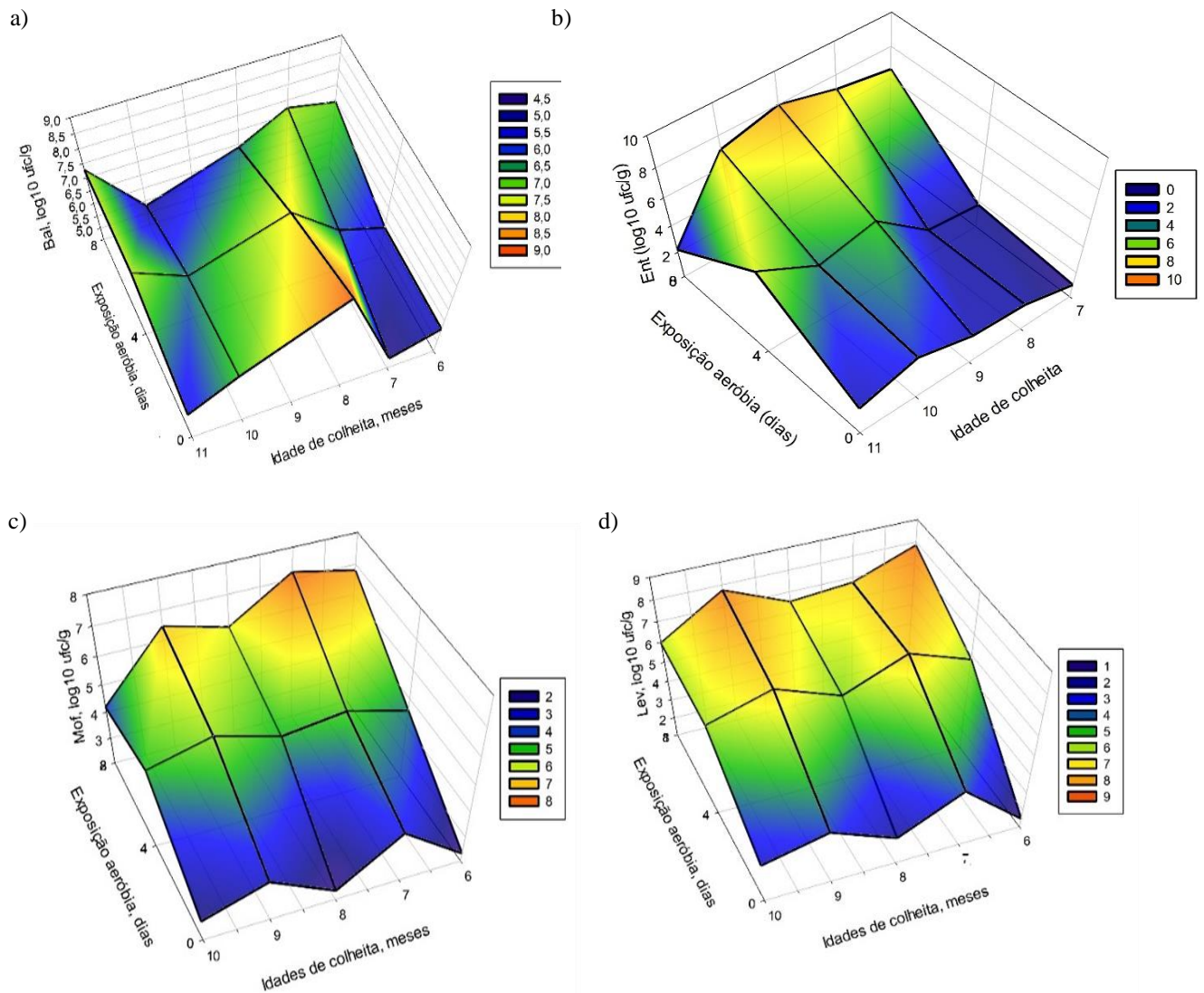
	Idade de colheita, meses					Exposição aeróbia, dias			EPM	P-valor		
	6	7	8	10	11	0	4	8		IC	EA	IC×EA
BAL	6.07	6.16	7.49	6.18	6.79	6.35	6.64	6.62	0.24	<0.01	0.37	<.001
ENT	3.10	3.75	5.13	4.95	5.62	2.22	3.92	7.39	0.26	<.001	<.001	<.001
MOF	4.56	5.43	4.39	5.19	3.98	2.99	5.02	6.12	0.25	<.001	<.001	0.00
LEV	5.03	5.89	4.87	6.12	4.96	3.00	6.15	6.97	0.29	0.00	<.001	0.00
pH	4.19	4.56	5.39	4.57	4.65	3.76 b	4.79 a	5.41 a	0.35	0.09	<.001	0.15
Temp	28.70	30.00	29.97	28.59	29.25	26.42 b	30.07 a	31.41 a	1.05	0.69	<.001	0.76

BAL - bactérias ácido lácticas; ENT - enterobactérias; MOF - mofos; LEV - leveduras; EPM - erro padrão médio. IC - idade de colheita; EA - exposição aeróbia; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

Observaram-se maiores valores de BAL a partir de 8 meses de idade com posterior queda da população com decorrer dos dias de exposição aeróbia (Figura 2.3a). Foi possível verificar o aumento de ENT (Figura 2.3b) com o aumento da exposição aeróbia, obtendo-se maiores valores aos 8 dias de EA em todas as idades de colheita ( $P<0,05$ ).

Para MOF (Figura 2.3c), observou-se aumento da população a partir dos 4 dias de exposição aeróbia para todas as idades de colheita, com maior valor aos 7 meses ( $P<0,05$ ). Observou-se o aumento de LEV (Figura 2.3d) nas silagens no decorrer dos dias de exposição, com maiores valores aos 6 e 9 meses ( $P<0,05$ ).

Não foi observado efeito da IC sobre o pH e temperatura da silagem em exposição, havendo influencia apenas da EA, registrando os menores valores para ambas variáveis aos 0 dias de EA (3,76 e 26,42, respectivamente) ( $P<0,05$ ).



**Figura 2.3.** Contagem de bactérias ácido láticas – BAL (a), enterobactérias – ENT (b), mofos - MOF (c), leveduras- LEV (d) nas silagens de parte aérea de mandioca colhida em função da idade de colheita e da exposição aeróbia.

Houve efeito da IC ( $P < 0,05$ ) sobre a EA, Tmax, Htmax, AMP, PE, exceto PMS. A EA, nas idades de 6, 7, 9, 10 e 11 meses, foi maior do que na idade de 8 meses ( $P < 0,05$ ). As silagens apresentaram maiores Tmax aos 6, 7, 8 e 9 meses de idade e os menores valores nas silagens de 10 e 11 meses ( $P < 0,05$ ). A Htmax em silagens de 7 meses, apresentou o menor valor em comparação com as outras idades ( $P < 0,05$ ). Já a AMP foi menor aos 10 meses de idade ( $P < 0,05$ ). Observaram-se as maiores perdas por efluentes (55,9 e 56,5 kg/ton) aos 9 e 10 meses de idade ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 2.4.** Estabilidade aeróbia de silagens de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita aos 90 dias de armazenamento.

	Idade de colheita, meses						EPM	P-valor
	6	7	8	9	10	11		
EA, dias	5.94 a	3.26 a	2.61 b	4.85 a	7.43 a	3.66 a	1.06	0.04
Tmax, °C	35.62 a	39.6 a	40.69 a	36.92 a	31.22 b	33.80 b	1.57	0.00
Htmax	159.67 a	83.16 b	156.33 a	159.67 a	189.89 a	157.83 a	16.30	0.01
AMP	11.87 a	13.57 a	13.7 a	10.60 a	3.20 b	8.65 a	1.42	0.00
PMS, g/kg	73.95	36.55	35.82	69.72	38.05	62.00	1.31	0.15
PE, kg/t	51.93 b	52.18 b	51.08 b	55.92 a	56.53 a	51.22 b	0.80	0.00

EA - estabilidade aeróbia; Tmax - temperatura máxima; Hmax - hora da temperatura máxima; AMP - amplitude; PMS - perdas de matéria seca; PE - perdas por efluentes; EPM - erro padrão médio. IC - idade de colheita; TA - tempo de armazenamento; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

## Experimento 2

Não se observou efeito da IC sobre a população microbianas e pH ( $P > 0,05$ ), exceto para a população de ENT ( $P < 0,05$ ). Observou-se efeito da IC sobre a composição química das silagens de parte aérea (Tabela 2.5). O teor de MS foi diferente entre as idades, com maior valor aos 6 meses ( $P < 0,05$ ). O teor de MM foi maior na parte aérea de 9 meses ( $P < 0,05$ ). O maior valor de PB foi observado nas silagens com 8 meses de idade ( $P < 0,05$ ). E para FDN, o maior valor foi observado aos 9 meses de idade ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 2.5.** População microbiana, pH e composição química da parte aérea de mandioca em função da idade de colheita.

	Idade de colheita, meses				EPM	P-valor
	6	7	8	9		
BAL	6.19	6.06	6.26	6.43	0.25	0.74
ENT	4.99 b	4.73 b	5.26 a	6.07 a	0.27	0.02
MOF	5.37	4.99	4.71	5.24	0.26	0.16
LEV	5.37	5.40	4.77	5.15	0.47	0.70
pH	5.10	5.20	5.16	5.15	0.04	0.20
MS	268.90 a	252.85 b	236.725 c	252.15 d	0.35	0.00
MM	33.37 c	29.13 d	43.80 b	53.55 a	0.20	0.00
PB	75.13 c	74.88 c	106.53 a	90.43 b	0.22	<0.01
FDN	483.54 c	510.16 b	483.57 c	515.78 a	0.62	0.00

BAL - bactérias ácido lácticas; ENT - enterobactérias; MOF - mofos; LEV - leveduras; MS - matéria seca; MM -matéria mineral; PB - proteína bruta; EPM - erro padrão médio. IC - idade de colheita; TA - tempo de armazenamento; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

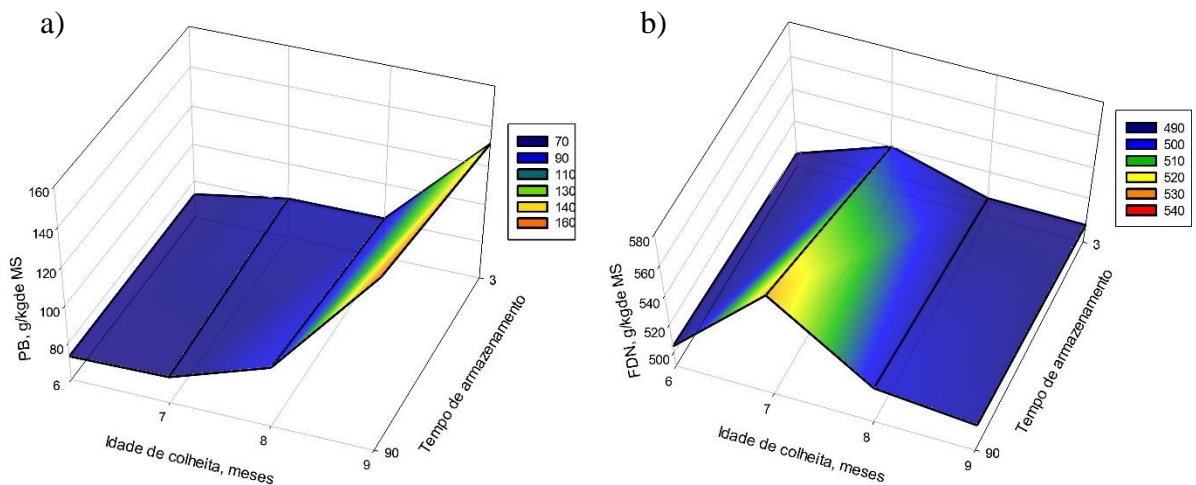
Houve efeito da interação IC×TA somente sobre o teor de PB e FDN da silagem ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2.6), onde houve aumento em seus valores com o avançar da idade, observando-se maiores valores nas silagens com 9 meses de idade (Figura 2.4).

Não foi observado efeito da IC nem do TA sobre as populações de BAL ( $P>0,05$ ). Constatou-se efeito do TA sobre as ENT, MOF e LEV, com menores valores aos 90 dias de armazenamento ( $P<0,05$ ). Houve efeito da TA para o pH, encontrando valores de 3,5 e 3,7 para 3 e 90 dias respectivamente ( $P<0,05$ ). O teor de MS teve efeito da IC e do TA, com maiores valores de MS aos 6 meses e 3 dias de armazenamento ( $P<0,05$ ). Houve efeito da IC sobre MM, no qual observou-se maiores teores 8 e 9 meses de idade (Tabela 2.6).

**Tabela 2.6.** Composição microbiana ( $\log^{10}$  ufc  $g^{-1}$ ), pH e composição química (g/kg de MS) de silagens de parte aérea de mandioca colhida em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

	Idade de colheita, meses				Tempo de armazenamento, dias		EPM	P-valor		
	6	7	8	9	3	90		IC	TA	IC×TA
BAL	7.78	7.52	8.26	8.20	7.88	8.06	0.26	0.08	0.28	0.24
ENT	2.26	2.18	2.25	2.29	2.30 a	2.19 b	0.05	0.21	0.01	0.20
MOF	3.61	4.01	4.22	3.68	4.72 a	3.03 b	0.31	0.07	0.00	0.08
LEV	3.25	3.74	3.66	3.26	3.99 a	2.96 b	0.30	0.10	0.00	0.57
pH	3.61	3.71	3.59	3.71	3.55 b	3.76 a	0.12	0.68	0.02	0.47
MS	292.03 a	280.05 b	235.94 c	224.90 c	264.69 b	281.88 a	0.54	0.00	0.01	0.05
MM	38.61 b	33.08 c	57.08 a	57.18 a	41.18	51.80	0.71	0.01	0.08	0.72
PB	72.85 a	77.73 b	86.72 b	140.89 b	91.76	97.33	0.43	<0.01	0.20	0.19
FDN	501.63	539.83	508.89	505.52	505.76	522.18	0.49	<0.01	0.00	0.02

BAL - bactérias ácido lácticas; ENT - enterobactérias; MOF - mofo; LEV - leveduras; MS - matéria seca; MM -matéria mineral; PB - proteína bruta; EPM - erro padrão médio. IC - idade de colheita; TA - tempo de armazenamento; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.



**Figura 2.4.** Valores de proteína bruta - PB (a) e fibra em detergente neutro (FDN) nas silagens de parte aérea de mandioca colhida em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.



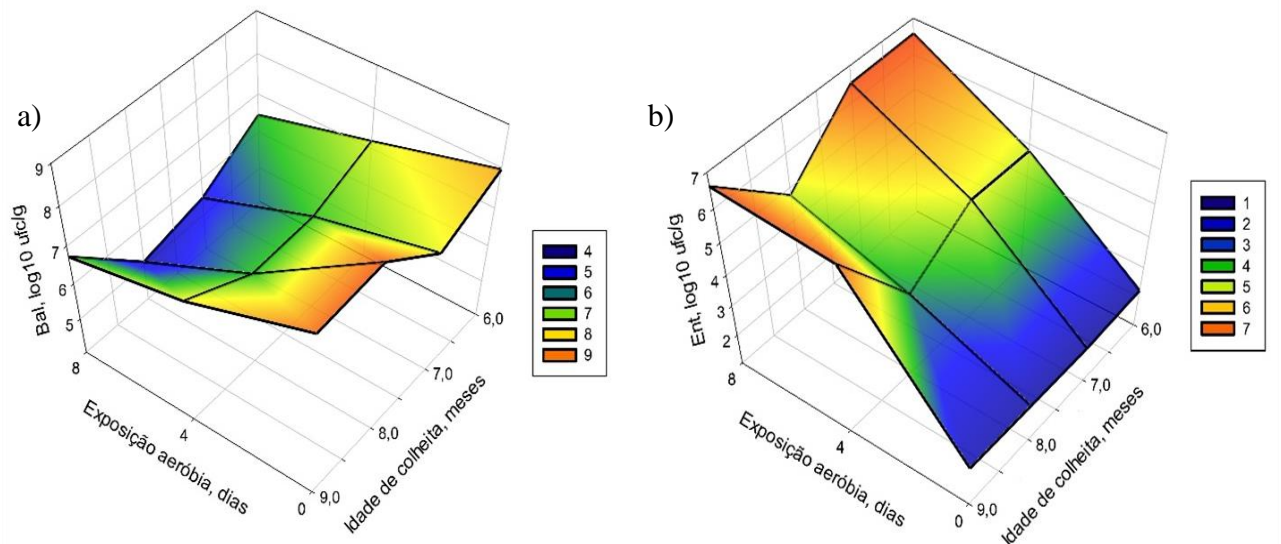
As variáveis analisadas nas silagens de parte aérea em função da idade de colheita e da exposição aeróbia aos 90 dias de armazenamento são mostradas na Tabela 2.7. Houve efeito da interação IC×EA sobre as populações de BAL e ENT ( $P<0,05$ ).

**Tabela 2.7.** Populações microbianas ( $\log^{10}$  ufc  $g^{-1}$ ), pH e temperatura ( $^{\circ}C$ ) de silagens de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita e da exposição aeróbia aos 90 dias de armazenamento.

	Idade de colheita, meses				Exposição aeróbia, dias			EPM	P-valor		
	6	7	8	9	0	4	8		IC	EA	IC×EA
BAL	7.20	6.43	6.71	7.52	8.06	6.90	5.94	0.20	0.00	0.00	0.00
ENT	4.53 b	4.52 b	3.56 c	5.12	2.24	4.94	6.12	0.12	0.00	0.00	0.00
MOF	4.40 a	4.35 a	4.74 a	3.90 b	3.08 c	4.49 b	5.48 a	0.25	0.04	0.00	0.06
LEV	4.41 b	5.28 a	5.03 a	4.56 b	3.24 c	4.76 b	6.45 a	0.24	0.00	0.00	0.13
pH	4.15	3.99	3.77	3.81	3.76	3.83	4.20	0.25	0.38	0.09	0.84
Temperatura	27.96	28.25	28.01	29.08	27.77 b	26.86 b	30.34 a	0.56	0.28	0.00	0.19

BAL - bactérias ácido lácticas; ENT - enterobactérias; MOF - mofos; LEV - leveduras; EPM - erro padrão médio. IC - idade de colheita; EA - exposição aeróbia; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

Foi possível observar que o número de BAL (Figura 2.5a) diminuiu com decorrer dos dias de exposição aeróbia, com maiores valores nas silagens de 7 e 8 meses de idade. Já com a população de ENT, observou-se seu aumento com a elevação dos dias em exposição nas diferentes idades, com maiores valores aos 7 e 9 meses (Figura 2.5b).



**Figura 2.5.** Contagem de bactérias lácticas - BAL (a) e enterobactérias - ENT (b) nas silagens de parte aérea de mandioca colhida em função da idade de colheita e da exposição aeróbia.

A população de MOF teve efeito da IC e da EA, com menor valor aos 9 meses de idade, observando-se seu aumento com decorrer dos dias de exposição, com maior valor aos 8 dias ( $P < 0,05$ ). Também se observou efeito da IC e da EA sobre o número de LEV, com menores valores aos 6 e 9 meses de idade ( $P < 0,05$ ). Para o pH não houve efeito da IC e da EA para esta variável ( $P > 0,05$ ). Já para a temperatura, observou-se somente efeito da EA com maior valor encontrado aos 8 dias de exposição aeróbia ( $P < 0,05$ ).

Em relação às variáveis avaliadas na estabilidade aeróbia das silagens de parte aérea com 90 dias de armazenamento (Tabela 2.8), a IC não influenciou a EA, Tmax, Htmax, AMP ( $P > 0,05$ ). Entretanto, a IC afetou as PMS, com maiores valores aos 7, 8 e 9 meses e maiores PE aos 7 e 9 meses de idade ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 2.8.** Estabilidade aeróbia de silagens de parte aérea de mandioca em função da idade de colheita aos 90 dias de armazenamento.

	Idade de colheita. Meses				P-valor
	6	7	8	9	
EA, dias	6.47	6.42	6.3	5.95	0.88
Tmax, °C	29.47	30.18	29.67	32.70	0.33
Htmax	161.17	149.87	152.29	164.68	0.64
AMP	3.37	4.25	3.66	7.42	0.25
PMS, g/kg	71.13 b	186.00 a	73.60 a	159.81 a	0.00
PE, kg/t	16.04 b	14.163 a	26.74 b	28.62 a	0.00

EA - estabilidade aeróbia; Tmax - temperatura máxima; Hmax - hora da temperatura máxima; AMP - amplitude; PMS - perdas de matéria seca; PE - perdas por efluentes; EPM - erro padrão médio. IC - idade de colheita; TA - tempo de armazenamento; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

## 2.4. Discussão

### Experimento 1

No presente estudo, a variação da população microbiana da parte aérea *in natura* encontrada ao longo dos meses provavelmente se deve à população epifítica da planta assim como às condições ambientais presentes na lavoura, como o manejo do solo e possíveis contaminações que podem ocorrer durante os processos de colheita e transporte até o momento da ensilagem. A dinâmica de desenvolvimento da microbiota epifítica da planta é um fator que influencia diretamente as características do processo fermentativo da silagem, mas também é diretamente influenciada pelas características do material ensilado (SANTOS et al., 2010; PAHLOW et al., 2003).

Dentre os microrganismos epifíticos das plantas, as BAL são fundamentais para fermentação e conservação adequada da massa ensilada. Os valores de BAL encontrados aos 10 e 11 meses foram maiores do que o estabelecido por MUCK (1996), onde o valor mínimo recomendado para que as perdas durante os processos fermentativos sejam as mínimas possíveis é de  $5 \log^{10} \text{ ufc g}^{-1}$ . O pH pode ser influenciado por diversos fatores entre eles a idade da planta, o teor de nitrogênio, sais minerais, ácidos orgânicos, carboidratos solúveis dentre outras características (MACEDO et al., 2017). Os menores valores de pH encontrados aos 10 e 11 meses podem ter sido em virtude do estágio de maturação da planta assim como das condições do solo e da maior atividade de água (RABELO et. al., 2012), visto que estas idades foram colhidas na estação chuvosa.

As variações na concentração de MS da parte aérea da mandioca *in natura* podem ter ocorrido em função de vários fatores entre eles o avanço do estágio vegetativo da planta bem como das modificações morfofisiológicas como por exemplo, a alteração na proporção do caule e diminuição das folhas resultando na diminuição do conteúdo celular e valor nutritivo (ALVES, 2002). Os menores valores de MS encontrados no mês inicial de coleta relacionam-se à idade de colheita, onde ainda há a menor concentração de carboidratos presentes na planta, consequentemente menores valores de MS, pois nessa fase a umidade é mais alta do que nas plantas que são colhidas próximas do final do ciclo de desenvolvimento (TAGLIAPIETRA et al., 2020).

As condições climáticas também podem ter influenciado na variação dessa variável, pois os valores de MS encontrados aos 8 meses podem ter sido dados devido à baixa precipitação pluviométrica nesse período em comparação com os meses seguintes conforme pode-se verificar na Figura 1. Essa explicação é possível, pois verificou-se o aumento da MS com o avanço das idades de colheita depois que houve o aumento na quantidade das chuvas. Os elevados teores de MM encontrados nos primeiros meses de idade podem ter sido associados à adubação realizada no estabelecimento e manutenção da cultura.

Com relação aos teores de PB, a queda dessa variável ao longo das idades de colheita pode ter sido devido a diferentes taxas do metabolismo do nitrogênio nas plantas em crescimento, bem como a alteração na proporção de folhas pelo caule (APEA-BAH et al., 2011). Além disso, os maiores valores de PB observados para as menores idades de colheita podem estar relacionados à proximidade da fertilização com nitrogênio, fosforo e potássio realizada aos 120 dias de cultivo.

O aumento de FDN com o avançar da idade de colheita relaciona-se à maturação da planta, visto que à medida que o estágio de maturação aumenta, ocorre a elevação dos teores de MS e lignina e diminuição da fração proteica (ALVES, 2002).

Quanto às populações microbianas das silagens de parte aérea de mandioca observadas neste estudo, é importante destacar o ligeiro aumento da população de BAL no início do processo fermentativo, aos 3 dias de armazenamento o que proporcionou a rápida redução do pH. É provável que a população epifítica da planta assim como as etapas de corte e a ensilagem disponibilizem substâncias que impulsionam o crescimento das BAL, aumentando sua população antes mesmo de se criar um ambiente em anaerobiose dentro do silo (PAHLOW et al., 2003). Vale ressaltar que possivelmente, a alta população de BAL aos 9 meses de idade pode estar associada a fermentações secundárias de menor intensidade realizadas por BAL heterofermentativas que se desenvolvem em tempos de armazenamento maiores (KUNG et al., 2003).

De acordo com Luis e Ramirez (1988), o crescimento de ENT pode ocorrer até aos 7 dias de fermentação até essa categoria ser substituída pela maior quantidade de BAL e conseqüentemente declínio do pH. No entanto, as ENT podem ser encontradas na silagem até 30 dias após a ensilagem por conseguirem crescer sob condições de anaerobiose e se protegerem sob condições adversas, incluindo sob pH extremamente baixo. Esse fato poderia explicar o aumento dessa categoria aos 90 dias de armazenamento, ocorrendo assim uma fermentação secundária no silo a longo prazo.

A maior presença de mofos e leveduras aos 3 dias de armazenamento se dá em virtude da presença de oxigênio na fase aeróbia do processo de ensilagem, que diminui ao longo do período fermentativo, apresentando as menores populações aos 30 dias de armazenamento com a redução do pH. Os maiores valores de mofos e leveduras encontrados nas silagens de 10 e 11 meses pode ter sido devido à maior carga microbiana presente na planta.

Com relação ao pH das silagens, a redução lenta do pH da silagem de 6 meses possivelmente pode ser devido à menor população epifítica da planta ou por conta da possibilidade da maior quantidade de taninos e saponinas presentes na planta mais nova que podem aumentar a capacidade tampão da planta (NASCIMENTO et al., 2018). Em contrapartida, a diminuição do pH nas silagens a partir dos 7 meses com 3 dias possivelmente se deve à maior quantidade de BAL. Provavelmente, os menores valores de pH verificados nas silagens de parte aérea aos 9 e 10 meses

com 90 dias de armazenamento foram decorrentes das maiores concentrações de carboidratos solúveis nessas idades.

As diferenças encontradas entre os teores de MS nas silagens ocorreram possivelmente por causa do estágio vegetativo da planta bem como das modificações morfofisiológicas que ocorrem com o avanço da idade (ALVES, 2002). A redução dos teores de PB das silagens encontradas no presente é possivelmente associada à proteólise que aconteceu na massa ensilada. O aumento de FDN nas silagens com o avançar da idade, possivelmente é em virtude dos diferentes estágios de crescimento da planta, afetando a qualidade final da silagem (ALVES, 2002). O menor valor de FDN encontrado aos 8 meses com 90 dias de armazenamento pode ter ocorrido devido hidrólise ácida da hemicelulose ocasionada por ácidos orgânicos produzidos durante o maior tempo de armazenamento (AMARAL et al., 2006).

De acordo com Muck (2010), as silagens resultantes de fermentação homolática apresentam grande quantidade de substratos que são propícias ao desenvolvimento de leveduras e em outro momento, de mofos os quais consomem o ácido láctico, além de carboidratos solúveis residuais, e resultam na elevação da temperatura e pH iniciando a deterioração aeróbia das silagens. No presente estudo a idade de colheita não influenciou essas variáveis, tendo somente efeito da exposição aeróbia.

Quanto às populações microbianas durante a exposição aeróbia, as leveduras iniciaram processo de deterioração aeróbia consumindo os substratos presentes nas silagens, principalmente aquelas que consomem o ácido láctico ocasionando o declínio da população de BAL ao longo dos dias de EA propiciando condições para o desenvolvimento dos mofos a partir de 4 dias de EA. Sendo assim, essas atividades provocaram a alteração do pH e temperatura das silagens.

As perdas que ocorrem após a abertura dos silos são decorrentes ao processo de deterioração aeróbia por fungos e leveduras devido à grande quantidade de carboidratos solúveis residuais das silagens. Entretanto, a fermentação acética das BAL heterofermentativa pode minimizar o processo deterioração aumentando a estabilidade aeróbia das silagens (KUNG Jr. & RANJIT, 2001; RANJIT & KUNG Jr. 2000).

A estabilidade aeróbias das silagens entre as idades de colheita foram semelhantes, exceto a da idade de 8 meses. Isso pode ter ocorrido em virtude de uma fermentação acética das silagens ou pela presença do ácido cianídrico que pode ter atividade inibitória sobre os microrganismos deteriorantes. A menor AMP pode ser justificada pela maior estabilidade de silagens observadas.

As PE possuem pequenas diferenças que não tem relação direta com o teor de MS encontrados nem com os tratamentos, não havendo uma explicação biológica para isso.

## **Experimento 2**

A rebrota pode ter proporcionado as mesmas condições para a microbiota epifítica da planta, fornecendo um ambiente onde as populações de BAL, mofos e leveduras fossem menores do que as de ENT (SANTOS et al., 2010; PAHLOW et al., 2003). As populações de ENT presente nas rebrotas mais novas possivelmente se deve ao menor teor de MS presente nas plantas que promoveu maior atividade de água para o maior desenvolvimento de microrganismos indesejáveis.

Os valores mais baixos de pH observados nas plantas se deve provavelmente às condições do solo e da alta atividade de água presente nas plantas mais novas, já que são provenientes de um novo processo de crescimento pós corte (ALVES, 2002; RABELO et. al., 2012; THOMAS, 2016). A variação das concentrações de MS e MM nas silagens pode ter sido em decorrência da translocação de nutrientes para a rebrotação da planta (ALVES, 2002; THOMAS, 2016).

O corte da planta de 6 meses a 50 cm do solo proporcionou uma rebrota com maiores teores de MS, provavelmente por ser considerada a planta mais antiga e possuir componentes mais fibrosos. Os menores valores de PB encontrado nas rebrotas de 6 e 7 meses possivelmente se deu em virtude de as plantas possuírem maior conteúdo fibroso em sua composição e menor conteúdo de PB na planta (ALVES, 2002). Já o seu aumento com o decorrer das idades pode ser devido a remobilização dos carboidratos acumulados nas raízes de reserva para a rebrota da parte aérea da planta, surgindo assim novas plantas (THOMAS, 2016).

Os menores valores de ENT encontrados nas silagens de 90 dias deve ter sido em decorrência da fermentação adequada da massa ensilada, diminuindo o pH o que impossibilita sua propagação no decorrer do processo fermentativo (PAHLOW e al., 2003). A dinâmica da população de mofos e leveduras se dá em virtude do tempo de armazenamento, onde o tempo de armazenamento de 90 dias permitiu menores valores de pH e conseqüente redução desses microrganismos na massa ensilada.

Os maiores teores de MS bem como o aumento da PB das silagens no restante das idades podem ter sido resultado do próprio corte, ocorrendo a rebrota da planta com a remobilização dos carboidratos para a formação da nova planta. Dessa forma, o ciclo da planta reinicia-se com a

translocação do conteúdo das raízes de reserva para a o crescimento da parte aérea (ALVES, 2006; THOMAS, 2016)

Quanto às populações microbianas durante à EA, o aumento das ENT deve ter sido devido ao desenvolvimento dos mofos e leveduras por conta da presença de oxigênio na EA, ocasionando a redução da população de BAL e aumento do pH ao longo dos dias de EA. A população de leveduras nas silagens de 9 meses deve ter aumentado devido ao baixo teor de MS. Com o decorrer dos dias de EA, a temperatura foi maior aos 8 dias de EA devido às alterações que ocorrem entre a dinâmica da população de microrganismos.

Na estabilidade aeróbica, as variáveis não foram influenciadas pelas idades de colheita, porém as diferenças entre as PMS e PE indicam que a planta mais velha com maiores teores de MS resultou em maiores perdas de nutrientes.

## **2.5. Conclusão**

A idade de colheita e o tempo de armazenamento influenciam a qualidade fermentativa das silagens de parte aérea da mandioca. Pode-se realizar ensilagem da parte aérea de mandioca a partir dos 6 meses de idade, sem a perda da qualidade fermentativa. Entretanto, silagens de parte aérea de mandioca colhidas com 10 e 11 meses após o plantio, apresentaram declínio mais rápido do pH nos primeiros 30 dias de armazenamento resultando em silagens com adequado perfil fermentativo e maior estabilidade aeróbia. Já para as silagens do corte de 6 meses da rebrota, os padrões descritos para a primeira colheita se mantêm os mesmos.

## REFERÊNCIAS

- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – **Official methods of analysis**. 16 ed., Washington D.C., 1094 p, 1990.
- ALVES, A. A. C. Cassava botany and physiology. **Cassava: biology, production and utilization**, v. 1, p. 67-89, 2002.
- AMARAL, R. C. et al. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p. 532-539, 2007.
- APEA-BAH, et al. Factor analysis and age at harvest effect on quality of flour from four cassava varieties. **World Journal of Dairy and Food Sciences**, 6 (1): 43-54, 2011.
- AZEVEDO, E.B. et al. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. *Ciência Rural* 36:1902-1908. 2006.
- BIZZUTI, B. E. et al. Potential use of cassava by-product as ruminant feed. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 1, p. 1-7, 2021.
- CHERNEY, J. H.; CHERNEY, D. J. R. Assessing Silage Quality. In: Buxton et al. **Silage 385 Science and Technology**. Madison, Wisconsin, USA. p.141-198, 2003.
- EDET, M. A. et al. Relationship of cassava growth parameters with yield, yield related components and harvest time in Ibadan, Southwestern Nigeria. **J. Nat. Sci. Res**, v. 5, p. 87-93, 2015.
- FERREIRA A.L. et al. Produção e valor nutritivo da parte aérea da mandioca, maniçoba e pornunça. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal** 10, 129-36, 2009.
- 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.
- HUE, K. T et al. Effect of harvesting frequency, variety and leaf maturity on nutrient composition, hydrogen cyanide content and cassava foliage yield. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, Seoul, v. 25, n. 12, p. 1691-1700, 2012.
- JONSSON, A. Growth of *Clostridium tyrobutyricum* during fermentation and aerobic deterioration of grass silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 54, n. 4, p. 557-568, 1991.
- JOBIM, C. C. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101-119, 2007.
- KUNG JR., L. et al. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.2, p.299-306, 1984.



- KUNG JR, L.; RANJIT, N. K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 5, p. 1149-1155, 2001.
- KJELDAHL, J. The Kjeldahl determine of nitrogen: retrospect and prospect. **Trends in analytical Chemistry**, v. 13, n. 4, p. 138, 1983.
- KOSUGI, A. et al. Production of ethanol from cassava pulp via fermentation with a surface-engineered yeast strain displaying glucoamylase. **Renewable Energy**, v. 34, n. 5, p. 1354-1358, 2009.
- LI, M. et al. Silage fermentation, chemical composition and ruminal degradation of king grass, cassava foliage and their mixture. **Grassland Science**, 1–6, 2018.
- LUIS, L.; RAMIREZ, M. Evolución de la flora microbiana en ensilaje de king grass. **Pastos y Forrajes**, v.11, p.249-253, 1988.
- MACÊDO, A. J. et al. Microbiologia de silagens: Revisão de Literatura. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 18, n. 9, p. 1-11, 2017.
- MENDONÇA, H. A. et al. Avaliação de genótipos de mandioca em diferentes idades de colheita no Estado do Acre. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, n. 6, p. 761-769, 2003.
- MOTA, A. D. S. et al. Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1466-1473, 2011.
- MOURA, G. de M. Avaliação de cultivares de mandioca em diferentes idades de colheita, no Estado do Acre. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz da Almas, v. 17, n. 1/2, p. 13-23, set. 1998
- MUCK, R. Inoculant of silage and its effects on silage quality. In: Informational conference with dairy and forage industries. **Proceedings...US Dairy**. 1996.
- MULUALEM, T; AYENEW, B. Cassava (*Mannihot esculenta* Cranz) varieties and harvesting stages influenced yield and yield related components. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 2, n. 10, p. 122-8, 2012.
- NAPASIRTH, V. et al. Microbial population, chemical composition and silage fermentation of cassava residues. **Animal Science Journal**, 86(9), 842–848., 2015.
- NASCIMENTO, T. V. C. et al. Condensed tannin-amended cassava silage: fermentation characteristics, degradation kinetics and in-vitro gas production with rumen liquor. **The Journal of Agricultural Science**, v. 156, n. 1, p. 83-91, 2018.
- PACHECO, N.A.; BASTOS, T.X. **Boletim agrometeorológico de 2008 para Igarapé-Açu, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 33p, 2011.

PACHECO, N.A.; BASTOS, T.X. **Características agroclimáticas de Igarapé-Açu, PA e suas implicações para as culturas anuais: feijão caupi, milho, arroz e mandioca.** Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 30 p.1999.

PAHLOW, G. et al. 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.

RABELO, C. H. S., et al. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com bactérias ácido-láticas em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 13, 656-668. 2012.

SAS/STAT 9.4 User's Guide. SAS Institute Inc, Cary, NC. 2014.

SANTOS, M.V.F. et al. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v. 59, p. 25-43, 2010.

SILVA, L. D. et al. Fermentative profile of maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 62, 2019.

SOUZA, L. da S. et al. Recomendação de calagem e adubação para o cultivo da mandioca. **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Comunicado técnico 133**, Cruz das almas, BA, 2009.

SUDARMAN, A. et al. The use of cassava leaf silage as a substitute for concentrate feed in sheep. **Tropical animal health and production**, v. 48, n. 7, p. 1509-1512, 2016.

SYSTAT SOFTWARE. SigmaPlot for Windows Version 12.0. **San Jose: Systat Software Inc.**, 2011.

TAGLIAPIETRA, B. L. et al. Teores de proteína em silagem de mandioca elaboradas a partir de cultivares de mesa e forragem. **Revista Agroecossistemas**, v. 11, n. 2, p. 181-194, 2020.

TAYLOR, C. C. et al. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 7, p. 1793-1800, 2002.

THOMAS, A. L. Desenvolvimento das plantas de batata, mandioca, fumo e cana de açúcar [recurso eletrônico] Porto Alegre. UFRGS, 76 p., 2016.

### CAPÍTULO 3 - QUALIDADE FERMENTATIVA DE SILAGEM DE RAIZ DE MANDIOCA EM FUNÇÃO DE IDADES DE COLHEITA E TEMPOS DE ARMAZENAMENTO

#### RESUMO

A raiz de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) apresenta um alto potencial como alimento energético tornando-se uma alternativa de baixo custo em substituição aos alimentos convencionais como o milho e outros cereais fornecidos à dieta de ruminantes. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da idade de colheita sobre as características fermentativas, populações microbianas e composição química da silagem de raiz de mandioca. O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizado arranjado em esquema fatorial  $4 \times 3$ , sendo quatro idades de colheita de raiz de mandioca (7, 9, 10 e 11 meses) e três períodos de armazenamento da silagem (3, 30 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições. Avaliaram-se as o perfil fermentativo, as populações microbianas, a composição química e estabilidade aeróbia das silagens. Todos os dados foram analisados por intermédio do procedimento MIXED do SAS, versão 9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por meio do teste de Tukey-Kramer ( $\alpha = 0,05$ ). Os gráficos das interações significativas foram processados pelo software SigmaPlot 20®. Houve efeito da IC sobre populações microbianas, pH e composição química da raiz ( $P < 0,05$ ), exceto para a população de ENT ( $P > 0,05$ ). Houve efeito da interação IC $\times$ TA ( $P < 0,05$ ) sobre o pH, composição química e populações microbianas das silagens raiz de mandioca. A idade de colheita da raiz de mandioca e o tempo de armazenamento influenciam a qualidade fermentativa das silagens de raiz de mandioca. Dessa forma, recomenda-se ensilar raízes com maiores idades de colheita, a partir de 8 meses de idade pois apresentam uma queda de pH mais rápida mantendo-se estáveis ao longo de 90 dias de armazenamento.

**Palavras-chave:** Alimentos alternativos; Ensilagem; Estabilidade aeróbia; *Manihot esculenta*.

## ABSTRACT

Cassava root (*Manihot esculenta* Crantz) has a high potential as an energy food, becoming a low-cost alternative to conventional foods such as corn and other cereals supplied to ruminant diets. Thus, the aim was to evaluate the effect of harvest age on fermentative characteristics, microbial populations and chemical composition of cassava root silage. The experiment was carried out in a randomized block design arranged in a  $4 \times 3$  factorial scheme, with four cassava root harvest (7, 9, 10 and 11 months) and three silage storage periods (3, 30 and 90 days after ensiling), with four replications. The fermentation profile, microbial populations, chemical composition and aerobic stability of silages were evaluated. All data were analyzed using the SAS MIXED procedure, version 9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC). The results were submitted to analysis of variance and the means were compared using the Tukey-Kramer test ( $\alpha = 0.05$ ). Graphs of significant interactions were processed by SigmaPlot 20® software. There was an effect of CI on microbial populations, pH and root chemical composition ( $P < 0.05$ ), except for the ENT population ( $P > 0.05$ ). There was an effect of the IC $\times$ TA interaction ( $P < 0.05$ ) on the pH, chemical composition and microbial populations of cassava root silages. The harvest age of cassava root and storage time influences the fermentation quality of cassava root silages. Thus, it is recommended to ensile roots with older harvesting ages, from 8 months of age, as they present a faster pH drop, remaining stable over 90 days of storage.

**Keywords:** Aerobic stability; Alternative foods; *Manihot esculenta*; Silage.

### 3.1. Introdução

A raiz de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) apresenta um alto potencial como alimento energético tornando-se uma alternativa de baixo custo em substituição aos alimentos convencionais como o milho e outros cereais fornecidos à dieta de ruminantes. Essa cultura demanda menores quantidade de insumos, tornando sua produção menos onerosa, contribuindo para a intensificação mais sustentável dos sistemas pecuários (OLIVEIRA et al., 2016; SANTOS et al., 2020).

Segundo Fernandes et al. (2016), a raiz destaca-se como fonte de energia devido ao conteúdo de amido (20 a 40%) e carboidratos solúveis presentes (6 a 8% da MS). Por essas características vem sendo utilizada na alimentação de ruminantes em sua forma fresca, desidratada ou ensilada (FLUCK et al., 2017). A inclusão da raiz de mandioca na ensilagem de plantas forrageiras melhora o padrão fermentativo das silagens e o seu valor energético.

Estudos com a utilização de silagem de raiz de mandioca em dietas de suínos demonstraram que a raiz de mandioca é uma opção viável na alimentação animal, pois suas silagens apresentam altos teores de MS que influenciam no consumo e desempenho desses animais (LOC et al., 1997; LIU & ZHUANG, 2001). Silva et al. (2008) obtiveram um valor de pH igual a 3,9 na silagem de raiz de mandioca, indicando um padrão de fermentação com valor dentro da faixa adequada (3,5 a 4,2) de uma silagem de qualidade (McDONALD et al. 1991).

Entretanto, o uso da silagem de raiz de mandioca ainda é pouco explorado na dieta de ruminantes (VIEIRA et al., 2017), gerando o interesse em realizar mais trabalhos para demonstrar sua potencialidade, entendendo sua composição química, seu padrão de fermentação bem como a estabilidade aeróbia de suas silagens. Além disso, da mesma forma que a variedade, o manejo e a idade de colheita influenciam na composição química da planta conforme resultados encontrados por diversos autores (EDET et al., 2015; MOREIRA et al., 2017; MULUALEM & AYENEW, 2012), estes fatores também podem influenciar nos padrões de fermentação podendo alterar a qualidade final da silagem da raiz.

Entretanto, estudos com a finalidade de demonstrar os efeitos de diferentes idades de colheita da raiz sobre a qualidade das raízes para a produção de silagens ainda são escassos. Dessa forma, é interessante fomentar pesquisas que visem verificar as possíveis influências da idade de colheita no valor nutritivo e qualidade final das silagens de raiz de mandioca.

Sendo assim, a hipótese do presente estudo é que a idade de colheita da raiz de mandioca para a produção de silagens pode se tornar uma alternativa para elevar ainda mais a produção,

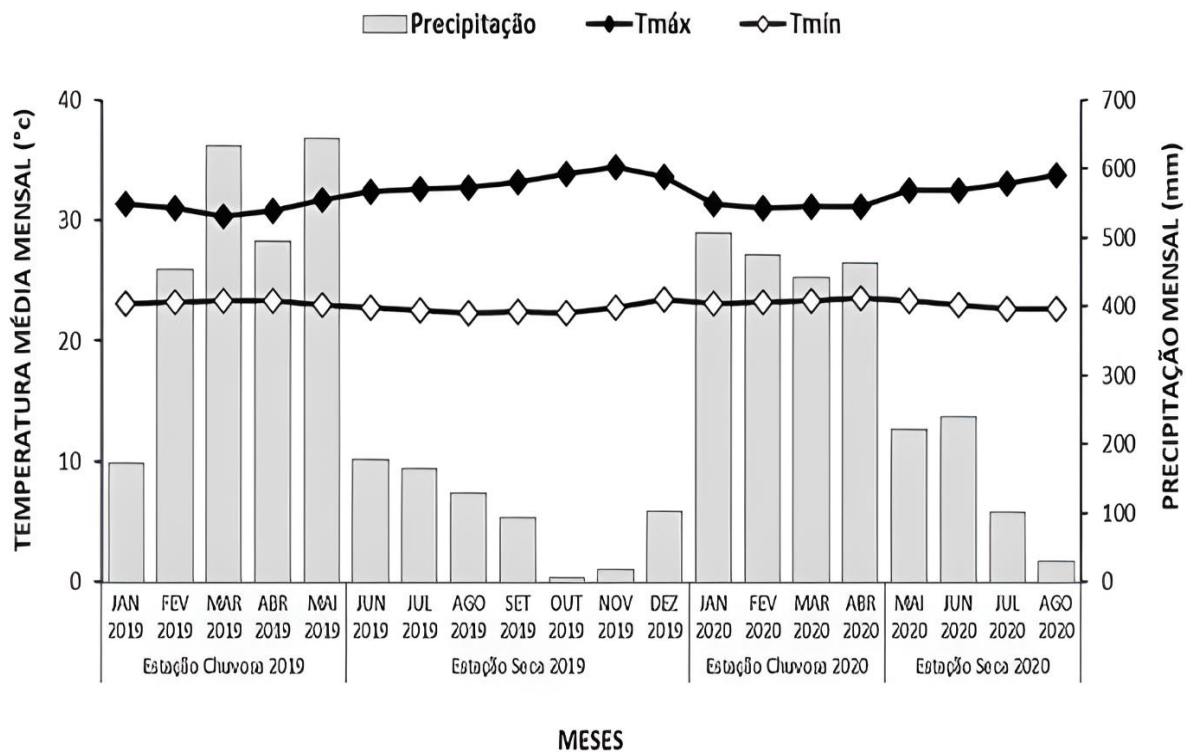
criando-se talvez um novo nicho de mercado com um produto de elevada fonte de energia para ruminantes. Além disso, o tempo de armazenamento da silagem pode acarretar alterações que podem interferir nas características fermentativas e valor nutritivo da silagem. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da idade de colheita sobre as características fermentativas, populações microbianas e composição química da silagem de raiz de mandioca.

### 3.2. Material e métodos

#### 3.2.1. Local

A lavoura de mandioca foi implantada na Fazenda Escola de Igarapé-Açu (FEIGA) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), localizada no município de Igarapé-Açu, Pará, 01°07'21" S e 47°36'27" W. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo climático 'Ami', caracterizado por clima chuvoso, apresentando pequena estação seca (PACHECO & BASTOS, 1999).

**Figura 1.** Dados climáticos do município de Igarapé Açu, Pará, Brasil.



Durante o período experimental, a região de Igarapé Açu apresentou temperatura mínima variando de 30,8 a 34,4°C, a temperatura máxima de 22,3 a 23,5°C, radiação solar total de 2174 W.m<sup>-2</sup> tendo uma média de 167,2 W.m<sup>-2</sup>, com precipitação total de 3248mm (Figura 1).

O regime de chuvas não está distribuído de forma homogênea, possuindo maiores precipitações entre os meses de março e abril e os menos elevados, entre setembro e outubro apresentando variações em suas médias anuais de pluviosidade entre 2.302,5 mm e 2.857,4 mm (PACHECO & BASTOS, 2011).

### 3.2.2. Delineamento experimental, cultivo e ensilagem

O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizado arranjado em esquema fatorial 4 × 3, sendo quatro idades de colheita de raiz de mandioca (7, 9, 10 e 11 meses) e três períodos de armazenamento da silagem (3, 30 e 90 dias após a ensilagem), com quatro repetições. As silagens foram confeccionadas em mini silos experimentais denominados *bags* com o uso de sacos para embalagem a vácuo medindo 25 × 30 cm (Cetro, São Paulo, Brasil).

A cultura foi implantada conforme as recomendações técnicas de adubação e calagem, com 1 ton ha<sup>-1</sup> de calcário para a correção da acidez do solo, uma adubação fosfatada e potássica de 60 e 40kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O respectivamente na implantação (SOUZA, et al. 2009) e com 90kg de N ha<sup>-1</sup> na cobertura parcelado durante quatro meses (aos 2, 3, 4 e 5 meses após a emergência). O preparo do solo foi realizado com a aração e gradagem, em seguida, os sulcos foram abertos manualmente. Para o plantio, foram utilizadas manivas sementes da variedade Manivão obtidas de plantas sadias de uma propriedade rural localizada no município de Tracuateua, PA que foram plantadas sete dias após a coleta.

A lavoura foi dividida em quatro blocos, com 24 parcelas. Cada bloco representou uma repetição por tratamento. As parcelas foram compostas de 49 plantas distribuídas em sete linhas de plantio. O plantio foi realizado com espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,9 m entre plantas, colocando-se as manivas na posição diagonal, permanecendo duas gemas acima da superfície do solo. Foram realizados os tratos culturais necessários para o pleno desenvolvimento das plantas até os 180 dias após o plantio (DAP).

Aos sete meses após o plantio, realizou-se a coleta da raiz de mandioca. O material colhido foi triturado, homogeneizado e procedeu-se à ensilagem nos silos *bags*. Antes da ensilagem, foram coletadas amostras dos materiais e armazenados em *freezer* para análise da composição química

para posterior caracterização da planta. Para a ensilagem dos silos *bags*, foram coletados 500 g de massa de forragem e o material foi ensilado sendo embalado à vácuo utilizando-se a Seladora Comercial Automática (Cetro, São Paulo, Brasil). No momento da abertura dos *bags* foram retiradas amostras para a avaliação do perfil fermentativo, das populações microbianas e determinação da composição química.

### 3.2.3. Avaliações e variáveis

#### 3.2.3.1. Populações microbianas e perfil fermentativo

Foram realizadas as análises de quantificação das populações microbianas e medição de pH nas amostras de raízes *in natura* e após a ensilagem, foi utilizando três meios de cultura seletivos para os grupos microbianos analisados.

Para quantificação de bactérias ácido lácticas (BAL) foi utilizado o Agar MRS (Kasvi) adicionado de nistatina para o controle de microrganismos indesejáveis (CMI) após a esterilização, com incubação a  $36^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 72 horas em estufa B.O.D. e para a quantificação de enterobactérias (ENT) foi utilizado o meio de cultura Violet Red Bile Lactose Agar (Kasvi) com adição de nistatina (CMI) com incubação a  $36^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas conforme metodologia descrita por Jonsson (1991). Já para a contagem de mofos (MOF) e levedura (LEV) utilizou-se o Agar Batata Dextrose (Kasvi), acrescido de ácido tartárico (CMI) após a esterilização com incubação à  $26^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$  por 2 a 5 dias segundo Silva et al., 2019.

A enumeração dos grupos microbianos foi realizada a partir de 25 g de uma amostra composta de cada mini silo, homogeneizadas com 225 mL de água peptonada a 0,1 % (Kasvi), obtendo-se a diluição de  $10^{-1}$ . Em seguida, foram realizadas diluições sucessivas objetivando-se obter diluições variando de  $10^{-1}$  a  $10^{-7}$  com o cultivo realizado em placas de Petri estéreis. Foram consideradas passíveis de contagem as placas com valores entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias (UFC). O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro, utilizando o extrato aquoso com 25 g de amostra em 225 mL de água peptonada a 0,1% adaptado de Khang Jr, 1984.

#### 3.2.3.2. Composição química

Em todas as amostras, as análises foram realizadas de acordo com a AOAC (1990) para determinação do teor de matéria seca (MS) pelo método 934,01 e matéria mineral (MM) pelo método 923,03. A determinação de proteína bruta (PB) foi realizada pelo método de Kjeldahl



(1983) e a fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) foi determinada por método gravimétrico utilizando  $\alpha$ -amilase estável ao calor sem uso de sulfito de sódio (método 2002.04; AOAC, 1990).

#### 3.2.4. Análise estatística

Todos os dados foram analisados por intermédio do procedimento MIXED do SAS, versão 9.4 (SAS Inst. Inc., Cary, NC).

Os dados para populações microbianas, pH e composição química da raiz foram analisados segundo um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, no qual as idades de colheita (7, 9, 10 e 11 meses) foram consideradas fixos, e o bloco e o erro, aleatório.

Para avaliação das populações microbianas, pH e composição química das silagens de raiz, os dados foram analisados segundo um delineamento em blocos casualizados com quatro repetições, com quatro idades de colheita (7, 9, 10 e 11 meses) e três tempos de armazenamento (3, 30 e 90; sendo repetidos dentro de cada unidade experimental, caracterizando um esquema de medidas repetidas no tempo). A idade de colheita, o tempo e armazenamento e a interação entre esses fatores foram considerados efeitos fixos e o bloco e o erro, aleatórios.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas por meio do teste de Tukey-Kramer ( $\alpha = 0,05$ ). Os gráficos das interações significativas foram processados pelo software SigmaPlot 12.0® (Systat Software Inc.).

### 3.3. Resultados

Houve efeito da IC sobre populações microbianas, pH e composição química da raiz ( $P < 0,05$ ), exceto para a população de ENT ( $P > 0,05$ ). Para a população de BAL, foram encontrados maiores valores aos 10 e 11 meses. Quanto à população de MOF e LEV, registraram-se os menores valores na idade de 9 meses. Aos 10 e 11 meses foram registrados os menores valores de pH. Já com relação ao teor de MS, observaram-se os menores valores aos 7 e 11 meses. Para PB e FDN, foram observados seus maiores aos 11 meses de idade ( $P < 0,05$ ; Tabela 3.1).

**Tabela 3.1.** Composição microbiana ( $\log^{10}$  ufc  $g^{-1}$ ), pH e composição química (g/kg MS) da raiz de mandioca em função da idade de colheita.

	Idade de colheita, meses				EPM	P-valor
	7	9	10	11		
BAL	4.55 b	5.32 b	5.93 a	6.57 a	0.32	0.01
ENT	5.86	5.99	6.13	5.92	0.30	0.81
MOF	4.34 a	2.73 b	3.92 a	4.06 a	0.29	0.01
LEV	3.04 b	2.59 c	3.37 b	4.25 a	0.20	0.00
pH	6.64 a	6.59 a	5.26 b	5.04 b	0.10	<.001
MS	366.80 b	378.00 a	390.60 a	349.60 b	0.82	0.00
MM	34.60 c	30.40 c	55.10 b	67.70 a	0.24	<.001
PB	10.00 b	10.33 b	10.56 b	24.80 a	0.04	<.001
FDN	102.40 d	120.20 c	139.20 b	151.60 a	0.30	<.001

BAL - bactérias ácido lácticas; ENT - enterobactérias; MOF - mofos; LEV - leveduras; MS - matéria seca; MM -matéria mineral; PB - proteína bruta; FDN - fibra em detergente neutro; EPM - erro padrão médio.; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

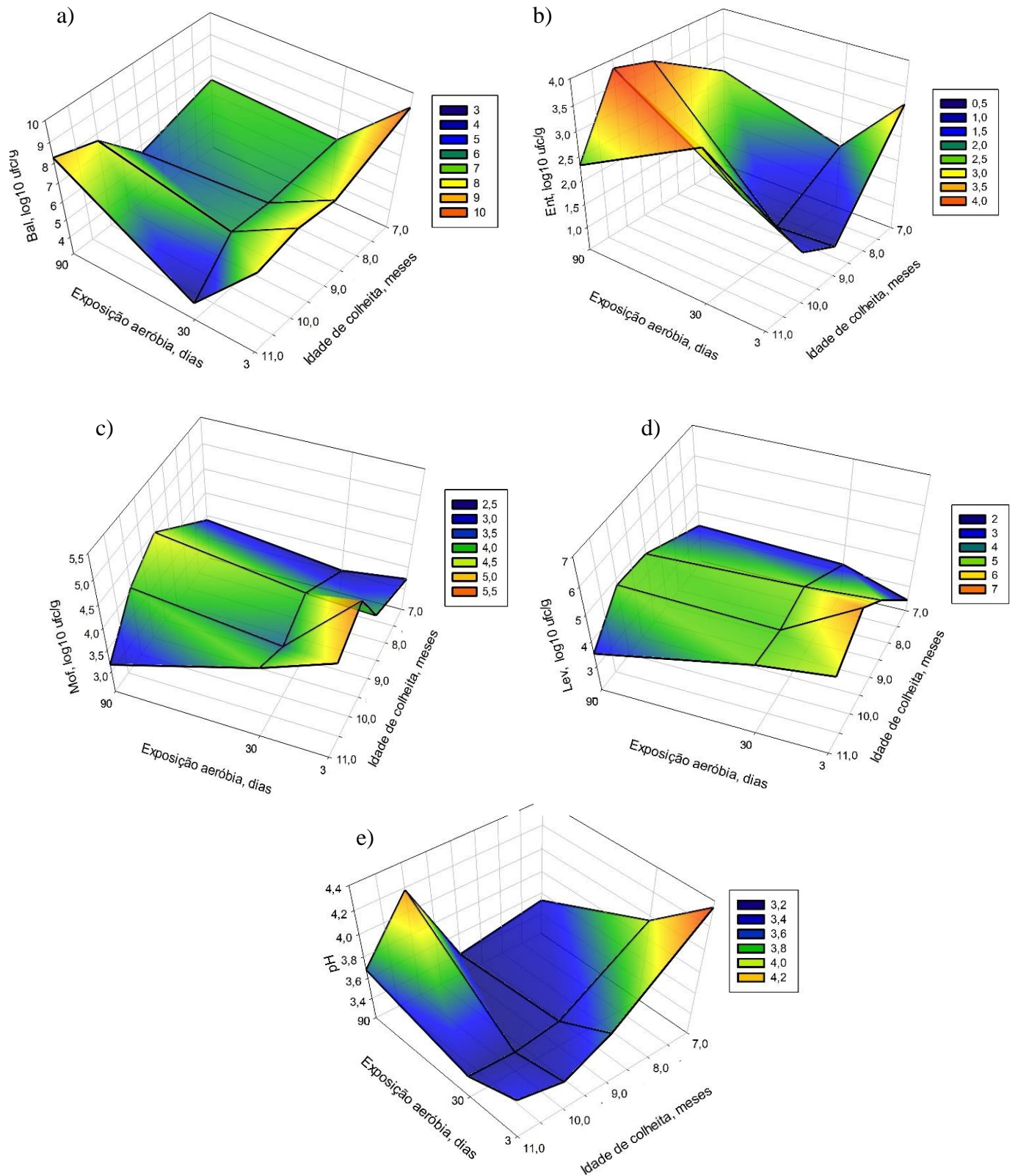
Houve efeito da interação IC×TA ( $P<0,05$ ) sobre o pH, composição química e populações microbianas das silagens raiz de mandioca (Tabela 3.2). Os padrões de contagens de BAL, ENT, MOF, LEV e pH em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento são mostrados na Figura 3.1.

**Tabela 3.2.** Populações microbianas ( $\log^{10}$  ufc  $g^{-1}$ ), pH e composição química (g/kg MS) de silagens de raiz de mandioca colhida em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

	Idade de colheita, meses				Tempo de armazenamento, dias			EPM	P-valor		
	7	9	10	11	3	30	90		IC	TA	IC×TA
BAL	7.51 d	6.51 c	7.32 d	6.64 a	8.21 b	5.70 b	7.06 c	0.23	<.001	<.001	<.001
ENT	2.59	1.94	2.54	2.91	2.17 b	2.20 b	3.11 a	0.38	0.08	0.01	0.00
MOF	3.22 b	4.18 a	4.29 a	4.00 a	4.26 a	3.74 b	3.78 a	0.25	0.00	0.03	0.01
LEV	3.05 b	4.88 a	5.19 a	4.49 a	4.70 a	4.40 a	4.11 b	0.28	<.001	0.04	0.00
pH	3.95 a	3.52 c	3.69 b	3.56 b	3.78 a	3.56 c	3.70 a	0.04	<.001	0.00	<.001
MS	371.00	361.40	366.50	367.10	362.40	377.88	359.87	0.71	0.67	0.05	<.001
MM	28.53 a	51.48 c	67.91 b	66.54 b	52.08	53.22	55.54	0.28	<.001	0.31	0.00
PB	41.60 a	41.08 a	44.16 a	27.93 b	40.63	38.20	37.24	0.28	0.00	0.60	0.02
FDN	106.53 d	131.50 c	143.36 b	151.06 a	133.48	131.60	134.25	0.19	<.001	0.27	0.01

BAL - bactérias ácido lácticas; ENT - enterobactérias; MOF - mofos; LEV - leveduras; MS - matéria seca; MM -matéria mineral; PB - proteína bruta; FDN - fibra em detergente neutro; EPM - erro padrão médio; IC - idade de colheita; TA - tempo de armazenamento; ND - Não determinado. Médias nas colunas seguidas das mesmas letras não diferem entre si a 5% pelo teste de Tukey.

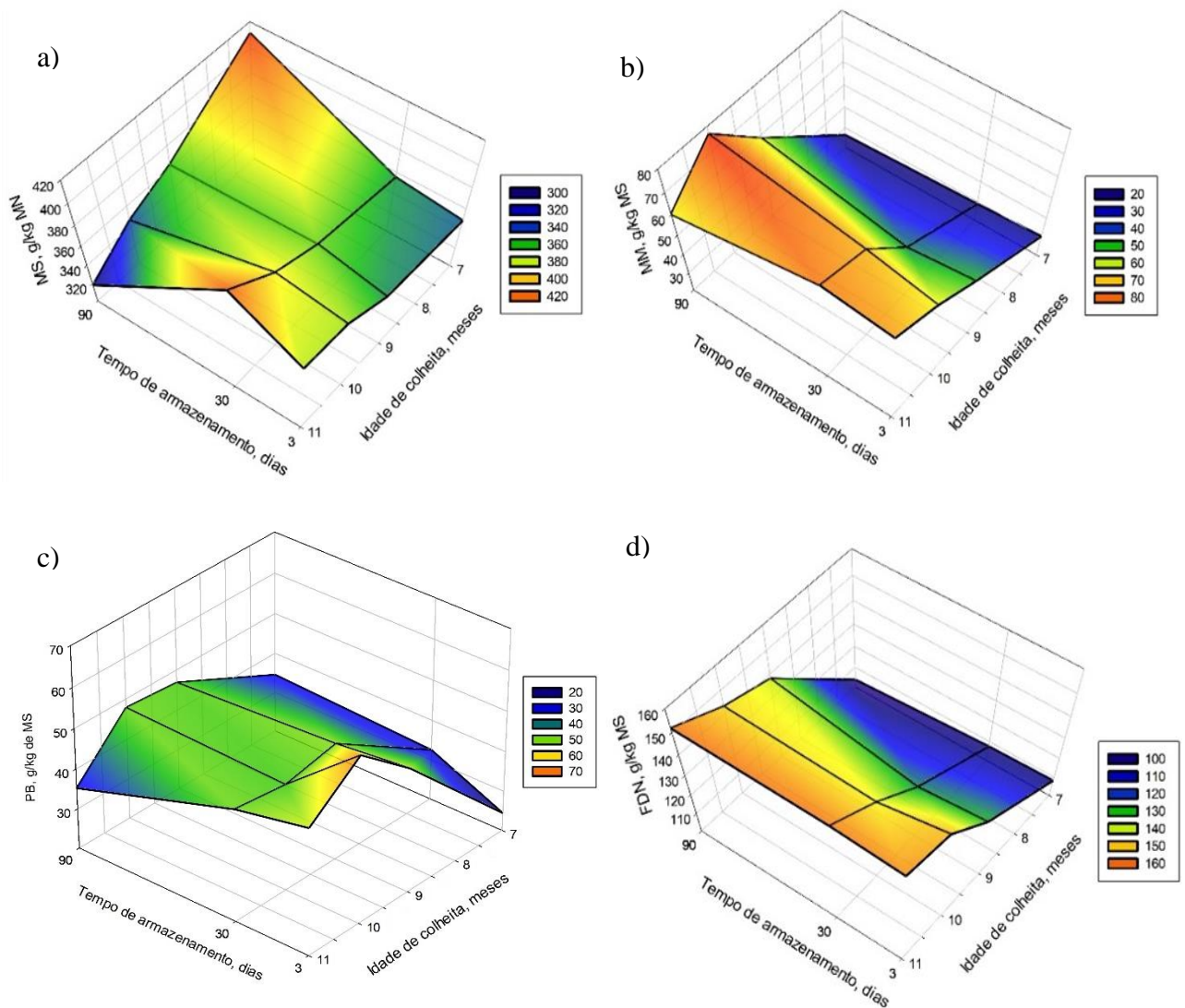
Para a população de BAL (Figura 3.1a) nas silagens de raiz, observaram-se maiores valores aos três dias de armazenamento, com ligeira queda aos 30 dias de armazenamento com menor valor aos 11 meses e posterior aumento com 90 dias de armazenamento aos 10 e 11 meses de idade ( $P<0,05$ ).



**Figura 3.1.** Contagem de bactérias lácticas - BAL (a), enterobactérias - ENT (b), mofo - MOF (c), leveduras - LEV (d) e pH (e) nas silagens de raiz de mandioca colhida em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

Com relação à população de ENT (Figura 3.1b), observou-se menores valores nas silagens de 7 a 10 meses aos 30 dias de armazenamento com posterior aumento em sua população nas silagens de 90 dias, notando-se maiores valores de ENT nas silagens de 11 meses ( $P<0,05$ ).

Observou-se aumento da população de MOF com o decorrer da idade de colheita (Figura 3.1c), registrando-se os maiores valores nas silagens de 3 dias aos 11 meses ( $P<0,05$ ). Quanto à população de LEV (Figura 3.1d), observou-se o aumento da população em função da idade de colheita, com maiores valores encontrados nas silagens de 3 dias aos 9 meses, com posterior declínio nas silagens de 90 dias aos 11 meses de idade ( $P<0,05$ ).



**Figura 3.2.** Valores de matéria seca - MS (a), matéria mineral - MM (b), proteína bruta - PB (c) e fibra em detergente neutro - FDN (d) nas silagens de raiz de mandioca colhida em função da idade de colheita e do tempo de armazenamento.

Foi observado o aumento do teor dos teores de MS (Figura 3.2a), em função da IC com maiores médias aos 7 meses com 90 dias de armazenamento e aos 11 meses com 30 de armazenamento ( $P < 0,05$ ). O teor de MM (Figura 3.2b) aumentou em função da IC, apresentando maiores valores aos 10 meses de idade aos 90 dias ( $P < 0,05$ ).

Houve aumento do valor de PB com o avançar da idade de colheita (Figura 3.2c), registrando-se menores médias aos 7 meses com uma certa estabilização aos 9 e 10 meses aos 30 e 90 dias de armazenamento posterior decréscimo nas médias aos 11 meses com 90 dias de armazenamento ( $P < 0,05$ ). A quantidade de FDN aumentou com o passar dos meses (Figura 3.2d), constatando-se maiores valores aos 11 meses com 90 dias de armazenamento ( $P < 0,05$ ).

### 3.4. Discussão

A microbiota epifítica da planta é um fator que influencia as características do processo fermentativo da silagem (SANTOS et al., 2010; PAHLOW et al., 2003). Dessa forma, no presente estudo, a variação das populações microbianas da raiz *in natura* encontrada ao longo dos meses, provavelmente se deve à população epifítica das plantas presentes na lavoura, assim como pode ter sido dada em virtude das variações climáticas, do manejo do solo e de doenças (podridão das raízes) ao decorrer das idades de colheita observadas e possíveis contaminações podem ocorrer durante os processos de colheita e transporte até o momento da ensilagem.

Os valores de BAL encontrados em todos os tratamentos foram maiores do que o estabelecido por MUCK (1996), onde o valor mínimo recomendado para que as perdas durante os processos fermentativos sejam as mínimas possíveis é de  $5 \log^{10} \text{ ufc g}^{-1}$ . Os menores valores de pH encontrados aos 10 e 11 meses podem ter sido em virtude do estágio de maturação da planta bem como das condições ambientais e da maior atividade de água, uma vez que estes tratamentos foram coletados na época chuvosa (RABELO et. al., 2012).

As variações na concentração de MS da raiz *in natura* observadas no presente estudo podem ter ocorrido em função das alterações fisiológicas que ocorrem ao longo da idade da planta assim como podem ser provenientes da variação da quantidade de água disponível no solo, como também da variedade usada (COCK 1990; ALVES, 2002; TAGLIAPIETRA et al., 2020). Com relação às concentrações de PB, os resultados mostraram o menor valor aos 11 meses de idade, esse fato se dá pelo próprio estágio de maturidade da planta. O aumento da quantidade de FDN também se relaciona com o avançar da idade, possivelmente em virtude dos diferentes estágios de crescimento

da planta resultante da formação do sistema radicular fibroso da mandioca (ALVES, 2002; THOMAS, 2016).

É possível que a elevada quantidade de BAL observada no início do processo fermentativo aos 3 dias de armazenamento no decorrer da idade de seja em função da população epifítica da planta bem como das etapas que antecedem o processo de ensilagem como o corte que impulsionam o crescimento das BAL antes mesmo de se criar um ambiente em anaerobiose dentro do silo (PAHLOW et al., 2003). Importante destacar que provavelmente a alta população de BAL aos 11 meses de idade pode estar ligada a fermentações secundárias de menor intensidade realizadas por BAL heterofermentativas que se desenvolvem em tempos de armazenamento maiores (KUNG et al., 2003).

A variação da quantidade de ENT presente nas silagens de raiz pode ocorrer devido ao fato de que até aos 7 dias de fermentação até essa categoria ser substituída pela maior quantidade de BAL e conseqüentemente declínio do pH. No entanto, as ENT podem ser encontradas na silagem até 30 dias após a ensilagem por conseguirem crescer sob condições de anaerobiose e se protegerem sob condições adversas, incluindo sob pH extremamente baixo. Esse fato poderia explicar o aumento dessa categoria aos 90 dias de armazenamento, ocorrendo assim uma fermentação secundária no silo a longo prazo.

A maior presença de mofos e leveduras aos 3 dias de armazenamento possivelmente se dá em virtude ainda da presença de oxigênio residual provenientes da respiração da planta e grande quantidade carboidratos solúveis como sacarose, glicose, frutose e maltose que pode ter resultado em uma de fermentação láctica resultando na atividade as leveduras (TEWE & LUTALADIO, 2004). Com relação ao pH das silagens, ocorre a redução lenta do pH das silagens de 7 e 8 meses demonstrando que a colheita mais tardia da raiz permite o declínio mais rápido do pH, beneficiando o processo fermentativo.

Em contrapartida, a diminuição do pH nas silagens a partir dos 7 meses com 3 dias possivelmente se deve à maior quantidade de BAL. Provavelmente, os menores valores de pH verificados nas silagens de parte aérea aos 9 e 10 meses com 90 dias de armazenamento foram decorrentes das maiores concentrações de carboidratos solúveis nessas idades. As maiores concentrações de MS nas silagens com o avançar da idade podem ter sido devido à maturidade da planta, onde a quantidade de MS é mais alta em plantas colhidas próximas ao final do ciclo de desenvolvimento (TAGLIAPIETRA et al., 2020; KUNG et al., 2003; PAHLOW et al., 2003). A

redução das concentrações de PB das silagens encontradas no presente pode ser em consequência da proteólise causada por enterobactérias.

### **3.5. Conclusão**

A idade de colheita e o tempo de armazenamento influenciam na qualidade fermentativa das silagens de raiz de mandioca. Dessa forma, recomenda-se ensilar raízes com maiores idades de colheita, a partir de 8 meses de idade pois apresentam uma queda de pH mais rápida mantendo-se estáveis ao longo de 90 dias de armazenamento influenciando na qualidade final da silagem.

## REFERÊNCIAS

- AOAC, ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – **Official methods of analysis**. 16 ed., Washington D.C., 1094 p, 1990.
- ALVES, A. A. C. Cassava botany and physiology. **Cassava: biology, production and utilization**, v. 1, p. 67-89, 2002.
- EDET, M. A. et al. Relationship of cassava growth parameters with yield, yield related components and harvest time in Ibadan, Southwestern Nigeria. **J. Nat. Sci. Res**, v. 5, p. 87-93, 2015.
- FERNANDES, F.D. et al. Yield and nutritional value of shoots and tuberous roots of eight industry cassava genotypes. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. 17. 1–12, 2016.
- 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.
- JONSSON, A. Growth of *Clostridium tyrobutyricum* during fermentation and aerobic deterioration of grass silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 54, n. 4, p. 557-568, 1991.
- KUNG JR., L. et al. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.2, p.299-306, 1984.
- KJELDAHL, J. The Kjeldahl determine of nitrogen: retrospect and prospect. **Trends in analytical Chemistry**, v. 13, n. 4, p. 138, 1983.
- LIU, J. P.; ZHUANG. Z. T. The use of cassava roots and silage from leaves for pig: **Feeding in Yunnan Province of China**. 2001.
- LOC, N. T et al. Cassava root silage for crossbred pigs under village conditions in Central Vietnam. **Livestock Research for Rural Development**. v. 9, n. 2, p. 12-19, 1997.
- MCDONALD et al. **The biochemistry of silage**. 2<sup>a</sup> ed. 423 Marlow: Chalcombe Publications. 340p, 1991.
- 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.
- MULUALEM, T; AYENEW, B. Cassava (*Manihot esculenta* Cranz) varieties and harvesting stages influenced yield and yield related components. **Journal of Natural Sciences Research**, v. 2, n. 10, p. 122-8, 2012.
- MUCK, R. Inoculant of silage and its effects on silage quality. In: Informational conference with dairy and forage industries. **Proceedings...US Dairy**. 1996.
- PACHECO, N.A.; BASTOS, T.X. **Boletim agrometeorológico de 2008 para Igarapé-Açu, PA**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 33p, 2011.



PACHECO, N.A.; BASTOS. T.X. **Características agroclimáticas de Igarapé-Açu. PA e suas implicações para as culturas anuais: feijão caupi, milho, arroz e mandioca.** Belém. PA: Embrapa Amazônia Oriental. 30 p, 1999.

PAHLOW, G et. al. (Ed.). *Silage science and technology.* 1st ed. Madison: American Society of Agronomy. p. 31-94. 2003.

RABELO, C. H. S. et al. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de milho inoculadas com bactérias ácido-láticas em diferentes estádios de maturidade. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal.** 13. 656-668. 2012.

SAS/STAT 9.4 User's Guide. SAS Institute Inc, Cary, NC. 2014.

SANTOS, M.V.F. et al. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia,** v. 59, p. 25-43, 2010.

SILVA, M. A. A. et al. Avaliação nutricional da silagem de raiz de mandioca contendo soja integral para leitões na fase inicial. **Revista Brasileira de Zootecnia.** v. 37. P, 1441-1449, 2008.

SILVA, L. D. et al. Fermentative profile of maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences.** v. 62. 2019.

SOUZA, L. S. et al. Recomendação de calagem e adubação para o cultivo da mandioca. **Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Comunicado técnico 133,** Cruz das almas, BA, 2009.

SYSTAT SOFTWARE. SigmaPlot for Windows Version 12.0. San Jose: Systat Software Inc., 2011.

TAGLIAPIETRA, B. L. et al. Teores de proteína em silagem de mandioca elaboradas a partir de cultivares de mesa e forragem. **Revista Agroecossistemas,** v. 11, n. 2, p. 181-194, 2020.

TAYLOR. C. C. et al. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation. aerobic stability. and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science.** v. 85. n. 7. p. 1793-1800. 2002.

TEWE O. O; LUTALADIO N. Cassava for livestock feed in sub-Saharan Africa. Rome. Italy: FAO, 2004.

THOMAS, A. L. Desenvolvimento das plantas de batata, mandioca, fumo e cana de açúcar [recurso eletrônico] Porto Alegre. UFRGS, 76 p., 2016.

VIEIRA, P. A. S. et al. Parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio em bovinos alimentados com silagem da raiz de mandioca. **Pesquisa Veterinária Brasileira.** v. 37. n. 8, p, 883-890, 2017.