

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

IDA BARBOSA DE ANDRADE

**SILAGEM DO TERÇO SUPERIOR DA MANDIOCA COM INCLUSÃO DE MILHO
MOÍDO**

**Marechal Cândido Rondon
2021**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

IDA BARBOSA DE ANDRADE

SILAGEM DO TERÇO SUPERIOR DA MANDIOCA COM INCLUSÃO DE MILHO
MOÍDO

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como requisito parcial do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição Animal, para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientadora: Maximiliane Alavarise Zambom
Coorientadora: Marcela Abbado Neres

Marechal Cândido Rondon
2021

Andrade, Ida Barbosa de

Silagem do terço superior da mandioca com inclusão de milho moído / Ida Barbosa de Andrade; orientadora Maximiliane Alavarse Zambom; coorientadora Marcela Abbado Neres. -- Marechal Cândido Rondon, 2021.

97 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2021.

1. Aditivo. 2. Alimento alternativo. 3. Conservação e qualidade de forragem. 4. Manihot esculenta Crantz. I. Zambom, Maximiliane Alavarse, orient. II. Neres, Marcela Abbado, coorient. III. Título.

IDA BARBOSA DE ANDRADE

Silagem do terço superior da mandioca com inclusão de milho moído

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de “Mestra em Zootecnia”, Área de Concentração “Produção e Nutrição Animal”, Linha de Pesquisa “Produção e Nutrição de Ruminantes/Forragicultura”, APROVADA pela seguinte Banca Examinadora:

Orientadora / Presidente – Prof.^a Dr.^a Maximiliane Alavarse Zambom
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Membro – Prof.^a Dr.^a Andressa Faccenda
Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Membro – Prof.^a Dr.^a Elisa Cristina Modesto
Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Membro – Prof.^a Dr.^a Deise Dalazen Castagnara
Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

Marechal Cândido Rondon, 15 de julho de 2021.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof.^a Dr.^a Maximiliane Alavarse Zambom**, declaro como **ORIENTADORA** que presidi os trabalhos de defesa à **distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Ida Barbosa de Andrade**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

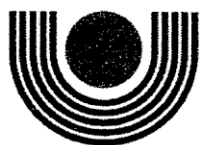
Considerando o trabalho entregue, a apresentação e a arguição dos membros da Banca Examinadora, **formalizo como Orientadora**, para fins de registro, por meio desta declaração, a decisão da Banca Examinadora de que a candidata foi considerada **APROVADA** na banca realizada em 15/07/2021, com o trabalho intitulado **“Silagem do terço superior da mandioca com inclusão de milho moído”**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Prof.^a Dr.^a Maximiliane Alavarse Zambom - ORIENTADORA/PRESIDENTE

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) / *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof.^a Dr.^a Andressa Faccenda**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Ida Barbosa de Andrade**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 15/07/2021, com o trabalho intitulado **"Silagem do terço superior da mandioca com inclusão de milho moído"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Andressa Faccenda

Prof.^a Dr.^a Andressa Faccenda

Universidade Estadual de Maringá (UEM)



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof.^a Dr.^a Elisa Cristina Modesto**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Ida Barbosa de Andrade**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

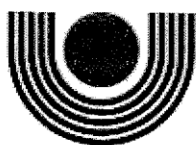
Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 15/07/2021, com o trabalho intitulado **"Silagem do terço superior da mandioca com inclusão de milho moído"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Encaminhado na dissertação.

Prof.^a Dr.^a Elisa Cristina Modesto

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46

Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>

Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000

Marechal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ

GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DECLARAÇÃO E PARECER DE PARTICIPAÇÃO EM BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE MESTRADO REALIZADA À DISTÂNCIA, DE FORMA SÍNCRONA, POR VIDEOCONFERÊNCIA

Eu, **Prof.^a Dr.^a Deise Dalazen Castagnara**, declaro que **participei à distância, de forma síncrona e por videoconferência**, da Banca Examinadora de Defesa de Dissertação da candidata **Ida Barbosa de Andrade**, aluna de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação.

Considerando o trabalho entregue, apresentado e a arguição realizada, **formalizo como Membro Externo**, para fins de registro, por meio desta declaração, minha decisão de que a candidata pode ser considerada APROVADA na banca realizada em 15/07/2021, com o trabalho intitulado **"Silagem do terço superior da mandioca com inclusão de milho moído"**.

Descreva abaixo observações e/ou restrições (se julgar necessárias):

Aprovada sem observações ou restrições.

Prof.^a Dr.^a Deise Dalazen Castagnara

Unipampa / Campus Uruguaiana

DEDICATÓRIA

Aos produtores, pesquisadores, e a todos que poderão desfrutar deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por não me desamparar durante minha jornada de vida.

À minha mãe, Ivanilda Barbosa Brito de Andrade, ao meu pai, Josinaldo Alves de Andrade, mais conhecido como Nito de Zé Doutor, aos meus irmãos, Raí Barbosa de Andrade e Oto Barbosa de Andrade, pela paciência, amor, carinho e compreensão durante toda a trajetória da minha vida. Ao meu noivo, Augusto Sérgio Arruda Cavalcanti pelo seu apoio, companheirismo e incentivo.

A todos os familiares, especialmente, Laurinda Barbosa Brito, Hugo Gomes de Menezes, Lara B. B. G. de Menezes e Lana B. B. G. de Menezes, pelo carinho e acolhimento durante minha estadia na cidade de Marechal Cândido Rondon.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) do *campus* de Marechal Cândido Rondon, ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (PPZ) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo suporte financeiro, apoio à pesquisa no Brasil e no exterior, código de Financiamento 001.

Aos professores do PPZ, em especial aos da área de Nutrição de Ruminantes e Forragicultura, principalmente à orientadora deste trabalho, Maximiliane Alavarze Zambom, e à coorientadora, Marcela Abbado Neres.

Aos integrantes do Grupo de Pesquisa e Estudos em Qualidade do Leite, Alimentação e Digestibilidade em Ruminantes, mais conhecido como Qualhada®, em especial à Jéssica Gabi Dessbesell e à Maria Luíza Fischer que considero como irmãs, como também Ana Caroline Cândido, Ana Luíza Andreoni, Andressa Faccenda, Byanka Lethícia Krein, Eduarda Luana Storck, Eduardo Shihann Benites, Fernando André Anschau, Gabriel Natã Comin, Gabriel Simili de Oliveira, Ikaro Aparecido Ribeiro, Jaqueline Zimmerman, Kimberli Josiane Lohmann, Larissa das Graças Nunes, Luana Muxfeldt, Luiza Monara Storck, Rafael Girelli, Rafaela Francener Fritz e Ricardo Davi Kliemann.

A todos os amigos do programa de pós-graduação, que de alguma forma contribuíram para essa conquista, em especial, Alan Dresch, Allessandro Soares, Ana Guimarães, Caroline Nath, Daniela Jablonski, Leomar Custódio, Leslei Santos, Liliana Bury, Mariana Barbizan, Mariane Stahlhofer, Matheus Damasceno, Nathanal César e Paola Silva, que levarei para a vida.

A todos os funcionários da Unioeste, em especial ao secretário do PPZ, Paulo Henrique Morsch, à professora Vanda Pietrowski, por ter fornecido as ramas de mandioca para realização do experimento, aos técnicos dos laboratórios, ao responsável pela fábrica de ração da fazenda

experimental, seu Lauro, que disponibilizou um local para realização da ensilagem, as “tias” da limpeza e os vigilantes, seu Antônio, Eliane, João, Olívio, entre outros.

E a todos envolvidos, **muito obrigada!**

EPÍGRAFE

“ Quando a educação não é libertadora, o sonho do oprimido é ser opressor. ”

Paulo Freire

SILAGEM DO TERÇO SUPERIOR DA MANDIOCA COM INCLUSÃO DE MILHO MOÍDO

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade e a composição de silagens do terço superior de mandioca (STSM) com inclusão de 25% de milho moído. Foram realizados 2 experimentos, o primeiro utilizou a cultivar Ecu 72, com e sem inclusão de 25% de milho moído. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 repetições, em parcelas subdivididas no tempo. As medidas de perdas da silagem e as análises microbiológicas foram avaliadas com 7, 15, 30, 45, 60, e 75 dias de armazenamento, já o pH, temperatura, matéria seca, mineral e orgânica também foram avaliados no material *in natura*, além dos outros tempos de armazenamento. A inclusão do milho aumentou a matéria seca da STSM e isso ajudou na redução da produção de efluentes e nas perdas por gases, evitando a diminuição do valor nutritivo. Além disso, a inclusão do milho melhorou a capacidade fermentativa da silagem, pois reduziu a capacidade tampão permitindo uma queda rápida de pH. Os *aeróbios mesófilos*, *clostridium* e as bactérias ácido lácticas reduziram à medida que o tempo de armazenamento aumentou e as medidas de perdas das silagens foram inferiores nas STSM com milho. O segundo experimento foi realizado com dois cultivares de mandioca, a Ecu 72 e a Baianinha, com e sem inclusão de 25% de milho moído em diferentes tempos de armazenamento. Para as avaliações de pH, temperatura, composição bromatológica e a digestibilidade *in vitro*, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 4 repetições, em arranjo fatorial 2x2x3, com 2 cultivar (Baianinha e Ecu 72); 2 inclusões de 25% de milho moído (com e sem) e 3 tempos de armazenamento (*in natura*, 30 e 60 dias). As medidas de perdas da silagem e as análises microbiológicas das STSM não foram avaliadas *in natura*. O delineamento experimental para avaliação da estabilidade aeróbia foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 2 (4 STSM e 2 tempos de armazenamento, 30 e 60 dias) com medidas repetidas no tempo (7 dias de exposição ao ar). O pH ficou abaixo de 4 aos 30 e 60 dias de ensilagem e os *aeróbios mesófilos* e as bactérias ácido lácticas reduziram quando o tempo aumentou. A inclusão dos 25% de milho aumentou a matéria seca (MS) das silagens, reduziu os teores de fibra, além disso, aumentou os teores de carboidratos, melhorou a digestibilidade do material e a capacidade fermentativa da silagem, pois reduziu a capacidade tampão permitindo uma queda rápida de pH e reduziu a produção de efluentes. A proteína bruta foi maior na cultivar Ecu 72 (115,79 g kg⁻¹), porém a maior digestibilidade dessa variável foi da Baianinha (890,13 g kg⁻¹). A partir dos parâmetros avaliados, conclui-se que as cultivares Baianinha e Equador podem ser utilizadas para produção

de silagem de qualidade, com inclusão de 25% de milho moído a composição e as digestibilidades das silagens foram elevadas aumentando a MS e reduzir as perdas por efluentes. Entre os tempos avaliados após a ensilagem, houve estabilidade da forragem que deverá ser fornecida aos animais até as 72 horas após aeração devido à quebra da estabilidade aeróbia.

Palavras-Chave: Aditivo, absorvente de umidade, alimento alternativo, *Manihot esculenta* Crantz, conservação de forragem.

SILAGE OF THE UPPER THIRD OF CASSAVA WITH INCLUSION OF GROUND CORN

Abstract: The aim of this study was to evaluate the quality and composition of silages from the upper third of cassava (STSM) with the inclusion of 25% of ground corn. Two experiments were carried out, the first used the cultivar Ecu 72, with and without the inclusion of 25% of ground corn. The experimental design was completely randomized, with 4 replications, in split plots in time. The silage loss measurements and microbiological analyzes were evaluated with 7, 15, 30, 45, 60, and 75 days of storage, while pH, temperature, dry, mineral and organic matter were also evaluated in the raw material, in addition to other storage times. The inclusion of corn increased the dry matter of the STSM and this helped to reduce the production of effluents and losses by gases, avoiding the decrease of the nutritional value. In addition, the inclusion of corn improved the fermentative capacity of the silage, as it reduced the buffering capacity, allowing a rapid pH drop. Mesophilic aerobics, clostridium and lactic acid bacteria reduced as storage time increased and silage loss measures were lower in STSM with maize. The second experiment was carried out with two cassava cultivars, Ecu 72 and Baianinha, with and without inclusion of 25% ground corn at different storage times. For pH, temperature, chemical composition and in vitro digestibility evaluations, the experimental design used was completely randomized, with 4 replications, in a 2x2x3 factorial arrangement, with 2 cultivars (Baianinha and Ecu 72); 2 inclusions of 25% ground corn (with and without) and 3 storage times (in natura, 30 and 60 days). The silage loss measurements and the microbiological analyzes of the STSM were not evaluated in natura. The experimental design to evaluate aerobic stability was completely randomized, with four replications, in a 4 x 2 factorial scheme (4 STSM and 2 storage times, 30 and 60 days) with repeated measures in time (7 days of exposure to air). The pH was below 4 at 30 and 60 days of ensiling and the mesophilic aerobics and lactic acid bacteria reduced when the time increased. The inclusion of 25% of corn increased the dry matter (DM) of the silages, reduced the fiber contents, in addition, it increased the carbohydrate contents, improved the digestibility of the material and the fermentative capacity of the silage, as it reduced the buffer capacity allowing a rapid drop in pH and reduced effluent production. Crude protein was higher in cultivar Ecu 72 (115.79 g kg⁻¹), but the highest digestibility of this variable was found in Baianinha (890.13 g kg⁻¹). From the parameters evaluated, it is concluded that the cultivars Baianinha and Ecuador can be used for the production of quality silage, with the inclusion of 25% of ground corn, the composition and digestibility of the silages were high, increasing DM and reducing losses by effluents. Between the times evaluated after ensiling,

there was stability of the forage that should be provided to the animals until 72 hours after aeration due to the breakdown of aerobic stability.

Keywords: Additive, alternative food, forage conservation, *Manihot esculenta* Crantz, moisture absorber.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Populações típicas de grupos bacterianos e fúngicos em plantas antes da ensilagem	30
Tabela 2. Composição bromatológica do terço superior de mandioca da cultivar Ecu 72 no dia da ensilagem, do milho e a sua inclusão.....	43
Tabela 3. Temperatura e pH das silagens do terço superior de mandioca (STSM) da cultivar Ecu 72, sem milho (SM) e com inclusão de 25% de milho moído (CM), em diferentes tempos de armazenamento	48
Tabela 4. Capacidade tampão e capacidade fermentativa do terço superior de mandioca (TSM) da cultivar Ecu 72	49
Tabela 5. Matéria seca e a matéria orgânica das silagens do terço superior da mandioca (STSM) da cultivar Ecu 72, sem milho (SM) e com inclusão de 25% de milho moído (CM), em diferentes tempos de armazenamento.....	50
Tabela 6. Avaliação microbiológica das silagens do terço superior de mandioca (STSM) da cultivar Ecu 72, sem milho (SM) e com inclusão de 25% de milho moído (CM), em diferentes tempos de armazenamento.....	52
Tabela 7. Recuperação de MS, perdas gasosas e a produção de efluentes das silagens do terço superior de mandioca (STSM) da cultivar Ecu 72, sem milho (SM) e com inclusão de 25% de milho moído (CM), em diferentes tempos de armazenamento	53
Tabela 8.Composição bromatológica do terço superior de mandioca das cultivares Baianinha e Ecu 72, e do milho no dia da ensilagem	63
Tabela 9. Temperatura, pH e avaliação microbiológica das silagens do terço superior de mandioca (STSM), com e sem inclusão de 25% de milho moído em diferentes tempos de armazenamento	72

Tabela 10. Interações entre a inclusão de milho e os tempos de armazenamento do pH das silagens do terço superior de mandioca	73
Tabela 11. Interações entre as cultivares de mandioca e os tempos de armazenamento sobre os aeróbios mesófilos, e as inclusões de milho moído e os tempos de armazenamento das bactérias ácido lácticas nas avaliações microbiológicas das silagens do terço superior de mandioca	74
Tabela 12. Capacidade tampão e a capacidade fermentativa do terço superior de mandioca das cultivares Ecu 72 e Baianinha, sem e com inclusão de 25 % de milho moído.....	75
Tabela 13. Composição bromatológica das silagens do terço superior de mandioca com e sem inclusão de 25% de milho moído em diferentes tempos de armazenamento	76
Tabela 14. Interações entre as inclusões de 25% de milho moído e os tempos de armazenamento sobre a matéria seca das silagens do terço superior de mandioca	76
Tabela 15. Interações entre as cultivares, inclusões e os tempos de armazenamentos do extrato etéreo das silagens do terço superior de mandioca.....	77
Tabela 16. Interações entre as cultivares e as inclusões de milho moído da proteína bruta das silagens do terço superior de mandioca	78
Tabela 17. Composição fibrosa das silagens do terço superior de mandioca com e sem inclusão de 25% de milho moído em diferentes tempos de armazenamento	79
Tabela 18. Interações entre as inclusões de milho moído e os tempos de armazenamento da fibra em detergente ácido (FDA), e as interações entre as cultivares e os tempos de armazenamento da lignina das silagens do terço superior de mandioca (STSM)	79
Tabela 19. Interações entre as cultivares, inclusões e os tempos de armazenamentos da celulose e hemicelulose das silagens do terço superior de mandioca com ou sem 25% de milho moído em diferentes tempos de armazenamento	80

Tabela 20. Carboidratos totais (CT), não fibrosos (CNF) e o fracionamento das silagens com e sem inclusão de 25% de milho em diferentes tempos de armazenamento.....	81
Tabela 21. Interações entre as cultivares e as inclusões de 25% de milho moído dos carboidratos totais (CT) das silagens do terço superior de mandioca (STSM).....	82
Tabela 22. Interação entre as cultivares e inclusões de milho moído, e a interação entre as cultivares e os tempos de armazenamento na Fração A dos carboidratos das silagens do terço superior de mandioca (STSM).....	83
Tabela 23. Interações entre as inclusões de 25% de milho moído e os tempos de armazenamento na Fração B1 dos carboidratos das silagens do terço superior de mandioca (STSM).....	83
Tabela 24. Interações entre as variedades, inclusões e os tempos de armazenamento na Fração C dos carboidratos das silagens do terço superior de mandioca (STSM)	83
Tabela 25. Digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS), matéria orgânica (DIVMO), parede celular (DIVPC) e proteína bruta (DIVPB) das silagens do terço superior de mandioca (STSM) com e sem inclusão de 25% de milho moído em diferentes tempos de armazenamento	85
Tabela 26. Interações entre as cultivares, inclusões e os tempos de armazenamento das digestibilidades in vitro da matéria seca e parede celular das silagens do terço superior de mandioca.....	86
Tabela 27. Interações entre as cultivares e as inclusões de milho, como também entre as cultivares e os tempos de armazenamento da digestibilidade in vitro da proteína bruta das silagens do terço superior de mandioca.....	86
Tabela 28. Recuperação de matéria seca (RMS) perdas gasosas (PG) e a produção de efluentes (PE) das silagens do terço superior da mandioca (STSM) com e sem inclusão de milho moído em diferentes tempos de armazenamento	87

Tabela 29. Interações entre as cultivares, inclusões e os tempos de armazenamento da produção de efluentes das silagens do terço superior de mandioca88

Tabela 30. Avaliação estatística da temperatura e do pH para estabilidade aeróbia das silagens do terço superior de mandioca (STSM) com e sem inclusão de 25% de milho moído, com 30 e 60 dias de armazenamento, durante 7 dias em exposição ao ar88

Tabela 31: Interações entre as quatro silagens do terço superior da mandioca (STSM), os tempos de armazenamento (30 e 60 dias) e os 7 dias de exposição ao ar das temperaturas na avaliação da estabilidade aeróbia.....89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	23
2 Revisão	25
2.1 Importância da mandioca no Brasil e no mundo	25
2.2 A <i>Manihot esculenta</i> Crantz.....	26
2.3 Cultivares: Baianinha e Equador	27
2.4 Utilização da parte aérea da mandioca na alimentação de ruminantes.....	28
2.5 Qualidade de silagem e aditivos	29
2.5.1 Milho como aditivo absorvente de umidade.....	31
2.6 Referências	33
3 SILAGEM DO TERÇO SUPERIOR DE MANDIOCA DA CULTIVAR ECU 72 COM INCLUSÃO DE 25% DE MILHO EM DIFERENTES TEMPOS DE ARMAZENAMENTO	38
3.1 Introdução	40
3.2 Material e métodos	42
3.2.1 Local e delineamento experimental.....	42
3.2.2 Colheita, ensilagem, armazenamento e abertura	42
3.2.3 Medidas de perdas em silagem.....	43
3.2.4 Matéria Seca (MS) e Matéria Orgânica (MO).....	45
3.2.5 Capacidade tampão, pH, carboidratos solúveis e a capacidade fermentativa	45
3.2.6 Análises Microbiológicas	46
3.2.7 Análise estatística	47
3.3 Resultados e discussão	48
3.4 Conclusões.....	55
3.5 Referências	56
4 SILAGEM DO TERÇO SUPERIOR DE MANDIOCA COM INCLUSÃO DE MILHO MOÍDO.....	58

4.1 Introdução	60
4.2 Material e métodos	62
4.2.1 Local e delineamentos experimentais	62
4.2.2 Colheita, ensilagem, armazenamento e abertura	62
4.2.3 Medidas de perdas em silagem	64
4.2.4 Análises Bromatológicas	65
4.2.5 Digestibilidade <i>In Vitro</i> (DIV)	66
4.2.6 Carboidratos totais (CT), não fibrosos (CNF) e fracionamento	67
4.2.7 Capacidade tampão, carboidratos solúveis e a capacidade fermentativa	68
4.2.8 Análises Microbiológicas	68
4.2.9 Estabilidade aeróbia	70
4.2.10 Análise estatística	70
4.3 Resultados e discussão	72
4.4 Conclusões	93
4.5 Referências	94
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	97

1 INTRODUÇÃO

O aumento do crescimento demográfico da população mundial aliado ao aumento da renda dos países emergentes tem gerado uma busca por qualidade de vida, aumentando assim a competição por alimentos entre humanos e animais. Visando contornar tal situação, nutricionistas de animais de todo o mundo tem intensificado a busca por alimentos alternativos que não sejam utilizados na alimentação humana, que garantam uma boa nutrição e diminuam os custos de produção.

Dentre os alimentos não convencionais disponíveis para utilização estão os resíduos do cultivo da mandioca. O potencial de utilização desses resíduos se baseia no fato de que a mandioca é cultivada em todo território nacional e gera uma série de resíduos agrícolas com capacidade de serem utilizados na nutrição de ruminantes, dentre eles o terço superior da parte aérea da planta (MODESTO et al., 2004).

Este resíduo tem grande potencial de ser utilizado na alimentação de animais ruminantes, pois a poda da parte aérea da mandioca pode ser realizada no momento da colheita das raízes, ou antes do repouso fisiológico da planta (ANDRADE et al., 2011), além disso, é tida como detentora de elevados teores de proteína e de nutrientes digestíveis totais (MELO; VOLTOLINE, 2019). Contudo, embora apresente uma série de vantagens que a coloquem em posição de destaque entre os resíduos agroindustriais capazes de serem utilizados na nutrição animal, as cultivares bravas necessitam de processamento devido à presença de fatores antinutricionais.

Nas mandiocas, estes são os glicosídeos cianogênicos, que podem ser encontrados em todas as partes vegetativas da planta e possuem ácido cianídrico na sua composição. Esse ácido pode ser liberado através de processos físicos como a mastigação, picagem, desidratação, congelamento (LIMA JÚNIOR et al., 2010) ou através da fermentação anaeróbica como a ensilagem. O ácido cianídrico, na forma de cianeto, pode causar a morte de animais por asfixia dependendo da quantidade ingerida. Os ruminantes são mais susceptíveis, pois consomem grandes quantidades de forragens, além de que as bactérias ruminais ajudam na liberação do cianeto no tecido vegetal consumido (BARNHART; DEWELL, 2011).

O processo de ensilagem permite a redução dos glicosídeos cianogênicos, além de conservar os nutrientes. Sendo assim, a silagem pode ser oferecida em qualquer época do ano, principalmente em períodos críticos de escassez de alimentos devido a problemas climáticos ou aumento dos preços dos ingredientes tradicionais. Todavia, a obtenção de uma silagem de

qualidade, se faz necessário esperar algum tempo para que o processo de fermentação anaeróbia ocorra sem causar danos na silagem. Entretanto, apesar dos pontos positivos que se destacam no terço superior da cultura da mandioca esta é produzida em épocas específicas do ano, sendo requerido seu armazenamento e conservação para uso ao longo do ano.

O teor de MS da silagem do terço superior da mandioca, geralmente é inferior a 30%, sendo assim, o uso do milho como absorvente de umidade pode ajudar a evitar perdas com a produção elevada de efluentes, além de possibilitar a melhoria das condições de fermentação e contribuir com nutrientes que elevam o valor nutricional da silagem. Dessa forma, objetivou-se avaliar a qualidade, composição bromatológica e microbiológica das silagens do terço superior da mandioca, com e sem inclusão de 25% milho moído, em diferentes tempos de armazenamento.

2 Revisão

2.1 Importância da mandioca no Brasil e no mundo

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), registrou em 2018 a produção de 277.808.759 toneladas de raiz de mandioca no mundo. O Brasil contribui com 6,35% desse total, o que corresponde a 7.644.733 toneladas por ano, ficando atrás da Nigéria, Tailândia, República Democrática do Congo e Gana, os quais correspondem aos valores de 21,4%, 11,4%, 10,78%, 7,50%, respectivamente. Neste contexto, a nível de continente, o Brasil se apresenta como o maior produtor da América do Sul, produzindo 69,85 % ao ano.

A mandioca tornou-se uma cultura polivalente e é considerada a cultura do século XXI, pois trata-se de um alimento que pode ser utilizado como matéria prima para diversos produtos destinados ao consumo humano, desde farinhas não refinadas, a gel de amido de alta tecnologia, ou seja, materiais de valor elevado. A China importa aproximadamente 80% dos produtos de mandioca comercializados internacionalmente, estes são utilizados na industrialização de alimentos, na produção de biocombustíveis (etanol), e na alimentação animal (FAO, 2016; 2018).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2020 a produção brasileira foi de 18.995.430 toneladas, apresentando aumento de 7,11 % em relação aos dados informados pela FAO em 2018. Ainda no Levantamento Sistemático da Produção Agrícola da safra de 2020, a região Norte do país foi a maior produtora com 35,35 %, em seguida a região Sul com 24,21 %, depois a região Nordeste com 20,95 %, Sudeste com 12,05 % e a Centro-Oeste com 7,44 %. Os principais estados produtores brasileiros foram: Pará 20,12 %, Paraná 18,27 %, São Paulo 7,83 % e Amazonas 6,54 %, sendo eles os responsáveis por mais da metade da produção nacional 52,76 %.

No Brasil, a mandioca é uma das principais culturas utilizada tanto na alimentação humana, como na alimentação animal, sendo o terço superior da parte aérea da planta, considerado um resíduo agrícola com potencial para nutrição de ruminantes, pois apresenta elevados teores de proteína bruta e nutrientes digestíveis totais (MELO; VOLTOLINE, 2019). As cultivares “mansa” ou “moderadamente mansa”, são utilizadas principalmente como alimento básico, ou seja, seu consumo *in natura* faz parte da dieta global, aproximadamente 20 kg de raiz fresca per capita/ano (FAO, 2018). Já as cultivares “bravas” ou “venenosas” são de interesse industrial, pois em geral são mais produtivas que as mansas e a toxicidade pode ser reduzida durante o processamento (OLIVEIRA; ALBUQUERQUE; MOREIRA, 2007).

2.2 A *Manihot esculenta* Crantz

A mandioca é nomeada cientificamente como *Manihot esculenta* Crantz, pertencente à ordem *Malpighiáceas*, família das *Euphorbiaceae*, do gênero *Manihot*, considerada a cultura mais brasileira dentre as demais, já que é cultivada em todo território nacional (MODESTO JÚNIOR; ALVES, 2016). De acordo com Landau, Silva e Rocha (2020), a macaxeira ou aipim como é conhecida, tem sua provável origem e domesticação no Brasil, sendo a mais antiga planta cultivada em solo brasileiro (SIVIERO; LESSA; SANTOS, 2019). Segundo Mattos et al. (2006), existem mais de quatro mil variedades catalogadas, mantidas em coleções e nos bancos de gemoplasma das instituições de pesquisas, desde 1998 constam 98 cultivares no Registro Nacional de Cultivares (MAPA, 2021).

A mandioca pode ser classificada de acordo com o teor de ácido cianídrico, também conhecido como cianeto (HCN), presente nas raízes da planta. Conforme Oliveira et al. (2020), as “bravas ou venenosas”, possuem valores superiores a 100 mg de HCN kg⁻¹ de raiz fresca sem casca, já as “moderadamente mansas” o teor varia entre 50 e 100 mg de HCN kg⁻¹ de raiz fresca sem casca, e as “mansas” os teores são inferiores a 50 mg de HCN/kg de raiz fresca sem casca.

Por demonstrar uma capacidade adaptativa a diferentes climas, solos e manejo (CURCELLI et al., 2008) é considerada uma planta rústica por muitos autores, sendo as raízes ricas em amido, a parte aérea, conhecida também como ramas, uma fonte de proteína com alto teor de digestibilidade (ANDRÉ; SANTOS, 2012). É uma planta perene, de porte arbustivo, que geralmente completa seu ciclo em 12 meses, porém algumas cultivares possuem ciclos de 6 a 36 meses (MATTOS et al., 2006).

Antes de finalizar seu ciclo, a planta entra no período de dormência que por muitas vezes, dependendo da época de plantio, pode ser influenciada por condições climáticas que induzem a planta à fase de repouso. Nesta etapa do ciclo, ocorre um decréscimo na taxa de emissão de novas folhas, o crescimento vegetativo da planta cessa e suas folhas caem (BRACHTOVOGEL et al. 2009). A parte aérea da mandioca destinada a alimentação dos animais, pode ser obtida através da poda realizada na colheita das raízes ou de forma estratégica, antes do repouso fisiológico da planta (ANDRADE et al. 2011).

A mandioca é um dos cultivos tropicais que apresenta a maior eficiência biológica, pois, consegue converter a maior quantidade de energia solar em carboidratos, por unidade de área (ALMEIDA; FERREIRA FILHO 2005). Os resíduos do cultivo e da indústria como raspas, cascas, parte aérea (folhas e caule), manipueira, entre outros, também podem ser usados para

alimentação animal, em contrapartida as variedades “bravas” devem ser processadas para redução do teor de HCN (CURCELLI et al., 2008).

2.3 Cultivares: Baianinha e Equador

Em 2013, a cultivar Baianinha foi inserida no Registro Nacional de Cultivares (RNC) pelo Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR). A entidade descreveu no Jornal Dia de Campo as características da cultivar crioula usada para fins industriais, sendo mais adaptada a solos férteis com maior teor de argila, embora possa ser realizado o cultivo em área arenosa, desde que o manejo seja realizado de forma correta. Além disso, foi considerada precoce, pois a colheita das raízes pode ser realizada de 12 a 24 meses.

Com relação às doenças, a cultivar Baianinha é tolerante a bacteriose, antracnose e super brotamento, porém é sensível a percevejo e a mosca branca (ZABOT, 2006). Sagrilo et al. (2007) descreveu a caracterização morfo agrônômica da parte aérea dessa cultivar da seguinte maneira: possui de 5 a 7 lóbulos retos ou lineares (estreitos), folha apical verde clara, pecíolo vermelho, cor externa do caule cinza, as folhas desenvolvidas e os brotos apicais são verde escuro, tem o hábito de ramificação tricotômico e possui floração; já as características das raízes tuberosas são: presença de pedúnculo misto, cor externa da raiz marrom claro, córtex branco/creme, polpa branca, textura da epiderme lisa, ausência de constrictões na raiz.

A cultivar Ecu 72, também conhecida como Equador por causa do seu local de origem, tem sido utilizada em programas de melhoramento devido a sua resistência a pragas sugadoras, como a mosca branca, cochonilha e o percevejo de renda (BARILLI, 2019; OLIVEIRA et al., 2016), tendo altos níveis de resistência a mosca branca e tripses (pequenos insetos), e níveis moderados a ácaros (HILLOCKS; THRESH; BELLOTTI, 2002). O melhoramento está sendo realizado para associar a resistência com produtividade e qualidade das raízes, pois as características agrônômicas dessa cultivar são consideradas inferiores (CAMPOS; SANTOS JÚNIOR; SANTOS, 2011).

O Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) possui registro da Ecu 72 desde 1970, e descreve as características da folhagem com floração presente e a forma do lóbulo central lanceolada, já a polpa da raiz é branca. Colarado, Rincón e Lerma (2020), analisaram a anatomia foliar da Ecu 72 identificando células epidérmicas na superfície abaxial, região que ficam os tricomas não glandulares sendo esse fator o diferencial entre outras variedades, podendo estar relacionado a resistência aos ácaros verdes.

2.4 Utilização da parte aérea da mandioca na alimentação de ruminantes

Na década de 80, alguns autores já recomendavam o uso do terço superior da mandioca para alimentação animal, pois, além de melhorar a qualidade da forragem oferecida aos animais, a parte mais grossa e lenhosa da planta, a maniva, poderia ser selecionada e utilizada no plantio (CARVALHO, 1983).

As raízes e a parte aérea da mandioca como, ramas com hastes, pecíolos e folhas podem ser utilizadas na alimentação animal, desde que em caso de cultivares de mandioca industrial, ou seja, brava, estas deverão ser processadas antes de serem fornecidas aos animais por causa da concentração de cianeto (FERREIRA FILHO et al., 2013), sendo todas as partes vegetativas da mandioca cianogênicas (KAKES, 1990).

Os glicosídeos cianogênicos encontrados em maior quantidade na mandioca são a linamarina e lotaustralina, que após hidrólise enzimática, liberam o ácido cianídrico (HCN), o qual pode variar de acordo com a cultivar de mandioca utilizada, condições climáticas e o manejo (FAO, 2004). O cianeto interfere o transporte de oxigênio no sangue, causando asfixia nos animais podendo levar a morte. Além disso, os sintomas clínicos incluem a dificuldade na respiração, salivação excessiva, cambaleamento, convulsões e colapso (BARNHART; DEWELL, 2011). Os mesmos autores informam que os ruminantes são mais susceptíveis que outras espécies, pois consomem grandes quantidades de forragens, além de que as bactérias ruminais ajudam na liberação do cianeto no tecido vegetal consumido. Os glicosídeos cianogênicos podem ser liberados por processos físicos como a mastigação, picagem, secagem ou congelamento (LIMA JÚNIOR et al., 2010).

Em 1988, a Codex Alimentarius Commission (CAC) estabeleceu como limite de segurança para cianeto o valor de 10 ppm ou mg/kg de peso seco, para produtos alimentícios de mandioca, sendo os níveis abaixo de 100 ppm considerados seguros para alimentação animal. Ao avaliar os teores de HCN nas folhas, na parte aérea e raízes de 16 cultivares de mandioca com aptidão mista, Silva et al. (2004), obtiveram maiores teores de cianeto na folhagem (69%) do que nas raízes e na parte aérea. A ensilagem é um dos processos que pode ser vantajoso para reduzir os riscos de intoxicação dos animais pelas altas concentrações de ácido cianídrico (SENA et al., 2014).

Algumas alternativas podem ser utilizadas para reduzir o teor de HCN, como a produção de feno através do processo de desidratação, ou pela conservação por fermentação anaeróbia, também conhecida como silagem (TININI et al., 2021). Segundo Coblenz e Akins (2018), a principal vantagem das silagens em relação ao feno é que pode ser realizada em regiões onde

as condições ideais para redução de umidade não são favoráveis. Assim, Modesto et al. (2004) realizaram a caracterização da silagem do terço superior de mandioca e concluíram que é um resíduo que possui potencial na pecuária, pois as qualidades nutritivas como alto teor de proteína ($194,6 \text{ g kg}^{-1}$), moderado teor de FDN ($507,5 \text{ g kg}^{-1}$) e baixa concentração de tanino ($2,1 \text{ g kg}^{-1}$) são características adequadas para obtenção de silagens de qualidade.

2.5 Qualidade de silagem e aditivos

A ensilagem é um processo de conservação por fermentação anaeróbia, ou seja, sem oxigênio, visando preservar o valor nutricional do material ensilado (SANTOS et al., 2013). A conservação do terço superior da parte aérea da mandioca na forma de silagem é estudada por vários autores, pois esse processo é eficiente na redução dos glicosídeos cianogênicos, tornando possível a utilização da silagem como volumoso na alimentação animal, principalmente dos ruminantes (CARVALHO; PERIM; COSTA, 1983; MODESTO et al., 2004; CURCELLI et al., 2008; MOTA et al., 2011; SOUZA et al., 2011; MARQUES et al., 2013; SANTOS et al., 2020).

A qualidade da silagem vai ser influenciada por um conjunto de fatores, tais como as características peculiares do próprio alimento, os procedimentos da ensilagem como compactação e vedação, o dimensionamento do silo, entre outros fatores apresentados por Macêdo et al. (2017). Jobim et al. (2007) descreveram a qualidade da silagem como a referência ao valor nutritivo da massa de forragem em interação com o consumo e o potencial de desempenho do animal.

O pH já foi usado como indicador para classificação da qualidade de fermentação das silagens, porém não deve ser avaliação isoladamente, pois silagens fora do padrão, ou seja, com valores acima de 4,2 podem ser estáveis e classificadas com boa qualidade (JOBIM, et al, 2007). Segundo Cherney e Cherney (2003), o pH pode ser um indicador para avaliação da qualidade de fermentação, porém não é adequado para silagens com alto teor de matéria seca. A redução lenta do pH da forragem a ser ensilada indica uma alta capacidade tampão, o que pode gerar perdas e redução da qualidade da silagem (PLAYNE; MCDONALD, 1966). Conforme Tinini et al. (2021), a estabilização rápida do pH ocorre quando os açúcares prontamente fermentáveis estão presentes.

Os carboidratos solúveis são importantes para realização de uma fermentação de qualidade, pois são substratos para as bactérias fermentativas, os quais irão transformá-los em

ácidos orgânicos, principalmente o ácido láctico, além de favorecer a acidificação do meio permitindo uma conservação adequada (MACÊDO et al., 2017).

Ainda existem dificuldades para compreensão das causas e efeitos que ocorrem no silo, pois a identificação dos microrganismos encontrados antes, durante e após o processo de ensilagem ainda está em processo de melhorias (MUCK, 2012). A Tabela 1 apresenta os principais grupos bacterianos e fúngicos que geralmente estão nas plantas antes do processo da ensilagem, sendo que os dados foram coletados durante 20 anos no centro da Europa e no Oriente por Pahlow et al. (2003).

Tabela 1. Populações típicas de grupos bacterianos e fúngicos em plantas antes da ensilagem

Grupo	População UFC g ⁻¹ de forragem
Bactéria aeróbia total	> 10 000 000
Bactéria ácido láctica	10 – 1 000 000
Enterobactéria	1000-1 000 000
Leveduras e fungos semelhantes a leveduras	1000-100 000
Bolores	1000-10000
Clostrídio (endósporos)	100-1000
Bacilo (endósporos)	100-1000
Bactéria produtoras de ácido acético	100-1000
Bactéria produtoras de ácido propiônico	10-100

UFC = unidades formadoras de colônias

Fonte: PAHLOW et al., 2003.

O desenvolvimento de microrganismos durante o processo de fermentação é complexo, pois além dos que são encontrados nas plantas, também pode haver contaminação de outros microrganismos durante a colheita, transporte, corte, compactação, uso de aditivos, entres outros fatores. Além disso, o teor de umidade no momento da ensilagem torna-se crucial para evitar elevada produção de efluentes, os quais podem contaminar o ambiente, além de gerar perdas de nutrientes e o aparecimento de microrganismos indesejáveis, como os *clostridium*, as enterobactérias e as leveduras (MACÊDO et al, 2017)

Pahlow et al. (2003) descreveram sobre os principais microrganismos avaliados para obtenção de uma silagem de qualidade, como as bactérias ácidas lácticas (BAL), que são essenciais para redução e manutenção do pH, permitindo uma melhor conservação do material ensilado. Além disso, as enterobactérias e os *aeróbios mesófilos* são avaliados principalmente

antes do processo de ensilagem, pois são aeróbias, então o desenvolvimento é inibido durante a fermentação. Os autores classificaram como de menor importância as bactérias de ácido acético e as de ácido propiônico, sendo relevantes na deterioração aeróbia e na alteração da fermentação durante o armazenamento, respectivamente. Para melhor entendimento da deterioração da silagem após a abertura do silo, torna-se indispensável a avaliação da estabilidade aeróbia, onde é realizado o acompanhamento nas mudanças do pH e da temperatura, que pode ser facilmente identificado no campo com a elevação de temperatura no painel do silo (JOBIM et al., 2007).

Uma das dificuldades nos estudos com silagem para alimentação de ruminantes, é o efeito do alimento nos animais. A avaliação da digestibilidade *in vitro* pode ajudar a estimar valores que simulam condições de fermentação ruminal. Segundo Grant e Ferraretto (2018), a avaliação da composição bromatológicas e as propriedades físicas das silagens são importantes para formulação adequada das rações, além de indicar a qualidade da silagem, pois a conservação será eficiente quando o alimento apresenta características adequadas para o processo de fermentação.

2.5.1 Milho como aditivo absorvente de umidade

A conservação de alimento em forma de silagem pode ser preparada com relativa facilidade, porém quando existem condições desfavoráveis o uso de aditivos poderá contribuir na fermentação (HENDERSON, 1993). Os aditivos podem ser classificados de acordo com a sua atuação na silagem, podendo inibir ou estimular a fermentação. Além disso, também podem fornecer nutrientes que elevam o valor nutricional das silagens, ou ainda, serem utilizados como absorventes de umidade, aumentando o teor de matéria seca do alimento para melhorar o processo de fermentação, evitando perdas de nutrientes (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Além disso, alimentos ricos em carboidratos solúveis podem servir como substratos para as bactérias ácido lácticas, beneficiando o processo de fermentação (HENDERSON, 1993).

A inclusão do milho como absorvente de umidade é uma técnica utilizada principalmente em silagens de capim, mas também pode ser usada em vários alimentos, como resíduos de ramas de batata doce. Contudo, ajuda a elevar o teor de matéria seca no momento da ensilagem melhorando sua composição, obtendo assim um produto de maior qualidade (ANDRADE; LAVEZZO, 1998; ANDRADE et al., 2012; DEMINICIS et al., 2014; CORRÊA et al., 2016)

Para avaliar a eficiência da inclusão de aditivos, neste caso, o milho como absorvente de umidade, se faz necessário realizar avaliações das perdas de forragem, a partir dos pesos obtidos antes, durante e após o processo de ensilagem, para obtenção da recuperação de matéria seca, perdas gasosas e a produção de efluentes (JOBIM et al, 2007).

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a qualidade, composição bromatológica e microbiológica das silagens do terço superior da mandioca com e sem inclusão de 25% milho moído em diferentes tempos de armazenamento. Tendo como objetivos específicos avaliar a qualidade da silagem do terço superior da mandioca da cultivar Ecu 72 com inclusão de 25% de milho moído com 0 (*in natura*), 7, 15, 30, 45, 60 e 75 dias de armazenamento, e avaliar a qualidade, composição, digestibilidade e a estabilidade aeróbia de silagens do terço superior de mandioca das cultivares Baianinha e Ecu 72, com e sem inclusão de 25% de milho moído, no momento da ensilagem, e após 30 e 60 dias de armazenamento.

2.6 Referências

- AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO [2016] Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/save-and-grow/cassava/en/1/index.html>> Acesso em: 13/12/2020
- AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Cassava for livestock feed in sub-Saharan Africa**. [2004]. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/j1255e/j1255e04.htm#bm04.3>> Acesso em: 18/11/2020.
- AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Food outlook: biannual report on global food markets**. Rome, Italy, 2018.
- ALMEIDA, J.; FERREIRA FILHO, J.R. Mandioca: uma boa alternativa para alimentação animal. **Bahia Agrícola**. V. 7, n. 1, 2005.
- ANDRADE, A.P.; QUADROS, D.G.; BEZERRA, A.R.G. et al. Qualitative aspects of elephantgrass silage with corn meal and soybean hulls. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 3, p. 1209-1218, 2012.
- ANDRADE, J.B.; LAVEZZO, W. Aditivos na ensilagem do capim-elefante. I. Composição bromatológica das forragens e das respectivas silagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 11, p. 1859-1872, 1998.
- ANDRADE, J.S.D.; VIANA, A.E.S.; CARDOSO, A.D. et al. Épocas de poda em mandioca. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 3, p. 693-701, 2011.
- ANDRÉ, T.; SANTOS, A. Uso de produtos da cultura da mandioca (*Manihot*) na produção animal. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, 2012.
- BARILLI, D. R. **Prospecção de moléculas com potencial inseticida derivadas de genótipos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2019. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- BARNHART, S. K.; DEWELL, G. A. Prussic Acid Poisoning Potential in Frosted Forages. **Integrated Crop Management**, n. 304, 2011.
- BRACHTOVOGEL, E.L.; ABREU, M.L.; CURCELLI, F. et al. Fisiologia da cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Revista Cultura Agronômica**, v. 18, n. 4, p. 13-22, 2009.
- BRASIL. IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, 2021. Área plantada, área colhida e produção, por ano da safra e produto das lavouras. 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>> Acesso em: 16 de fevereiro de 2021.
- CAMPOS, M.C.; SANTOS JÚNIOR, A.M.P.; SANTOS, V.D.S. Melhoramento de mandioca para a indústria de farinha e fécula. In: JORNADA CIENTÍFICA EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, 2011, Cruz das Almas. **Anais...** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2011.

- CARVALHO, J.L.H. A mandioca raiz e parte aérea na alimentação animal. **Embrapa Cerrados-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 1983.
- CARVALHO, J.L.H.; PERIM, S.; COSTA, I.R S. Parte aérea da mandioca na alimentação animal. I. Valor nutritivo e qualidade da silagem. **Embrapa Cerrados-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 1983.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL – CIAT [2021]. Disponível em: <<http://genebank.ciat.cgiar.org/genebank/caccession.do?acc=ECU72>> Acesso em: 23 de fevereiro de 2021.
- CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing silage quality. **Silage science and technology**, v. 42, p. 141-198, 2003.
- COBLENTZ, W. K.; AKINS, M. S. Silage review: Recent advances and future technologies for baled silages. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 5, p. 4075-4092, 2018.
- COLORADO, J.A.M.; RINCÓN, E.; LERMA, J.M. Foliar anatomy of ten genotypes of the plant *Manihot esculenta* (Euphorbiaceae). **Revista de Biología Tropical**, v. 68, n. 3, 2020.
- COMISSÃO DO CODEX ALIMENTARIUS - CAC. **Relatório da Oitava Sessão do Comitê de Coordenação do Codex para a África**. Cairo, FAO / OMS. 1988.
- CORRÊA, A.A.; BACKES, A.A.; FAGUNDES, J.L et al. Caracterização da silagem da rama da batata doce emurchecida e adicionada de fubá de milho como aditivo. **Boletim de Indústria Animal**, 2016.
- CURCELLI, F.; BICUDO, S.J.; ABREU, M.L et al. Uso da mandioca como fonte na dieta de ruminantes domésticos. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 4, p. 65-77, 2008.
- DEMINICIS, B.B.; ARAÚJO, R.P.; ROCHA, N.S. et al. Efeitos de diferentes aditivos sobre a composição bromatológica e pH de silagens de capim elefante. **PUBVET**, v. 8, p. 1551-1697, 2014.
- FERREIRA FILHO, J.R.; SILVEIRA, H.F.; MACEDO, J. et al. Cultivo, processamento e uso da mandioca: instruções práticas. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Fôlder/Folheto/Cartilha (INFOTECA-E)**, 2013.
- GRANT, R. J.; FERRARETTO, L. F. Silage review: Silage feeding management: Silage characteristics and dairy cow feeding behavior. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4111-4121, 2018.
- HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 35-56, 1993.
- HILLOCKS, R.J.; THRESH, J.M.; BELLOTTI, A. (Ed.). **Cassava: biology, production and utilization**. CABI, 2002.

- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101-119, 2007.
- JORNAL DIA DE CAMPO - JDC. [2013]. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=29628&secao=Artigos%20Especiais>> Acesso em: 12/01/2021.
- KAKES, P. Properties and functions of the cyanogenic system in higher plants. **Euphytica**, v. 48, n. 1, p. 25-43, 1990.
- LANDAU, E.C.; SILVA, G.A.; ROCHA, M.S. Evolução da produção de mandioca (*Manihot esculenta*, Euphorbiaceae). **Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2020.
- LIMA JÚNIOR, D.M.; MONTEIRO, P.D.B.S.; RANGEL, A. H. N et al. Fatores anti-nutricionais para ruminantes. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 4, n. 3, p. 132-143, 2010.
- MACÊDO, A.J.S.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S. et al. F. Microbiologia de silagens: Revisão de Literatura. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 18, n. 9, p. 1-11, 2017.
- MARQUES, K.M.S., ROCHA JÚNIOR, V.R.; REIS, S.T. et al. Cinética de fermentação" in vitro" de silagens da parte aérea de mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 1, 2013.
- MATTOS, P.L.P.; FARIAS, A.R.N.; FERREIRA FILHO, J.R. **Mandioca: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006.
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. Chalcombe publications, 1991.
- MELO, R.F.; VOLTOLINI, T.V. Agricultura familiar dependente de chuva no Semiárido. **Embrapa Semiárido-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2019.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. SRNC/CGSM/DSV/SDA/. **Registro Nacional de Cultivares**. [2021] Acesso em: 27 de janeiro de 2021.
- MODESTO JUNIOR, M.D.S.; Alves, R.N.B. Cultura da mandioca: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. **Embrapa Amazônia Oriental-Livro científico (ALICE)**, 2016.
- MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; VILELA, D. et al. Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 1, p. 137-146, 2004.

- MOTA, Á.D.S.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; SOUZA, A.S.D. 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.
- MUCK, R.E. Microbiology of ensiling. In: **Finlândia: Proc XVI Int Silage Conf Hameenlinna**. 2012. p. 75-86.
- OLIVEIRA, H.N.D.; BELLON, P.P.; LOUREIRO, E.D.S et al. Não-preferência para a oviposição de percevejo-de-renda *Vatiga illudens* (Hemiptera: Tingidae) por cultivares de mandioca. **Acta biológica colombiana**, v. 21, n. 2, p. 447-451, 2016.
- OLIVEIRA, I.R.; CARVALHO, H.W.L.; CARVALHO, L.M. et al. Boas práticas de cultivo para a elevação da produtividade da mandioca BRS Kiriris. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2020.
- OLIVEIRA, S.S.; ALBUQUERQUE, A.S.; MOREIRA, P.I.O. Comparação dos níveis de ácido cianídrico (hcn) entre etnovarietades de mandiocas bravas e mansas. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 3, 2007.
- PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. et al. Microbiology of ensiling. **Silage science and technology**, v. 42, p. 31-93, 2003.
- PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.17, p.264-268, 1966.
- SAGRILO, E.; OTSUBO, A.A.; SILVA, A.S. et al. Comportamento de cultivares de mandioca no Vale do Ivinhema, Mato Grosso do Sul. **Embrapa Agropecuária Oeste-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2007.
- SANTOS, L.C.D.; NASCIMENTO, W.G.D.; AZEVEDO, M.M.R et al. Qualidade bromatológica da silagem de resíduos da mandioca: fracionamento de proteínas e carboidratos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 21, 2020.
- SANTOS, S.F.; GONÇALVES, M.F.; RIOS, M.P et al. Principais tipos de silos e microrganismos envolvidos no processo de ensilagem. **Veterinária Notícias**, v. 19, n. 2, 2013.
- SENA, L.S.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; REIS, S.T.D. 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, G.G.C.D.; NUNES, C.G.F.; OLIVEIRA, E.M.M. et al. Toxicidade cianogênica em partes da planta de cultivares de mandioca cultivados em Mossoró-RN. **Revista Ceres**, v. 51, n 293, 2004.
- SIVIERO, A., LESSA, L.S.; SANTOS, R.C. Variedades de mandioca do Acre. **Embrapa Acre-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E)**, 2019.

- SOUZA, A.S.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; MOTA, Á.D.S. et al. Valor nutricional de frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 2, 2011.
- TININI, R. C. R.; ZAMBOM, M. A.; DESSBESELL, J. G. et al. Silagem da parte aérea da mandioca como um alimento alternativo na dieta de vacas em lactação. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 24, n. 1cont, 2021.
- ZABOT, L.A cultura da mandioca (*Manihot esculenta Crantz*), 2006.

3 SILAGEM DO TERÇO SUPERIOR DE MANDIOCA DA CULTIVAR ECU 72 COM INCLUSÃO DE 25% DE MILHO EM DIFERENTES TEMPOS DE ARMAZENAMENTO

Resumo: Objetivou-se avaliar a qualidade da silagem do terço superior da mandioca da cultivar Ecu 72 com inclusão de 25% de milho moído em diferentes tempos de armazenamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 repetições, em parcelas subdivididas no tempo. Foram avaliadas duas silagens do terço superior de mandioca (STSM) da cultivar Ecu 72, uma sem milho (SM) e outra com inclusão de 25% de milho moído (CM), nos tempos 0 (*in natura*), 7, 15, 30, 45, 60 e 75 dias de armazenamento para as variáveis de pH, temperatura, matéria seca (MS) e matéria orgânica. Enquanto, nas avaliações das medidas de perdas da silagem e as análises microbiológica, os tempos avaliados foram 7, 15, 30, 45, 60, e 75 dias de armazenamento. A inclusão de 25% de milho moído possibilitou o aumento no teor de matéria seca da STSM e isso ajudou na redução da produção de efluentes evitando a diminuição do valor nutritivo, porém houve redução na recuperação de MS. Além disso, a inclusão do milho melhorou a capacidade fermentativa da silagem, pois reduziu a capacidade tampão de 21,18 para 18,54 meq NaOH 100 kg MS⁻¹ permitindo uma queda rápida de pH. Os *aeróbios mesófilos*, as bactérias ácido lácticas e os clostrídeos reduziram à medida que o tempo de armazenamento aumentou. Apenas os *aeróbios mesófilos* foram superiores na silagem com inclusão do milho. As medidas de perdas de silagens foram inferiores na STSM com milho. A partir dos parâmetros avaliados, conclui-se que ambas STSM da cultivar Ecu 72, apresentaram características ideais de uma silagem de qualidade. Sendo que a inclusão de 25% de milho moído melhorou o perfil fermentativo, pois possibilitou a redução na capacidade tampão, aumentando assim a capacidade fermentativa, além reduzir as perdas por gases e efluentes.

Palavras-chave: aditivo, absorvente de umidade, alimento alternativo, *Manihot esculenta* Crantz, conservação de forragem.

SILAGE OF THE UPPER THIRD OF CULTIVAR ECU 72 WITH INCLUSION OF 25% OF MAIZE AT DIFFERENT STORAGE TIMES

Abstract: The objective was to evaluate the silage quality of the upper third of cassava cultivar Ecu 72 with the inclusion of 25% of ground corn in different storage times. The experimental design was completely randomized, with 4 replications in time, instalments subdivided in time. Two silages of the upper third of cassava (STSM) of the cultivar Ecu 72 were evaluated, one without corn (SM) and another with inclusion of 25% of ground corn (CM), at times 0 (in natura), 7, 15, 30, 45, 60 and 75 days of storage for the variables of pH, temperature, dry matter (DM) and organic matter. While, in the evaluations of silage loss measurements and microbiological analysis, the times evaluated were 7, 15, 30, 45, 60, and 75 days of storage. The inclusion of 25% of ground corn made it possible to increase the dry matter content of the STSM and this helped to reduce the production of effluents, avoiding the decrease in the nutritional value, but there was a reduction in the recovery of DM. In addition, the inclusion of corn improved the fermentative capacity of the silage, as it reduced the buffer capacity from 21,18 to 18,54 meq NaOH 100 kg MS⁻¹ allowing a rapid pH drop. Mesophilic aerobics, lactic acid bacteria and clostridia reduced as storage time increased. Only mesophilic aerobics were superior in silage with corn inclusion. The measures of silage losses were lower in STSM with maize. From the parameters evaluated, it is concluded that both STSM of the cultivar Ecu 72, presented ideal characteristics of a quality silage. The inclusion of 25% of ground corn improved the fermentative profile, as it allowed a reduction in the buffer capacity, thus increasing the fermentative capacity, in addition to reducing the losses by gases and effluents.

Keywords: additive, alternative food, forage conservation, *Manihot esculenta* Crantz, moisture absorber.

3.1 Introdução

A mandioca é uma planta rústica, arbustiva perene, que tolera condições adversas de clima, como secas e geadas, além de conseguir se desenvolver em solos ácidos e possui alto valor nutricional (MATTOS et al., 2006; CURCELLI et al., 2008; ANDRÉ; SANTOS, 2012). Essas são algumas das características que fazem da mandioca uma cultura de importância mundial. Em 2020, o estado de Paraná foi responsável por 18,2% da produção nacional, ficando em segundo lugar dentre todos os estados do país (IBGE, 2021), pois devido a adaptação a mandioca é cultivada em todas as regiões do Brasil.

O principal produto da mandioca utilizado na indústria é a raiz, entretanto toda a planta pode ser aproveitada para diversas finalidades desde a sua utilização na fabricação de biocombustíveis, ou como fonte de alimentos e nutrientes para humanos e animais. Na alimentação dos animais, as folhas da mandioca são utilizadas como alimento alternativo fonte de proteínas, o que irá contribuir para o fornecimento de dietas nutritivas (TININI et al., 2021) e de baixo custo.

O terço superior da parte aérea também é tido como fonte de proteínas, podendo ser obtido e utilizado na alimentação animal tanto momento da colheita das raízes quanto através de podas periódicas em períodos críticos do ano. Contudo, sua utilização na alimentação animal deve ser realizada após uso de mecanismos para eliminação dos glicosídeos cianogênicos, compostos antinutricionais que estão presentes em toda a planta e que podem levar o animal à morte, a depender da quantidade ingerida.

Dentre as cultivares de mandioca, a cultivar ECU 72 tem sido utilizada em programas de melhoramento devido a sua resistência a pragas sugadoras, como a mosca branca, cochonilha e o percevejo de renda (BARILLI, 2019; OLIVEIRA et al., 2016), tendo altos níveis de resistência a mosca branca e tripes (pequenos insetos), e níveis moderados a ácaros (HILLOCKS; THRESH; BELLOTTI, 2002) que podem comprometer a produtividade da lavoura de mandioca. Tal característica coloca a cultivar ECU 72 em destaque frente às demais cultivares, já que essa característica diminui o risco de perdas de produtividade em decorrência do ataque desses insetos.

A técnica de conservação de forragem pelo processo de ensilagem é um dos processos que podem ser realizados para eliminação ou redução desses fatores antinutricionais, além de permitir a conservação dos nutrientes presentes. Para correta conservação dos nutrientes presentes, é necessário que se corrija o teor de matéria seca do material a ser ensilado, e, como

o terço superior da parte área da mandioca possui alto teor de umidade, é necessário que se utilize algum aditivo absorvente para que não ocorram perdas por lixiviação ou em decorrência de um incorreto processo fermentativo.

O milho é um dos aditivos mais utilizados para ajustar a matéria seca dos materiais a ser ensilados, para diminuir as perdas por efluentes e para aumentar o teor energético possibilitando a melhoria da qualidade da silagem final. O tempo de armazenamento das silagens podem influenciar no processo fermentativo para obtenção de uma conservação de qualidade, pois os microrganismos desejáveis demandam um ambiente adequado para se desenvolver e a transição para acontecer a expulsão do oxigênio e a queda do pH necessita de tempo para que tenha uma estabilidade.

Assim, a hipótese que embasou a execução desse trabalho é a de que a inclusão de milho moído na silagem do terço superior da cultivar de mandioca Ecu 72, melhora o perfil fermentativo da silagem. Dessa forma, objetivou-se avaliar a qualidade da silagem do terço superior da mandioca da cultivar Ecu 72 com inclusão de 25% milho moído em diferentes tempos de armazenamento.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Local e delineamento experimental

O experimento foi realizado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), no *campus* Marechal Cândido Rondon e as análises foram realizadas no Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) e no Laboratório de Microbiologia da instituição.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições, em parcelas subdivididas no tempo. Os tipos de silagem foram alocados nas parcelas, e os diferentes tempos de armazenamentos nas subparcelas. Foram avaliadas duas silagens do terço superior de mandioca (STSM) da cultivar Ecu 72, uma sem milho (SM) e outra com inclusão de 25% de milho moído (CM), nos tempos 0 (*in natura*), 7, 15, 30, 45, 60 e 75 dias de armazenamento para as variáveis de pH, temperatura, matéria seca (MS) e matéria orgânica (MO). Nas avaliações de perdas fermentativas e as análises microbiológica, os tempos avaliados foram 7, 15, 30, 45, 60, e 75 dias de armazenamento.

3.2.2 Colheita, ensilagem, armazenamento e abertura

A mandioca foi estabelecida em agosto de 2017 no Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Treinamento Científico-tecnológico em Ciências Agrárias (CPDTCA), localizado a 24° 33' 27'' S 54°02'40'' W, na região oeste do Paraná. A colheita do terço superior da mandioca foi realizada manualmente em maio de 2019, durante a poda estratégica, pois estava previsto geada e temperaturas baixas após o dia da coleta. As plantas estavam com 22 meses de idade.

Após a redução do tamanho de partícula no triturador forrageiro sem uso de peneira, os 25% de milho foi incluído (com base na matéria natural) (Tabela 2), as silagens foram homogeneizadas e ensiladas em silos experimentais de PVC (poli cloreto de vinil), cilíndricos, com 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento, dotados de válvula tipo Bunsen na parte superior, para eliminação dos gases produzidos. Dentro de cada silo, havia 300 g de areia autoclavada e seca em estufa de ventilação forçada (65 °C por 12 horas), formando uma camada de 5 cm de altura na parte inferior do silo para escoamento dos possíveis efluentes. Também foi colocado um tecido de algodão de 12 cm de diâmetro, autoclavado e seco, evitando assim o contato da areia com o material ensilado.

Para auxiliar a retirada da silagem em cada silo, dois cordões (polipropileno de 2,5 mm) com 1 metro de comprimento cada, foram unidos na parte central com um nó, e em cada extremidade realizou-se o mesmo procedimento. No momento da ensilagem, uma liga elástica

ajudou a segurar as extremidades do cordão na borda do cilindro enquanto era colocado o material dentro do silo.

Tabela 2. Composição bromatológica do terço superior de mandioca da cultivar Ecu 72 no dia da ensilagem, do milho e a sua inclusão

Composição	MS ¹	MO ²	EE ³	PB ⁴	FDN ⁵	FDA ⁶
	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹ MS)				
Ecu 72	236,1	931,5	33,3	123,3	517,4	502,3
Milho	828,4	979,8	51,4	73,0	121,2	68,9
Ecu 72 com 25% de milho	417,0	961,9	33,6	106,2	278,3	212,9

¹Matéria Seca; ²Matéria Orgânica; ³Extato Etéreo; ⁴ Proteína Bruta; ⁵Fibra em Detergente Neutro; ⁶Fibra em Detergente Ácido.

A compactação foi realizada com o uso de bastões de madeira e após a ensilagem os silos foram fechados, lacrados com fita adesiva, pesados, armazenados em cima de estrados, e alocados dentro de um galpão a temperatura ambiente até o momento da abertura. Em média foi colocado 1,738 kg de material fresco em cada silo, ou seja, a densidade específica foi de 632,26 kg m⁻³ na matéria natural.

No dia da abertura, os silos foram pesados e após a retirada da tampa foi aferida a temperatura em °C, usando termômetro tipo espeto (INCOTERM 6132). A silagem foi retirada com o uso do cordão e colocada em bandejas plásticas. Os 5 cm da parte superior e inferior do material ensilado foi descartado e o restante foi homogeneizado e amostrado para posterior avaliação.

3.2.3 Medidas de perdas em silagem

Para calcular o índice de recuperação da matéria seca, as perdas por gases e a produção de efluentes foi realizada a pesagem do conjunto, representado por silo, areia, tecido e cordão, antes de ensilar. Após o fechamento do silo, realizou-se a pesagem do conjunto com o material ensilado (silo cheio). No dia da abertura foi feita novamente a pesagem antes de abrir (silo cheio), e depois de aferir a temperatura e retirar toda silagem, foi realizada a pesagem do conjunto (silo + areia + tecido + cordão).

3.2.3.1 Índice de Recuperação da Matéria Seca (RMS)

O índice de recuperação da matéria seca foi calculado de acordo com Jobim et al. (2007), conforme descrito abaixo:

$$\mathbf{RMS} = \frac{(MFa \times MSa)}{(MFe \times MSe)} \times 100$$

Onde:

RMS = índice de Recuperação da Matéria Seca;

MFa = Massa de Forragem na abertura (kg);

MSa = teor de Matéria Seca na abertura (%);

MFe = Massa de Forragem na ensilagem (kg);

MSe = teor de Matéria Seca na ensilagem (%).

3.2.3.2 Perdas Gasosas (PG)

A equação usada para calcular a perda por gases foi desenvolvida por Mari (2003), sendo obtido pela diferença entre o peso bruto final e inicial dos silos, em relação a quantidade matéria seca ensilada.

$$\mathbf{PG} \text{ (\% MS inicial)} = \left[\frac{(PSf - PSa)}{MFf \times MSf} \right] \times 100$$

Onde:

PG = Perdas de Gases durante o armazenamento (% da MS inicial);

PSf = Peso do Silo na ensilagem (kg);

PSa = Peso do Silo na abertura (kg);

MFf = Massa de Forragem na ensilagem (kg);

MSf = teor de Matéria Seca na ensilagem (%).

3.2.3.3 Produção de Efluentes (PE)

A produção de efluentes foi realizada com a diferença entre os valores das pesagens do silo + areia + tecido + cordão, antes e depois da ensilagem, em relação a massa verde ensilada (kg). A estimativa da produção de efluentes que foi drenada para a parte inferior do silo experimental foi determinada pela equação de Schmidt (2006):

$$\mathbf{PE} \text{ (kg/t MN)} = \frac{(PCa - PCe)}{MVfe} \times 1000$$

Onde:

PE = Produção de Efluentes (kg/t de matéria natural);

PCa = Peso do Conjunto (silo + areia + tecido + cordão) na abertura (kg);

PCe = Peso do Conjunto (silo + areia + tecido + cordão) na ensilagem (kg);

MFe = Massa Verde de forragem ensilada (kg).

3.2.4 Matéria Seca (MS) e Matéria Orgânica (MO)

Após a coleta das amostras, realizou-se a pesagem de aproximadamente 250 g, posteriormente foi realizada a pré-secagem das amostras em estufa com ventilação de ar forçada com a temperatura de 55°C por 72 horas. As amostras foram moídas no moinho de facas tipo Willey (STAR FT 60, FORTINOX), com peneira de crivos de 1mm para posterior análises.

As análises foram realizadas de acordo com a metodologia da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990) para o teor de matéria seca (MS) (método 934.01) e cinzas (método 938.08). A matéria orgânica (MO) foi calculada através da subtração do teor de cinzas ou seja: $MO = 100 - \% \text{ Cinzas}$.

3.2.5 Capacidade tampão, pH, carboidratos solúveis e a capacidade fermentativa

A capacidade tampão foi determinada segundo a metodologia descrita por Playne e McDonald (1966). A metodologia de Cherney e Cherney (2003) foi utilizada para avaliação do pH, sendo o pHmetro digital (TE C-5, TECNAL) calibrado previamente. A metodologia de Dubois et al. (1956) foi utilizada para avaliação dos carboidratos solúveis (CHO'S), sendo a equação-padrão obtida pelas soluções com 0; 0,02; 0,04; 0,08; 0,10; 0,14 e 0,16 mL de glicose. A capacidade fermentativa (CF) das silagens foi calculada utilizando a equação descrita por Kaiser et al. (2002):

$$CF = \% MS + 8 (CHO'S / CT)$$

Onde:

MS = matéria seca em %

CHO'S = carboidratos solúveis em % da MS

CT = capacidade tampão em meq de NaOH / 100g de MS

3.2.6 Análises Microbiológicas

Os materiais utilizados para a realização das diluições das amostras referentes as análises microbiológicas foram autoclavados por 20 minutos a 120°C. A esterilização das placas de Petri foi realizada por via seca, em estufa de esterilização, por 2 horas a 230°C.

A metodologia adotada para as análises microbiológicas foi realizada a partir das técnicas de cultura descrita por Silva et al. (2017). Após abertura dos silos e homogeneização da silagem, foram coletadas 25 g de amostra de cada silo para essas análises. Todo o procedimento para manuseio das amostras foi realizado próximo a chama do bico de Bunsen (máximo 10 cm de distância), com o uso de máscaras, luvas de látex e álcool etílico hidratado (70° INPM).

Após a preparação do extrato (225 mL de água destilada estéril + 25g de amostra), foi realizada homogeneização com agitação leve. A partir desta solução foram feitas as diluições nos tubos de ensaio com a água destilada esterilizada, pipetando 1 mL em sucessivas diluições de 10^{-1} a 10^{-7} . Posteriormente, foi feita a semeadura em superfície nas placas com os meios de cultura, anteriormente preparados, sendo usado 0,1 mL de inóculo.

Após a incubação, a contagem foi realizada manualmente com auxílio de um contador de colônias do tipo Quebec, sendo necessária a multiplicação da quantidade encontrada na diluição e posteriormente os valores serem transformados em $\log_{10}$.

3.2.6.1 *Clostridium spp.*

O meio de cultura colocado nas placas de petri esterilizadas foi o Reinforced Clostridial Medium e o Agar (NEOGEN, Lansing, MI) seguindo a recomendação do fabricante. Após a semeadura em superfície, as placas permaneceram durante 24 horas a 35°C em incubação anaeróbia, fazendo-se uso da estufa com sistema de injeção de gás com CO₂ (Tecnal-Te-399). O meio utilizado na abertura dos silos com 60 dias estava contaminado, sendo desconsiderados os resultados para esse tempo de armazenamento.

3.2.6.2 Bactérias Ácido Láticas

O meio de cultura usado foi o Lactobacillus MRS Agar (NEOGEN, Lansing, MI) e o preparo foi realizado de acordo com a recomendação do fabricante. Depois da semeadura em superfície, as placas foram incubadas durante 48 horas a 37°C em incubação anaeróbia (Eletrolab-EL202).

3.2.6.3 Contagem Padrão de *Aeróbios Mesófilos*

O Plate Count Agar (KASVI, São José do Pinhais, PR) foi o meio de cultura usado para a contagem das bactérias *aeróbias mesófilas*, sendo preparado de acordo com a recomendação do fabricante. A semeadura foi realizada em superfície e as placas inoculadas permaneceram em estufa (Eletrolab-EL202) durante 24 a 48 horas a 37°C.

3.2.7 Análise estatística

Os dados foram avaliados quanto à normalidade e posteriormente submetidos à análise estatística utilizando PROC MIXED do SAS® On Demand for Academics, de acordo com o modelo a seguir:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \varepsilon_{ik} + A_j + TA_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} = valor observado para a variável resposta;

μ = média de todas as observações;

T_i = efeito fixo do i-ésimo tipo de silagem;

ε_{ik} = erro aleatório associado as parcelas;

A_j = efeito fixo do j-ésimo tempo de armazenamento;

TA_{ij} é o efeito da interação do i-ésimo tipo de silagem com o j-ésimo tempo de armazenamento

ε_{ijk} = erro aleatório associado as subparcelas.

Foi realizado o teste Tukey, sendo a significância declarada em $p \leq 0,05$ para todas as variáveis. O erro padrão foi obtido pelo comando LSMEANS.

3.3 Resultados e discussão

Nas avaliações de temperaturas das silagens ($p < 0,0001$) e do pH ($p < 0,0001$) houve interação entre os tipos de silagem nos diferentes tempos de armazenamento (Tabela 3). Na presente pesquisa, as temperaturas das silagens possivelmente foram influenciadas pela temperatura ambiente nos momentos de abertura. Isso pode ter ocorrido devido ao pequeno tamanho dos silos utilizados, com elevada área superficial, o que tornaram mais susceptíveis as trocas térmicas com o ambiente.

Tabela 3. Temperatura e pH das silagens do terço superior de mandioca (STSM) da cultivar Ecu 72, sem milho (SM) e com inclusão de 25% de milho moído (CM), em diferentes tempos de armazenamento

Dias de Armazenamento	STSM ¹		Temperatura Ambiente	EPM ⁴	ρ - valor	
	SM ²	CM ³				
TEMPERATURA (°C)						
0	18,0 Bf	19,0 Ae	17,2	0,4003	STSM ¹	0,0007
7	24,5 Ba	25,0 Aa	24,7		Tempo	<0,0001
15	21,5 Ad	21,0 Bd	21,4	STSM ¹ x Tempo		<0,0001
30	23,0 b	23,0 b	23,2			
45	15,0 g	15,0 f	15,8			
60	22,0 c	22,0 c	22,7			
75	21,0 e	21,0 d	21,7			
pH						
0	6,31 Ba	6,53 Aa		0,1191	STSM ¹	0,0002
7	4,70 Ab	4,51 Bb			Tempo	<0,0001
15	4,02 c	4,06 c		STSM ¹ x Tempo		<0,0001
30	3,84 Bd	3,90 Ad				
45	3,74 Be	3,87 Ad				
60	3,80 Bde	3,90 Ad				
75	3,83 Bd	3,95 Ad				

¹Silagem do Terço Superior de Mandioca da cultivar Ecu 72; ²Sem Milho; ³Com 25% de Milho moído na MN;

⁴Erro Padrão da Média. Letras maiúsculas distintas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Além disso, para Bernardes et al. (2018), a influência da temperatura ambiente sob os processos que ocorrem dentro do ambiente interno do silo vai desde a produção no campo até a utilização da silagem.

A inclusão de 25% de milho aumentou o pH do material *in natura*, o que após 30 dias manteve-se elevado quando comparado com a STSM sem o milho. Ambas silagens mantiveram o pH abaixo de 4,5 após 7 dias de armazenamento, sendo considerado um valor adequado para obtenção de silagens de qualidade após 30 dias estabilizaram, indicando que até esse período de armazenamento o processo de fermentação ainda estava ocorrendo e para oferta de uma silagem de melhor qualidade deve-se respeitar esse tempo.

A queda de pH verificada entre os tempos de abertura de cada silagem possivelmente se deu pela conversão de carboidratos solúveis em ácido lático. Tinini (2018) ao estudar o perfil fermentativo e qualidade microbiológica da silagem da parte aérea de seis cultivares de mandioca (IAC 90; 5721; 5803; 5929; 6057) verificou efeito linear negativo para o pH em todas as cultivares avaliadas ao decorrer dos tempos de abertura. O autor justificou a queda linear do pH ao aumento do teor de ácido lático que ocorreu conforme os tempos abertura do silo.

A capacidade tampão da silagem com milho foi menor ($p < 0,001$) (Tabela 4), provavelmente porque o milho tem baixa quantidade de proteína (73 g kg^{-1}) e a inclusão de 25% pode ter contribuído na redução de frações tamponantes. Fluck et al. (2017) avaliaram a capacidade tampão de silagens de rama de mandioca com ou sem desidratação de duas cultivares (Pão e IAC7650), porém, os valores encontrados ficaram entre 33,65 a 51,43 meq NaOH 100 kg MS^{-1} . Provavelmente por se tratar da parte aérea da mandioca, além das diferenças entre as cultivares, idade, entre outros fatores, os valores foram diferentes do encontrado neste trabalho.

Tabela 4. Capacidade tampão e capacidade fermentativa do terço superior de mandioca (TSM) da cultivar Ecu 72

Variáveis	TSM ¹		EPM ⁴	p-valor
	SM ²	CM ³		
Capacidade Tampão (meq NaOH 100 kg MS^{-1})	21,18	18,54	0,5054	<0,0001
Capacidade Fermentativa (g kg^{-1})	24,37	42,75	3,4730	<0,0001

¹Terço Superior da mandioca, ²Sem Milho; ³Com 25% de Milho moído na MN; ⁴Erro Padrão da Média. Diferença estatisticamente significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A capacidade fermentativa (CF) é inversamente proporcional a capacidade tampão, então a inclusão do milho contribuiu no processo de fermentação ($p < 0,001$). A CF do terço superior da mandioca antes da ensilagem foi igual a $24,37 \text{ g kg}^{-1}$, e a inclusão dos 25% de milho permitiu o aumento da CF, obtendo o valor de $42,75 \text{ g kg}^{-1}$. A CF superior a 35 g kg^{-1} garante a obtenção de silagens com fermentação láctica, sendo assim, a inclusão do milho favoreceu esse tipo de fermentação (ANDRADE JUNIOR et al., 2014).

Houve interação entre as silagens ($p = 0,0326$) na avaliação da matéria seca (Tabela 5). A silagem CM apresentou maior quantidade de MS que a SM.

Tabela 5. Matéria seca e a matéria orgânica das silagens do terço superior da mandioca (STSM) da cultivar Ecu 72, sem milho (SM) e com inclusão de 25% de milho moído (CM), em diferentes tempos de armazenamento

Dias de Armazenamento	STSM ¹		EPM ⁴	ρ - valor	
	SM ²	CM ³			
Matéria Seca (g kg ⁻¹)					
0	236,1 B	417,0 Aa	0,9970	STSM ¹	<0,0001
7	232,4 B	357,8 Ab		Tempo	0,0072
15	232,0 B	358,6 Ab		STSM ¹ x Tempo	0,0326
30	233,7 B	367,4 Ab			
45	239,0 B	381,6 Aab			
60	242,5 B	374,6 Ab			
75	236,0 B	388,6 Aab			
Matéria Orgânica (g kg ⁻¹ MS)					
0	931,5	961,9	0,1738	STSM ¹	<0,0001
7	932,1	954,4		Tempo	0,0525
15	926,6	952,9		STSM ¹ x Tempo	0,3236
30	931,4	954,5			
45	932,9	956,3			
60	930,8	950,8			
75	933,0	956,3			
Média	931,2 B	955,3 A			

¹Silagem do Terço Superior de Mandioca da cultivar Ecu 72; ²Sem Milho; ³Com 25% de Milho moído na MN;

⁴Erro Padrão da Média. Letras maiúsculas distintas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A elevada matéria seca do milho utilizado ($828,39 \text{ g kg}^{-1}$) que ao ser incluído no material a ser ensilado, elevou o teor dessa variável. A MS das silagens CM apresentaram valores superiores a 30% em todos os tempos de abertura. Valores de MS superiores a 30% são considerados por Driehuis et al. (2018) como almejavéis para evitar o desenvolvimento indesejável de clostrídeos. McEniry et al. (2008), também mencionam a importância da obtenção de um teor de MS em níveis mais altos para melhoria do armazenamento a longo prazo.

A matéria orgânica (MO) apresentou diferença apenas entre as médias das silagens ($p < 0,0001$), onde a inclusão do milho aumentou a quantidade MO. Isso pode ter ocorrido porque a MO do milho foi de $958,8 \text{ g kg}^{-1}$ MS. O valor da média de MO na silagem SM foi similar a $931,2 \text{ g kg}^{-1}$ na MS, próximo ao encontrado por Modesto et al. (2004), onde avaliaram a STSM em diferentes períodos em silo comercial e obteve $933,0 \text{ g kg}^{-1}$ na MS.

Nas avaliações microbiológicas a contagem de bactérias *aeróbias mesófilas* (Tabela 6) das silagens CM foi superior em relação a SM ($p = 0,0030$). Com o passar do tempo de ensilagem, a quantidade de *aeróbios mesófilos* foi reduzindo ($p < 0,0001$), pois, a média dos tempos no sétimo dia foi igual a $8,38 \text{ log UFC g}^{-1}$, e após 75 de armazenamento o valor encontrado foi de $6,39 \text{ log UFC g}^{-1}$ indicando que a redução do pH e o processo de compactação e vedação foram eficientes.

Houve interação entre as silagens e os tempos de armazenamento para população de bactérias ácido lácticas (BAL) ($p = 0,0268$). Após 7 dias de ensilagem, a quantidade de BAL estava acima de 8 log UFC g^{-1} , o que é considerado por McDonald, Henderson e Heron (1991), como favorável para ajudar na redução do pH em menor tempo, conservando melhor o material ensilado. A inclusão de milho favoreceu a quantidade de BAL aos 60 e 75 dias de armazenamento, o que provavelmente ocorreu devido aos carboidratos não fibrosos do milho que podem ter sido usados como substrato para a fermentação.

Na avaliação de bactérias do gênero *clostridium*, houve interação das silagens com os tempos ($p = 0,0163$). À medida que o tempo de armazenamento aumentou, os clostrídeos reduziram, de $9,14 \text{ log UFC g}^{-1}$ com 7 dias de armazenamento, até $6,42 \text{ log UFC g}^{-1}$ com 75 dias de armazenamento. A redução de pH durante o processo fermentativo pode ter contribuído na diminuição, pois seu desenvolvimento geralmente acontece em silagens com pH superior a 4,5 (DRIEHUIS et al., 2018). A STSM com milho aos 30 e 60 dias de armazenamento, tiveram maiores médias de clostrídeos, podendo estar relacionado ao fornecimento de carboidratos solúveis com o uso do milho, porém as silagens com e sem inclusão de 25% de milho obteve quantidade de *clostridium* em níveis de segurança.

Tabela 6. Avaliação microbiológica das silagens do terço superior de mandioca (STSM) da cultivar Ecu 72, sem milho (SM) e com inclusão de 25% de milho moído (CM), em diferentes tempos de armazenamento

Dias de Armazenamento	STSM ¹		Média	EPM ⁴	ρ - valor	
	SM ²	CM ³				
<i>Aeróbios mesófilos (log UFC g⁻¹)</i>						
7	8,31	8,46	8,38 a	0,1192	STSM ¹	0,0030
15	8,27	8,42	8,35 a		Tempo	<0,0001
30	7,95	8,06	8,01 b		STSM ¹ x Tempo	0,1645
45	7,41	7,30	7,35 c			
60	6,45	6,90	6,67 d			
75	6,23	6,54	6,39 e			
Média	7,44 B	7,61 A				
<i>Bactérias Ácido Láticas (log UFC g⁻¹)</i>						
7	8,51 a	8,59 a		0,1319	STSM ¹	0,0608
15	8,27 a	8,34 a			Tempo	<0,0001
30	7,64 b	7,35 b			STSM ¹ x Tempo	0,0268
45	7,11 b	7,15 bc				
60	6,06 Bc	6,78 Abc				
75	6,07 Bc	6,60 Ac				
<i>Clostridium (log UFC g⁻¹)</i>						
7	9,05 a	9,24 a		0,1611	STSM ¹	0,1012
15	8,61 b	8,44 b			Tempo	<0,0001
30	7,64 Bc	8,09 Ab			STSM ¹ x Tempo	0,0163
45	7,35 c	7,20 c				
75	6,08 Bd	6,77 Ad				

¹Silagem do Terço Superior de Mandioca da cultivar Ecu 72; ²Sem Milho; ³Com 25% de Milho moído na MN;

⁴Erro Padrão da Média. Letras maiúsculas distintas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na recuperação de matéria seca (RMS) ocorreu efeito apenas com utilização do milho ($p=0,0002$) (Tabela 7). A RMS pode ser definida como a quantidade de material ensilado que permanece disponível para ser utilizado após a abertura do silo (FERREIRA et al., 2017). Desse modo, a STSM com a inclusão de milho foi inferior, e provavelmente isso aconteceu porque os

carboidratos solúveis do milho podem ter sido usados como substrato para bactérias durante o processo de fermentação.

Tabela 7. Recuperação de MS, perdas gasosas e a produção de efluentes das silagens do terço superior de mandioca (STSM) da cultivar Ecu 72, sem milho (SM) e com inclusão de 25% de milho moído (CM), em diferentes tempos de armazenamento

Dias de Armazenamento	STSM ¹		EPM ⁴	ρ - valor	
	SM ²	CM ³			
Recuperação de MS (g kg ⁻¹)					
7	968,4	853,0	0,8839	STSM ¹	0,0002
15	964,4	852,3		Tempo	0,1334
30	964,2	869,8		STSM ¹ x Tempo	0,4911
45	982,2	915,1			
60	1000,0	896,4			
75	967,8	919,9			
Média	974,5 A	884,4 B			
Perdas Gasosas (g kg ⁻¹ MS)					
7	0,136 Ac	0,068 Bb	0,0013	STSM ¹	<0,0001
15	0,059 Bd	0,140 Aab		Tempo	<0,0001
30	0,212 Ab	0,069 Bb		STSM ¹ x Tempo	0,0004
45	0,212 Ab	0,059 Bb			
60	0,154 Abc	0,112 Bab			
75	0,337 Aa	0,186 Ba			
Produção de Efluentes (kg t ⁻¹ MN)					
7	12,86 Ab	2,81 Bab	1,4048	STSM ¹	<0,0001
15	17,03 Aab	2,92 Bab		Tempo	0,0015
30	20,86 Aab	9,88 Ba		STSM ¹ x Tempo	0,0014
45	24,67 Aa	3,55 Bab			
60	21,12 Aa	0,24 Bb			
75	23,87 Aa	5,17 Bab			

¹Silagem do Terço Superior de Mandioca da cultivar Ecu 72; ²Sem Milho; ³Com 25% de Milho moído na MN;

⁴Erro Padrão da Média. Letras maiúsculas distintas nas linhas e minúsculas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A média da RMS da STSM sem milho ($974,5 \text{ g kg}^{-1}$), foi próxima a média de 4 silagens da parte aérea de mandioca de diferentes cultivares ($989,4 \text{ g kg}^{-1}$), avaliadas por Santos et al. (2018).

Houve interação entre as silagens e os tempos de armazenamento para avaliação de perdas por gases ($p < 0,0001$) e na produção de efluentes ($p < 0,0001$) (Tabela 7). A inclusão do milho possibilitou a redução das perdas nos dois parâmetros avaliados, principalmente na produção de efluentes, pois a MS do milho contribuiu na absorção de umidade. Com relação ao período de armazenamento, aos 75 dias a perda por gases foi maior, provavelmente devido o maior tempo de fermentação.

3.4 Conclusões

As silagens do terço superior de mandioca da cultivar Ecu 72, apresentaram características ideais de uma silagem de qualidade. Ambas silagens estabilizaram o pH após 30 dias de armazenamento, sendo assim o tempo mínimo indicado. A inclusão de 25% de milho moído melhorou o perfil fermentativo da silagem, pois possibilitou a redução na capacidade tampão, aumentando assim a capacidade fermentativa. Os 25% de milho também aumentou a matéria seca da silagem o que contribuiu na redução das perdas por gases e efluentes.

3.5 Referências

- AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Food outlook: biannual report on global food markets**. Rome, Italy, 2018.
- ANDRADE JÚNIOR, V.C.; PEREIRA, R.C.; DORNAS, M.F. et al. Produção de silagem, composição bromatológica e capacidade fermentativa de ramas de batata-doce emurchecidas. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 91-97, 2014.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC **Official methods of analysis**. 16. ed., Arlington: AOAC International, 1990. 1025p.
- BARILLI, D. R. **Prospecção de moléculas com potencial inseticida derivadas de genótipos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2019. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- BRASIL. IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**, 2021. Área plantada, área colhida e produção, por ano da safra e produto das lavouras. 2020. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>> Acesso em: 16 de fevereiro de 2021.
- BERNARDES, T. F.; DANIEL, J. L. P.; ADESOGAN, A. T., et al. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 5, p. 4001-4019, 2018.
- CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing silage quality. **Silage science and technology**, v. 42, p. 141-198, 2003.
- DRIEHUIS, F.; WILKINSON, J. M.; JIANG, Y., et al. Silage review: animal and human health risks from silage. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4093-4110, 2018.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, v.28, n.3, p.350-356, 1956.
- FERREIRA, J.P.; ANDREOTTI, M.; PASCOALOTO, I.M. et al. Losses in production of maize silage with tropical forages. **Revista Agropecuária Técnica**, v.38, n.3, p.133-141, 2017.
- FLUCK, A. C.; PARZIANELLO, R. R.; MAEDA, E. M., 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.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101-119, 2007.
- KAISER, E.; WEIB, K.; POLIP, L.V. A new concept for the estimation of the ensiling potential of forages. In: THE INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13., 2002, Auchincruive. **Proceedings...** Auchincruive: [s.n.], 2002. p.344-358.

- MARI, L.J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem.** 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage.** Chalcombe publications, 1991.
- MCENIRY, J.; O'KIELY, P.; CLIPSON, N. J. W., et al. The microbiological and chemical composition of silage over the course of fermentation in round bales relative to that of silage made from unchopped and precision-chopped herbage in laboratory silos. **Grass and Forage Science**, v. 63, n. 3, p. 407-420, 2008.
- MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; VILELA, D. et al. Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 1, p. 137-146, 2004.
- MOTA, Á.D.S.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; SOUZA, A.S.D. 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.
- OLIVEIRA, H.N.D.; BELLON, P.P.; LOUREIRO, E.D.S et al. Não-preferência para a oviposição de percevejo-de-renda *Vatiga illudens* (Hemiptera: Tingidae) por cultivares de mandioca. **Acta biológica colombiana**, v. 21, n. 2, p. 447-451, 2016.
- PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.17, p.264-268, 1966.
- SANTOS, C.V.S.; SANTOS, A.P.M.; BRITO, D.R.B. et al. Perdas fermentativas, recuperação de matéria seca e pH de silagens da parte aérea da mandioca. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC. 70. 2018, Maceió. **Anais ... Maceió: SBPC**, 2018.
- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar.** 2006. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água.** Editora Blucher, 2017.
- TELES, M.M.L. **Padrão fermentativo da silagem de três cultivares de milho em diferentes tempos de abertura dos silos.** 2014. 104f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- TININI, R. C. R.; ZAMBOM, M. A.; DESSBESELL, J. G. et al. Silagem da parte aérea da mandioca como um alimento alternativo na dieta de vacas em lactação. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 24, n. 1cont, 2021.

4 SILAGEM DO TERÇO SUPERIOR DE MANDIOCA COM INCLUSÃO DE MILHO MOÍDO

Resumo: Objetivou-se avaliar a qualidade, composição, digestibilidade e a estabilidade aeróbia de silagens do terço superior de mandioca (STSM) das cultivares Baianinha e Ecu 72, com e sem inclusão de 25% de milho moído em diferentes tempos de armazenamento. Para as avaliações de pH, temperatura, composição bromatológica e a digestibilidade *in vitro*, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 4 repetições, em arranjo fatorial 2x2x3, com 2 cultivar (Baianinha e Ecu 72); 2 inclusões de 25% de milho moído (com e sem) e 3 tempos de armazenamento (*in natura*, 30 e 60 dias). As medidas de perdas da silagem e as análises microbiológicas das STSM não foram avaliadas *in natura*. O delineamento experimental para avaliação da estabilidade aeróbia foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 2 (4 STSM e 2 tempos de armazenamento, 30 e 60 dias) com medidas repetidas no tempo (7 dias de exposição ao ar). O pH ficou abaixo de 4 aos 30 e 60 dias de ensilagem e os *aeróbios mesófilos* e as bactérias ácido lácticas reduziram quando o tempo aumentou. A inclusão dos 25% de milho aumentou a matéria seca (MS) das silagens, reduziu os teores de fibra, além disso, aumentou os teores de carboidratos, melhorou a digestibilidade do material e a capacidade fermentativa da silagem, pois reduziu a capacidade tampão permitindo uma queda rápida de pH e reduziu a produção de efluentes. A proteína bruta foi maior na cultivar Ecu 72 (115,79 g kg⁻¹), porém a maior digestibilidade dessa variável foi da Baianinha (890,13 g kg⁻¹). A partir dos parâmetros avaliados, conclui-se que as cultivares Baianinha e Equador podem ser utilizadas para produção de silagem de qualidade, com inclusão de 25% de milho moído a composição e a digestibilidade das silagens foram elevadas aumentando a MS e reduzir as perdas por efluentes. Entre os tempos avaliados após a ensilagem houve estabilidade da forragem que deverá ser fornecida aos animais até as 72 horas após aeração devido a quebra da estabilidade aeróbia.

Palavras-chave: aditivo, absorvente de umidade, alimento alternativo, Baianinha, Ecu 72, qualidade de forragem

SILAGE OF CASSAVA UPPER THIRD WITH INCLUSION OF GROUND CORN

Abstract: This work sought to evaluate the quality, composition, digestibility and aerobic stability of silages of the upper third of cassava (STSM) of the cultivars Baianinha and Ecu 72, with and without inclusion of 25% of ground corn at different storage times. For pH, temperature, chemical composition and in vitro digestibility evaluations, the experimental design used was completely randomized, with 4 replications, in a 2x2x3 factorial arrangement, with 2 cultivars (Baianinha and Ecu 72); 2 inclusions of 25% ground corn (with and without) and 3 storage times (in natura, 30 and 60 days). The silage loss measurements and the microbiological analyzes of the STSM were not evaluated in natura. The experimental design to evaluate aerobic stability was completely randomized, with four replications, in a 4 x 2 factorial scheme (4 STSM and 2 storage times, 30 and 60 days) with repeated measures in time (7 days of exposure to air). The pH was below 4 at 30 and 60 days of ensiling and the mesophilic aerobics and lactic acid bacteria reduced when the time increased. The inclusion of 25% of corn increased the dry matter (DM) of the silages, reduced the fiber contents, in addition, it increased the carbohydrate contents, improved the digestibility of the material and the fermentative capacity of the silage, as it reduced the buffer capacity allowing a rapid drop in pH and reduced effluent production. Crude protein was higher in cultivar Ecu 72 (115.79 g kg⁻¹), but the highest digestibility of this variable was found in Baianinha (890.13 g kg⁻¹). From the parameters evaluated, it is concluded that the cultivars Baianinha and Ecuador can be used for the production of quality silage, with the inclusion of 25% of ground corn, the composition and digestibility of the silages were high, increasing DM and reducing losses by effluents. Between the times evaluated after ensiling, there was stability of the forage that should be provided to the animals until 72 hours after aeration due to the breakdown of aerobic stability.

Keywords: Absorbent mixture, additive, alternative food, Baianinha, Ecu 72, forage quality.

4.1 Introdução

No Brasil, as plantas de sorgo e milho são as mais utilizadas no processo de conservação de forragem por meio da ensilagem. Porém, silagens de gramíneas tropicais e de resíduos de cultura tem ganhado espaço e conquistando produtores rurais. Os resíduos oriundos da cultura da mandioca ainda são pouco utilizados no processo de ensilagem, contudo, a ampla distribuição em todo território nacional, aliada à sua rusticidade, elevada produtividade e bom valor nutricional fazem com que essa cultura ocupe posição de destaque em sistemas de criação que buscam alimentos alternativos para driblar a oscilação da produção de forragem ao longo do ano e os altos custos de produção.

As cultivares Ecu 72 e Baianinha apresentam características de interesse comercial, pois a cultivar Ecu 72 se destaca pela resistência a pragas sugadoras como a mosca branca, cochonilha e o percevejo de renda (BARILLI, 2019; OLIVEIRA et al., 2016) sendo por esse motivo utilizada em programas de melhoramento genético que visam aliar essa resistência à produtividade. Já a cultivar Baianinha tem sua importância devido a sua alta precocidade, resistência ao ataque de antracnose, bacteriose e ao superbrotamento.

Nos sistemas de produção convencionais dessas cultivares de mandioca, apenas os tubérculos e as manivas (caule) da mandioca são aproveitados. Os tubérculos são utilizados na alimentação humana, com alguns resíduos oriundos de seu processamento utilizados na alimentação animal, e a maniva é utilizada para expansão de novas áreas de plantio. Nesse sentido, considerando que grande quantidade de material descartado apresenta bom valor nutricional, o terço superior da mandioca apresenta-se como fonte de nutrientes de baixo custo na nutrição de ruminantes.

O terço superior da mandioca é a parte da planta que possui elevado valor nutritivo, sendo relatado valores de proteína bruta com base na matéria seca na ordem de 19,5% (MODESTO et al., 2004), 17,8% (MOTA et al., 2011) e 15,8% (NASCIMENTO, 2016). Entretanto, o empecilho para sua utilização na alimentação de ruminantes se dá devido aos elevados teores de glicosídeos cianogênicos presentes e sua composição que podem intoxicar os animais e os levar a morte.

Como forma de reduzir os teores dos glicosídeos cianogênicos e conservar os produtos oriundos da mandioca para utilização em épocas de maior escassez de alimentos, a ensilagem é uma das técnicas de conservação de forragem que tem se mostrada promissora. Para que ocorra um correto processo fermentativo, se faz necessário que o teor de matéria seca do

material a ser ensilado seja corrigido, já que Modesto et al., (2008) indicaram que a silagem da parte aérea da mandioca possui elevado teor de umidade, tendo esses autores encontrado valor de matéria seca de 25,64%.

Assim, como forma de reduzir o teor de umidade da silagem, o milho moído pode ser utilizado como absorvente e como melhorador das características fermentativas por aumentar o teor de matéria seca e de carboidratos fermentáveis do material a ser ensilado. A avaliação de diferentes tempos de armazenamento possibilita a compreensão dos processos fermentativos, pois ocorrem mudanças na composição microbiológica, bromatológica e digestível das silagens.

Embora o processo de ensilagem seja reconhecido a décadas como redutor do teor de ácido cianídrico (SOARES, 2003) e a inclusão do milho utilizado como absorvente, poucos são os trabalhos que verificaram a qualidade da silagem do terço superior da mandioca, principalmente das cultivares Ecu 72 e baianinha com a inclusão de milho moído.

A hipótese que dá suporte a realização dessa pesquisa é de que a inclusão de milho moído na silagem do terço superior da parte aérea da mandioca das cultivares Ecu 72 e Baininha melhora a qualidade da silagem em diferentes tempos de armazenamento. Dessa forma, objetivou-se avaliar a qualidade de silagens do terço superior de mandioca (STSM) das cultivares Ecu 72 e Baianinha, com e sem inclusão de 25% de milho moído em diferentes tempos de armazenamento.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Local e delineamentos experimentais

O experimento foi realizado na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), no *campus* Marechal Cândido Rondon e as análises foram realizadas no Laboratório de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) e no Laboratório de Microbiologia da instituição.

Para as avaliações de pH, temperatura, composição bromatológica e a digestibilidade *in vitro*, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições, em arranjo fatorial 2x2x3, com duas cultivares (Baianinha e Ecu 72); duas inclusões de 25% de milho moído (com e sem) e três tempos de armazenamento (*in natura*, 30 e 60 dias).

As medidas de perdas da silagem e as análises microbiológicas das STSM não foram avaliadas *in natura*. O delineamento experimental utilizado na avaliação da capacidade tampão e fermentativa o foi inteiramente casualizado (DIC), com 4 repetições, sendo os 4 tratamentos com os terços superiores da mandioca das duas cultivar (Baianinha e Ecu 72) com e sem a inclusão de milho, sendo assim:

- **E**: cultivar Equador;
- **EM**: cultivar Equador com 25% de milho moído (na MN);
- **B**: cultivar Baianinha;
- **BM**: cultivar Baianinha com 25% de milho moído (na MN).

As medidas de perdas da silagem e as análises microbiológicas das STSM foram avaliadas aos 30 e 60 dias de armazenamento.

Para avaliação da estabilidade aeróbia, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 4 x 2, as 4 STSM e os 2 tempos de armazenamento, 30 e 60 dias, com medidas repetidas no tempo, 7 dias de exposição ao ar.

4.2.2 Colheita, ensilagem, armazenamento e abertura

A mandioca foi estabelecida em agosto de 2017 no Centro de Pesquisa, Desenvolvimento e Treinamento Científico-tecnológico em Ciências Agrárias (CPDTCA), localizado a 24° 33' 27'' S 54°02'40'' W, na região oeste do Paraná.

A colheita do terço superior da mandioca foi realizada manualmente em 24 de maio de 2019. As plantas estavam com 22 meses de idade.

Após a redução do tamanho de partícula, o milho foi incluído (Tabela 8), as silagens foram homogeneizadas e ensiladas em silos experimentais de PVC (poli cloreto de vinil), cilíndricos, com 10 cm de diâmetro e 40 cm de comprimento, dotados de válvula tipo Bunsen na parte superior, para eliminação dos gases produzidos. Dentro de cada silo, havia 300 g de areia autoclavada e seca em estufa de ventilação forçada (65°C por 12 horas), formando uma camada de 5 cm de altura na parte inferior do silo para escoamento dos possíveis efluentes. Também foi colocado um tecido de algodão de 12 cm de diâmetro, autoclavado e seco, evitando assim o contato da areia com o material ensilado.

Tabela 8. Composição bromatológica do terço superior de mandioca das cultivares Baianinha e Ecu 72, e do milho no dia da ensilagem

Composição	MS ¹	MM ²	EE ³	PB ⁴	FDN ⁵	FDA ⁶	CT ⁷	CNF ⁸
	(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹ MS)						
Baianinha	229,4	79,2	16,7	101,3	524,8	490,2	802,8	278,0
Ecu 72	236,1	68,5	33,3	123,3	517,4	502,3	774,9	257,5
Milho	828,4	41,2	51,4	73,0	121,2	68,9	834,4	713,2

¹Matéria Seca; ²Matéria Mineral; ³Extato Etéreo; ⁴ Proteína Bruta; ⁵Fibra em Detergente Neutro; ⁶Fibra em Detergente Ácido; ⁷Carboidratos Totais; ⁸Carboidratos Não fibrosos.

Para auxiliar a retirada da silagem em cada silo, dois cordões (polipropileno de 2,5 mm) com 1 metro de comprimento cada, foram unidos na parte central com um nó, e em cada extremidade realizou-se o mesmo procedimento. No momento da ensilagem, uma liga elástica ajudou a segurar as extremidades do cordão na borda do cilindro enquanto era colocado o material dentro do silo.

A compactação foi realizada com o uso de bastões de madeira e após a ensilagem os silos foram fechados, lacrados com fita adesiva, pesados, armazenados em cima de estrados, e alocados dentro de um galpão a temperatura ambiente até o momento da abertura. Em média foi colocado 1,823 kg de material fresco em cada silo, ou seja, a densidade específica foi de 664 kg m⁻³ na matéria natural.

No dia da abertura, os silos foram pesados e após a retirada da tampa foi aferida a temperatura em °C, usando termômetro tipo espeto (INCOTERM 6132). A silagem foi retirada com o uso do cordão, colocada em bandejas plásticas, homogeneizada e amostrada para a avaliação das variáveis. Os 5 cm da parte superior e inferior do material ensilado foi descartado.

A metodologia de Cherney e Cherney (2003) foi utilizada para avaliação do pH, sendo o PHmetro digital (TE C-5, TECNAL) calibrado previamente.

4.2.3 Medidas de perdas em silagem

Para calcular o índice de recuperação da matéria seca, as perdas por gases e a produção de efluentes foi realizada a pesagem do conjunto, representado por silo, areia, tecido e cordão, antes de ensilar. Após o fechamento do silo, realizou-se a pesagem do conjunto com o material ensilado (silo cheio). No dia da abertura foi feita novamente a pesagem antes de abrir (silo cheio), e depois de aferir a temperatura e retirar toda silagem, foi realizada a pesagem do conjunto (silo + areia + tecido + cordão).

4.2.3.1 Índice de Recuperação da Matéria Seca (RMS)

O índice de recuperação da matéria seca foi calculado de acordo com Jobim et al. (2007), conforme descrito abaixo:

$$\mathbf{RMS} = \frac{(\mathbf{MFa} \times \mathbf{MSa})}{(\mathbf{MFe} \times \mathbf{MSe})} \times 100$$

Onde:

RMS = índice de Recuperação da Matéria Seca;

MFa = Massa de Forragem na abertura (kg);

MSa = teor de Matéria Seca na abertura (%);

MFe = Massa de Forragem na ensilagem (kg);

MSe = teor de Matéria Seca na ensilagem (%).

4.2.3.2 Perdas Gasosas (PG)

A equação usada para calcular a perda por gases foi desenvolvida por Mari (2003), sendo obtido pela diferença entre o peso bruto final e inicial dos silos, em relação a quantidade matéria seca ensilada.

$$\mathbf{PG} \text{ (\% MS inicial)} = \left[\frac{(\mathbf{PSf} - \mathbf{PSa})}{\mathbf{MFf} \times \mathbf{MSf}} \right] \times 100$$

Onde:

PG = Perdas de Gases durante o armazenamento (% da MS inicial);

PSf = Peso do Silo na ensilagem (kg);

PSa = Peso do Silo na abertura (kg);

MFf = Massa de Forragem na ensilagem (kg);

MSf = teor de Matéria Seca na ensilagem (%).

4.2.3.3 Produção de Efluentes (PE)

A produção de efluentes foi realizada com a diferença entre os valores das pesagens do silo + areia + tecido + cordão, antes e depois da ensilagem, em relação à massa verde ensilada (kg). A estimativa da produção de efluentes que foi drenada para a parte inferior do silo experimental foi determinada pela equação de Schmidt (2006):

$$PE \text{ (kg/t MN)} = \frac{(PCa - PCe)}{MVfe} \times 1000$$

Onde:

PE = Produção de Efluentes (kg/t de matéria natural);

PCa = Peso do Conjunto (silo + areia + tecido + cordão) na abertura (kg);

PCe = Peso do Conjunto (silo + areia + tecido + cordão) na ensilagem (kg);

MFe = Massa Verde de forragem ensilada (kg).

4.2.4 Análises Bromatológicas

As amostras foram coletadas, e pré-secas em estufa com ventilação de ar forçada com a temperatura de 55°C por 72 horas. As amostras foram moídas no moinho de facas tipo Willey (STAR FT 60, FORTINOX) com peneira de crivos de 1mm.

As análises bromatológicas foram realizadas de acordo com a metodologia da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990). Sendo assim, foi determinada a matéria seca (MS) (método 934.01), extrato etéreo (EE) (método 920.85), proteína bruta (PB) (método 981.10) e as cinzas (método 938.08). A matéria orgânica (MO) foi calculada através da subtração das cinzas, ou seja: $\% MO_{(na\ MS)} = 100 - \% Cinzas_{(na\ MS)}$.

As fibras em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA) foram analisadas de acordo com a metodologia descrita por Van Soest, Robertson e Lewis (1991). A hemicelulose foi calculada pela diferença do FDN pelo FDA. Já a celulose foi determinada a partir da diferença entre o teor de FDA e de lignina. O método da hidrólise ácida (VAN SOEST; WINE, 1968) foi utilizado para análise de lignina.

4.2.5 Digestibilidade *In Vitro* (DIV)

Esta avaliação foi conduzida de acordo com as normas da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, e a canulação dos animais foi realizada de acordo com o protocolo nº 06411 (CEUA/UNIOESTE).

Foi utilizada a técnica modificada de Tilley e Terry (1963), adaptada por Holden (1999) para avaliação da digestibilidade *in vitro* (DIV). O líquido ruminal utilizado foi coletado em um bovino da raça Jersey, castrado, munido de cânula ruminal, alimentado com silagem de milho e concentrado (milho e farelo de soja). O líquido ficou armazenado em garrafa térmica com CO₂ até seu uso, mantendo o ambiente anaeróbico. Ao chegar ao laboratório, foi processado no liquidificador, também fazendo uso de CO₂, e após a filtragem em tecido de algodão, foram despejados 400 mL em cada jarro da incubadora.

A incubadora com controle de temperatura (39°C) com rotação (TE-150, TECNAL) foi usada visando simular as características ruminais. No procedimento, pesou-se 0,25 g de ASA moída de cada amostra em duplicata, em sacos do tipo Filter Bag F57, selados a quente, que foram acondicionados em jarros de vidros contendo 400 mL líquido ruminal e 1600mL de solução de saliva artificial (pH de 6,8 a 39°C).

4.2.5.1 Digestibilidade *In Vitro* da Matéria Seca (DIVMS) e Matéria Orgânica (DIVMO)

Os jarros com solução artificial de saliva, líquido ruminal e os sacos com amostras, ficaram incubados durante 48 horas na temperatura de 39°C. Após esse tempo, foi adicionado 8g de pepsina e 40 mL de ácido clorídrico (HCL) 6 N em cada jarro, que permaneceram por mais 24 horas na incubadora a 39°C.

Depois do período de incubação, os jarros foram drenados e os saquinhos foram lavados com água destilada e secos em estufa de 105° durante 24 horas. Após a secagem, ficaram no dessecador por 30 minutos para atingir a temperatura ambiente, e posteriormente foram pesados na balança analítica de precisão para determinar a MS residual. A DIVMS foi calculada pela diferença entre a quantidade de amostra antes e após a incubação, ou seja:

$$DIVMS = \frac{(\text{MS do alimento inicial} - \text{MS do alimento residual})}{\text{MS do alimento inicial}} \times 100$$

A DIVMO foi determinada após a queima do resíduo do material incubado, com uso da mufla (EDGCON 3P) e o resultado foi obtido pela diferença entre a quantidade de MO antes da incubação e da MO residual, ou seja:

$$DIVMO = \frac{(\text{MO do alimento inicial} - \text{MO do alimento residual})}{\text{MO do alimento inicial}} \times 100$$

4.2.5.2 Digestibilidade *In Vitro* da Proteína Bruta (DIVPB)

Após os mesmos procedimentos da DIVMS, dois estágios da incubação (72 horas), drenagem, lavagem, secagem dos sacos a 105°C por 24 horas e pesagem, o resíduo foi retirado do saco para ser realizada a digestão, destilação e titulação para obtenção do nitrogênio da amostra residual, segundo a metodologia da AOAC (1990). A DIVPB foi determinada pela diferença entre a quantidade de proteína bruta antes da incubação e a PB residual, ou seja:

$$DIVPB = \frac{(\text{PB do alimento inicial} - \text{PB do alimento residual})}{\text{PB do alimento inicial}} \times 100$$

4.2.5.3 Digestibilidade *In Vitro* da Parede Celular (DIVPC)

A DIVPC foi realizada através da técnica de Goering e Van Soest (1975). Após a incubação das amostras por 48 horas a 39°C, foi feita a drenagem dos jarros e lavagem dos sacos com água destilada. Posteriormente, foi realizada a avaliação da fibra em detergente neutro (FDN) de acordo com a metodologia descrita por Van Soest, Robertson e Lewis (1991).

A DIVPC foi determinada pela diferença entre a FDN do alimento antes e após a incubação, ou seja:

$$DIVPC = \frac{(\text{FDN do alimento inicial} - \text{FDN do alimento residual})}{\text{FDN do alimento inicial}} \times 100$$

4.2.6 Carboidratos totais (CT), não fibrosos (CNF) e fracionamento

A avaliação dos CT e CNF, foram utilizadas as fórmulas descritas por Sniffen et al. (1992), sendo usado os valores encontrados na MS.

$$\% \text{ CT} = 100 - (\% \text{ PB} + \% \text{ EE} + \% \text{ Cinzas})$$

$$\% \text{ CNF} = \% \text{ CT} - \% \text{ FDN}$$

Foram usadas as seguintes equações para o fracionamento dos carboidratos, obtendo as frações A + B₁ (rapidamente degradável), B₂ (CF potencialmente degradáveis) e a fração C (CF não degradáveis).

$$\text{Fração C} = \frac{(100 \times \text{FDA}(\% \text{ MS}) \times 0,01 \times \text{Lignina}(\% \text{ FDN}) \times 2,4)}{\text{CHO'T}(\% \text{ MS})}$$

Fração B2

$$= \frac{100 \times (\text{FDN}(\% \text{ MS}) - \text{PIDN}(\% \text{ PB}) \times 0,01 \times \text{PB}(\% \text{ MS}) - \text{FDN}(\% \text{ MS}) \times 0,01 \times \text{Lig}(\% \text{ FDN}) \times 2,4)}{\text{CHO'T}(\% \text{ MS})}$$

$$\text{Fração A + B1} = 100 - (\text{Fração C} + \text{Fração B2})$$

$$\text{B1} = (\text{Fração A + B1}) - \% \text{ CHO'S}$$

4.2.7 Capacidade tampão, carboidratos solúveis e a capacidade fermentativa

A capacidade tampão foi determinada segundo a metodologia descrita por Playne e McDonald (1966). A metodologia de Dubois et al. (1956) foi utilizada para avaliação dos carboidratos solúveis (CHO'S), sendo a equação-padrão obtida pelas soluções com 0; 0,02; 0,04; 0,08; 0,10; 0,14 e 0,16 mL de glicose. A capacidade fermentativa (CF) das silagens foi calculada utilizando a equação descrita por Kaiser et al. (2002):

$$\text{CF} = \% \text{ MS} + 8 (\text{CHO'S} / \text{CT})$$

Onde:

MS = matéria seca em %

CHO'S = carboidratos solúveis em % da MS

CT = capacidade tampão em meq de NaOH / 100g de MS

4.2.8 Análises Microbiológicas

Os materiais utilizados para a realização das diluições das amostras referentes as análises microbiológicas foram autoclavados por 20 minutos a 120°C. A esterilização das placas de Petri foi realizada por via seca, em estufa de esterilização, por 2 horas a 230°C.

A metodologia adotada para as análises microbiológicas foi realizada a partir das técnicas de cultura descrita por Silva et al. (2017). Após abertura dos silos e homogeneização da silagem,

foram coletadas 25 g de amostra de cada silo para essas análises. Todo o procedimento para manuseio das amostras foi realizado próximo a chama do bico de Bunsen (máximo 10 cm de distância), com o uso de máscaras, luvas de látex e álcool etílico hidratado (70° INPM).

Após a preparação do extrato (225 mL de água destilada estéril + 25g de amostra), foi realizada homogeneização com agitação leve. A partir desta solução foram feitas as diluições nos tubos de ensaio com a água destilada esterilizada, pipetando 1 mL em sucessivas diluições de 10^{-1} a 10^{-7} . Posteriormente, foi feita a semeadura em superfície nas placas com os meios de cultura, anteriormente preparados, sendo usado 0,1 mL de inóculo.

Após a incubação, a contagem foi realizada manualmente com auxílio de um contador de colônias do tipo Quebec, sendo necessária a multiplicação da quantidade encontrada na diluição e posteriormente os valores serem transformados em $\log_{10}$.

4.2.8.1 *Clostridium spp.*

O meio de cultura colocado nas placas de petri esterilizadas foi o Reinforced Clostridial Medium e o Agar (NEOGEN, Lansing, MI) seguindo a recomendação do fabricante. Após a semeadura em superfície, as placas permaneceram durante 24 horas a 35°C em incubação anaeróbia, fazendo-se uso da estufa com sistema de injeção de gás com CO₂ (Tecnal-Te-399). O meio utilizado na abertura dos silos com 60 dias estava contaminado, sendo desconsiderado os resultados para esse tempo de armazenamento.

4.2.8.2 Bactérias Ácido Láticas

O meio de cultura usado foi o Lactobacillus MRS Agar (NEOGEN, Lansing, MI) e o preparo foi realizado de acordo com a recomendação do fabricante. Depois da semeadura em superfície, as placas foram incubadas durante 48 horas a 37°C em incubação anaeróbia (Eletrolab-EL202).

4.2.8.3 Contagem Padrão de *Aeróbios Mesófilos*

O Plate Count Agar (KASVI, São José do Pinhais, PR) foi o meio de cultura usado para a contagem das bactérias *aeróbias mesófilas*, sendo preparado de acordo com a recomendação do fabricante. A semeadura foi realizada em superfície e as placas inoculadas permaneceram em estufa (Eletrolab-EL202) durante 24 a 48 horas a 37°C.

4.2.9 Estabilidade aeróbia

Na abertura dos silos, o material central foi homogeneizado, amostrado 0,3 kg e foi armazenado em recipientes plásticos a temperatura ambiente durante sete dias. Realizou-se a determinação do pH das silagens com pHmetro digital, conforme metodologia de Cherney e Cherney (2003) e a leitura da temperatura da silagem e do ambiente foram realizadas com termômetro digital tipo espeto. A quebra da estabilidade aeróbia foi definida como o tempo necessário para que a temperatura da silagem exposta ao oxigênio apresentou elevação de 2°C em relação a temperatura ambiente (O'KIELY et al., 1999) ou quando ocorreu o aumento do pH de 0,5 unidades durante o período de avaliação (WEINBERG et al., 2009).

4.2.10 Análise estatística

Os dados foram avaliados quanto à normalidade e posteriormente submetidos à análise estatística utilizando PROC GLM do SAS® On Demand for Academics, de acordo com o modelo a seguir:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + A_j + E_k + T \times A_{ij} + T \times E_{ik} + A \times E_{jk} + T \times A \times E_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

Onde:

Y_{ijk} = valor observado para a variável resposta;

μ = média de todas as observações;

T_i = efeito fixo da cultivar;

A_j = efeito fixo da inclusão de milho;

E_k = efeito do tempo armazenamento;

$T \times A_{ij}$ = efeito da interação entre a cultivar e a inclusão de milho;

$T \times E_{ik}$ = efeito da interação entre a cultivar e o tempo de armazenamento;

$A \times E_{jk}$ = efeito da interação entre a inclusão de milho e o tempo de armazenamento;

$T \times A \times E_{ijk}$ é o efeito da interação entre a cultivar, inclusão de milho e o tempo de armazenamento;

ϵ_{ijk} = erro experimental.

Na avaliação do pH e temperatura durante a estabilidade aeróbia foi utilizado o modelo, porém o as medidas repetidas no tempo foram realizadas quanto a exposição ao ar.

Onde:

Y_{ijk} = valor observado para a variável resposta;

μ = média de todas as observações;

T_i = efeito fixo do tipo de silagem;

A_j = efeito fixo do tempo de armazenamento;

E_k = efeito do tempo de exposição ao oxigênio;

$T \times A_{ij}$ = efeito da interação entre o tipo de silagem e o tempo de armazenamento;

$T \times E_{ik}$ = efeito da interação entre o tipo de silagem e o tempo de exposição ao oxigênio;

$A \times E_{jk}$ = efeito da interação entre o tempo de armazenamento e de exposição ao oxigênio;

$T \times A \times E_{ijk}$ é o efeito da interação entre o tipo de silagem, tempo de armazenamento e de exposição ao oxigênio;

ϵ_{ijk} = erro experimental.

A opção PDIFF ajustada pelo método Tukey foi incluída na instrução LSMEANS para considerar comparações múltiplas. A significância foi declarada $\rho \leq 0,05$ para todas variáveis.

4.3 Resultados e discussão

A temperatura das silagens do terço superior de mandioca (STSM) diferiu entre as médias dos tempos de armazenamento ($p < 0,0001$) (Tabela 9). As variações da temperatura do ambiente podem ter influenciado na manutenção da temperatura interna do silo, devido a sua grande área da superfície externa. Aos 30 dias a média das temperaturas das silagens foi de 23°C, sendo a do ambiente 23,2°C, já no dia da ensilagem (0 dia) a média da temperatura da forragem ensilada foi de 18,38°C e a do ambiente foi 17,2°C. De acordo com Bernardes et al. (2018), a temperatura ambiente influencia todos os estágios da produção de silagem, que vai desde a produção no campo, até a sua utilização.

Tabela 9. Temperatura, pH e avaliação microbiológica das silagens do terço superior de mandioca (STSM), com e sem inclusão de 25% de milho moído em diferentes tempos de armazenamento

Fatores		Temperatura (°C)	pH	CLOS ⁵	AM ⁶	BAL ⁷
		(log UFC g ⁻¹)				
C ¹	Baianinha	21,08	4,79	7,66	7,19	7,00
	Ecu 72	21,16	4,71	7,87	7,34	6,96
I ²	Com 25% de milho	21,17	4,81	7,94	7,42	7,05
	Sem milho	21,08	4,69	7,59	7,10	6,90
T ³	0 dia	18,38 C	6,48 A	-	-	-
	30 dias	23,00 A	3,90 B	7,76	7,83	7,52
	60 dias	22,00 B	3,88 B	-	6,70	6,44
Anova		p-valor				
Cultivar		0,3240	<,0001	0,0552	0,0439	0,7056
Inclusão		0,3240	<,0001	0,0037	0,0002	0,2236
Tempo		<,0001	<,0001	-	<,0001	<,0001
C ¹ x I ²		0,3240	0,6268	0,2977	0,5460	0,6014
C ¹ x T ³		0,3779	0,1148	-	0,0102	0,9589
I ² x T ³		0,3779	0,0150	-	0,1602	0,0115
V ¹ x C ² x T ³		0,3779	0,1157	-	0,3637	0,1630
EPM ⁴		0,2927	0,1787	0,0699	0,1134	0,1160

¹Cultivar; ²Inclusão; ³Tempo de armazenamento; ⁴Erro Padrão da Média; ⁵ Clostrídeos; ⁶Aeróbios Mesófilos;

⁷Bactérias Ácido Láticas; UFC = Unidade Formadora de Colônia. Letras maiúsculas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na avaliação do pH, houve interação entre as inclusões de milho moído e os tempos de armazenamento das silagens ($p=0,0150$) (Tabela 10). A inclusão de 25% de milho moído aumentou o pH no momento da ensilagem, o que pode ter contribuído para elevar o pH com 60 dias de armazenamento. Mesmo com esse aumento, as STSM com 30 e 60 dias mantiveram o pH abaixo de 4,2, o que conforme McDonald, Henderson e Heron (1991) é considerado suficiente para evitar as fermentações clostridiais. Mota et al. (2011), ao avaliarem o pH em STSM de 4 cultivares (Amarelinha, Olho Roxo, Periquita e Sabará) após 56 dias de ensilagem obteve pH de 3,91 sendo próximos aos valores encontrados após o dia da ensilagem.

Tabela 10. Interações entre a inclusão de milho e os tempos de armazenamento do pH das silagens do terço superior de mandioca

		pH		
		Tempo de armazenamento (dias)		
Fatores		0	30	60
Inclusão	Com 25% de milho	6,57 Aa	3,93 b	3,94 Ab
	Sem milho	6,39 Ba	3,87 b	3,82 Bb

Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve diferença significativa para inclusão de milho ($p=0,0037$) na avaliação dos clostrídeos, obtendo mais unidades formadoras de colônia com a inclusão de 25% de milho moído, que provavelmente ocorreu devido ao aumento no pH com o milho. A contagem das colônias foi realizada com 30 dias após a ensilagem, pois aos 60 dias o meio de cultura estava contaminado (Tabela 9). O estudo de Tinini (2018), com silagens da parte aérea de mandioca de 6 cultivares em diferentes tempos de armazenamento, teve diferença significativa entre as silagens e os tempos, onde aos 28 dias as silagens obtiveram valores entre 3,69 log UFC g⁻¹ (cultivar 5721) a 6,85 log UFC g⁻¹ (cultivar 6057).

Na avaliação microbiológica das silagens houve interações entre as cultivares de mandioca e os tempos de armazenamento sobre os *aeróbios mesófilos* ($p=0,0102$), e entre as inclusões de milho moído e os tempos de armazenamento sobre as bactérias ácido lácticas ($p=0,0115$) (Tabela 11). A cultivar baianinha apresentou menor quantidade de *aeróbios mesófilos* aos 30 dias quando comparada com a Ecu 72, porém aos 60 dias as duas cultivares reduziram as quantidades desse microrganismo e são consideradas iguais estatisticamente. Isso

pode indicar que com o avanço da fermentação houve redução de oxigênio devido à compactação e vedação eficiente, causando a diminuição de microrganismos anaeróbios.

As bactérias ácido lácticas (BAL) das silagens reduziu enquanto o tempo de armazenamento aumentou de 30 dias para 60 dias. Além disso, a inclusão de milho ajudou a manter uma maior quantidade desses microrganismos aos 60 dias, isso provavelmente aconteceu por causa da redução dos carboidratos solúveis, pois as bactérias utilizam a energia que é metabolizada através deles para o seu desenvolvimento. Tinini (2018), observou um efeito quadrático ao avaliar as BAL em silagens da parte aérea de mandioca de 6 cultivares (5721; 5803; 5925; 6057; IAC 90e a Paraguaia) em diferentes tempos de abertura (0,1,3,7,14,28 e 56 dias), onde houve crescimento até os 14 dias de armazenamento e reduziram nos tempos de 28 e 56 dias.

Tabela 11. Interações entre as cultivares de mandioca e os tempos de armazenamento sobre os *aeróbios mesófilos*, e as inclusões de milho moído e os tempos de armazenamento das bactérias ácido lácticas nas avaliações microbiológicas das silagens do terço superior de mandioca

Fatores		Tempo de armazenamento (dias)	
		30	60
<i>Aeróbios Mesófilos (log UFC g⁻¹)</i>			
Cultivar	Baianinha	7,65 Ba	6,72 b
	Ecu 72	8,01 Aa	6,67 b
<i>Bactérias Ácidos Lácticas (log UFC g⁻¹)</i>			
Inclusão	Com 25% de milho	7,43 a	6,68 Ab
	Sem milho	7,61 a	6,20 Bb

Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com relação à capacidade tampão do terço superior de mandioca no momento da ensilagem, houve diferença entre as silagens ($p < 0,0001$) (Tabela 12). A inclusão do milho nas silagens reduziu a capacidade tampão, o que pode ter facilitado a queda rápida de pH. A cultivar Ecu 72 com 25% de milho teve o menor valor (18,54 meq NaOH 100 kg MS⁻¹), já a cultivar Baianinha sem milho apresentou o maior valor (21,80 meq NaOH 100 kg MS⁻¹). Fluck et al. (2017), objetivaram valores entre 33,65 a 51,43 meq NaOH 100 kg MS⁻¹ em silagens de rama de mandioca com ou sem desidratação de duas cultivares (Pão e IAC7650), porém, vários fatores como as diferenças entre as cultivares, idade, parte da planta utilizada (folhas + caule),

entres outras características podem ter influenciado na disparidade dos encontrado neste trabalho.

Tabela 12. Capacidade tampão e a capacidade fermentativa do terço superior de mandioca das cultivares Ecu 72 e Baianinha, sem e com inclusão de 25 % de milho moído

Variáveis	Baianinha		Ecu 72		EPM ³	p-valor
	CM ¹	SM ²	CM ¹	SM ²		
Capacidade Tampão (meq NaOH 100 kg MS ⁻¹)	20,44 c	21,80 a	18,54 d	21,18 b	0,3207	<0,0001
Capacidade Fermentativa (g kg ⁻¹)	39,63 b	23,72 d	42,75 a	24,37 c	2,2325	<0,0001

¹Com 25% de Milho (na MN); ²Sem Milho moído; ³ Erro Padrão da Média. Diferença estatisticamente significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A capacidade fermentativa (CF) é inversamente proporcional a capacidade tampão, sendo assim, a inclusão dos 25% de milho aumentou a CF ($p < 0,0001$), atingindo valores superiores a 35 g kg⁻¹, que de acordo com Andrade Junior et al. (2014) é necessário para obtenção da fermentação láctica segura.

Na avaliação da composição bromatológica das STSM (Tabela 13), a matéria seca (MS) teve interação entre as inclusões de milho e os tempos de armazenamento ($p = 0,0307$) (Tabela 14). A inclusão de 25% de milho moído aumentou os teores de MS das silagens, o que já era esperado, pois a matéria seca do milho com grão seco moído é alta (828,39 g kg⁻¹). De acordo com Driehuis et al. (2018), valores de MS superiores a 30% em silagens são considerados almejavéis para evitar o desenvolvimento indesejável de clostrídeos, todavia nesse trabalho a inclusão do milho elevou a MS, como também o pH da silagem e carboidratos não fibrosos, que podem ter favorecido o aumento dos clostrídeos. As MS das silagens com milho apresentaram valores superiores a recomendação dos autores em todos os tempos de abertura.

As diferenças das MS entre os tempos de armazenamento nas silagens com milho, possivelmente reduziu com a utilização dos carboidratos solúveis no processo de fermentação. McEniry et al. (2008), também mencionam a importância da obtenção de um teor de MS em níveis mais altos para melhoria do armazenamento a longo prazo. As STSM sem milho apresentaram valores de MS próximos aos de Modesto et al. (2004) de 250,2 g kg⁻¹.

Tabela 13. Composição bromatológica das silagens do terço superior de mandioca com e sem inclusão de 25% de milho moído em diferentes tempos de armazenamento

Fatores		MS ⁵	MM ⁶	EE ⁷	PB ⁸
		(g kg ⁻¹)	(g kg ⁻¹ MS)		
C ¹	Baianinha	306,66	63,33	23,59	99,46
	Ecu 72	311,86	56,51	33,10	115,79
I ²	Com 25% de milho	383,47	46,81	31,00	101,36
	Sem milho	235,05	73,05	25,70	113,89
T ³	0 dia	317,23	58,91	25,98 B	107,34
	30 dias	302,18	60,75	29,23 A	108,87
	60 dias	308,37	60,12	29,84 A	106,67
Anova		p-valor			
Cultivar		0,3300	<,0001	<,0001	<,0001
Inclusão		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Tempo		0,0770	0,6134	<,0001	0,1520
C ¹ x I ²		0,9233	0,2561	<,0001	<,0001
C ¹ x T ³		0,2026	0,0524	<,0001	0,3337
I ² x T ³		0,0307	0,1802	<,0001	0,1183
V ¹ x C ² x T ³		0,3191	0,5627	0,2738	0,5362
EPM ⁴		1,1198	0,2127	0,0937	0,1650

¹Cultivar; ²Inclusão; ³Tempo de armazenamento; ⁴Erro Padrão da Média; ⁵Matéria Seca; ⁶Matéria Mineral; ⁷Extrato Etéreo; ⁸Proteína Bruta. Letras maiúsculas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 14. Interações entre as inclusões de 25% de milho moído e os tempos de armazenamento sobre a matéria seca das silagens do terço superior de mandioca

		Matéria Seca (g kg ⁻¹)		
Fatores		Tempo de armazenamento (dias)		
		0	30	60
Inclusão	Com 25% de milho	401,73 Aa	371,81 Ab	376,87 Aab
	Sem milho	232,73 B	232,55 B	239,88 B

Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores da matéria mineral (MM) das STSM diferiram nas médias das cultivares ($p < 0,0001$), e nas inclusões ($p < 0,0001$) indicando que a conservação dos minerais foi eficiente durante os tempos de armazenamento avaliados (Tabela 13). A cultivar baianinha e as silagens sem milho tiveram a MM mais alta. Modesto et al. (2004) avaliaram a composição bromatológica da STSM e encontram o valor de $74,2 \text{ g kg}^{-1}$, sendo próximo aos da STSM sem milho nesse trabalho.

Na avaliação do extrato etéreo (EE) houve interação entre as cultivares e inclusões de milho ($p < 0,0001$), cultivares e os tempos de armazenamento ($p < 0,0001$), e entre as inclusões e os tempos ($p < 0,0001$) das STSM (Tabela 15). A Ecu 72 apresentou maior quantidade de EE em relação a Baianinha e a inclusão dos 25% de milho moído aumentou os EE, pois o milho utilizado tinha $51,4 \text{ g kg}^{-1}$ MS. À medida que aumentou o tempo de armazenamento, a Baianinha aumentou a quantidade de EE, possivelmente isso aconteceu devido a reduções dos carboidratos da fração A que foram utilizados no processo de fermentação ou por perda de efluentes, acabou concentrado a o EE na silagem. Isso pode ter acontecido também com a inclusão do milho, pois o EE foi maior após 30 e 60 dias de armazenamento. Modesto et al. (2004) obtiveram $42,5 \text{ g kg}^{-1}$ MS de EE na STSM, sendo que a idade das plantas, o cultivar, além de fatores climáticos e ambientais podem influenciar nos valores desse parâmetro.

Tabela 15. Interações entre as cultivares, inclusões e os tempos de armazenamentos do extrato etéreo das silagens do terço superior de mandioca

Extrato Etéreo (g kg ⁻¹ MS)				
Fatores		Inclusão		
		CM ¹	SM ²	
Cultivar	Baianinha	27,51 Ba	19,68 Bb	
	Ecu 72	34,49 Aa	31,72 Ab	
Fatores		Tempo de armazenamento (dias)		
		0	30	60
Cultivar	Baianinha	18,52 Bb	25,85 Ba	26,41 Ba
	Ecu 72	33,44 A	32,60 A	33,27 A
Inclusão	Com 25% de milho	26,96 b	31,95 Aa	34,09 Aa
	Sem milho	25,01	26,51 B	25,58 B

Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve interação entre as cultivares e as inclusões de milho na avaliação da proteína bruta (PB) ($p < 0,0001$) nas STSM (Tabela 16). A cultivar Ecu 72 apresentou maior quantidade de PB entre as cultivares, e as silagens sem milho tiveram as médias de PB superiores. O milho é um ingrediente energético com baixa quantidade de PB ($73,0 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$) e o terço superior da mandioca é a parte da planta com maior teor de proteína. Todavia, os valores encontrados nesse trabalho foram inferiores a encontrados por Modesto et al. (2004) ($194,6 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$), Mota et al. (2011) ($178,1 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$) e NASCIMENTO (2016) ($157,6 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$) em STSM. Provavelmente a idade das plantas pode ter contribuído para a baixa concertação de PB, já que estavam próximo de completar o ciclo de desenvolvimento (22 meses de idade), além das condições de solo e os diferentes tratos culturais.

Tabela 16. Interações entre as cultivares e as inclusões de milho moído da proteína bruta das silagens do terço superior de mandioca

Proteína Bruta ($\text{g kg}^{-1} \text{ MS}$)			
Fatores		Inclusão	
		Com 25% de milho	Sem milho
Cultivar	Baianinha	96,63 Bb	102,29 Ba
	Ecu 72	106,09 Ab	125,49 Aa

Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A fibra em detergente neutro (FDN) diferiu entre as médias das inclusões de milho moído ($p < 0,0001$) (Tabela 17). A inclusão de 25% de milho favoreceu a redução da FDN, pois o milho possui baixos valores de FDN ($121,2 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$). De acordo com Oba e Allem (2000), elevada quantidade de FDN reduz o consumo de MS dos ruminantes, sendo recomendado o uso de forrageiras com até $550 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ para alimentação de ruminantes (VAN SOEST, 1994). Sendo assim, as silagens apresentaram valores adequados de FDN.

Houve interação entre as inclusões de milho e os tempos de armazenamento relacionados a FDA ($p = 0,0058$) das STSM (Tabela 18). A inclusão de 25% de milho também favoreceu a redução da FDA, pois o milho possui FDA em menor quantidade ($68,9 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$). A FDA reduziu com o aumento do tempo de armazenamento, podendo estar relacionado com a hemicelulose que aumentou após a ensilagem.

Tabela 17. Composição fibrosa das silagens do terço superior de mandioca com e sem inclusão de 25% de milho moído em diferentes tempos de armazenamento

Fatores		FDN ⁵	FDA ⁶	CEL ⁷	HEM ⁸	LIG ⁹
		(g kg ⁻¹ MS)				
C ¹	Baianinha	397,41	346,50	263,54	50,90	82,99
	Ecu 72	403,22	348,40	247,55	54,82	100,85
I ²	Com 25% de milho	283,66	221,29	175,21	62,37	46,08
	Sem milho	516,97	473,62	335,88	43,36	13,78
T ³	0 dia	400,49	355,55	267,13 A	44,94 C	88,47
	30 dias	407,01	346,46	252,88 B	60,55 A	93,58
	60 dias	393,34	340,35	246,63 B	53,09 B	93,71
Anova		p-valor				
Cultivar		0,3868	0,7600	0,0017	0,1115	<,0001
Inclusão		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Tempo		0,2619	0,1438	0,0035	<,0001	0,1453
C ¹ x I ²		0,5779	0,1680	0,0667	0,0468	0,9366
C ¹ x T ³		0,4074	0,5227	0,5939	0,0012	0,0169
I ² x T ³		0,6409	0,0058	0,0001	<,0001	0,3007
V ¹ x C ² x T ³		0,8467	0,0730	0,0046	0,0001	0,1830
EPM ⁴		1,7310	1,8736	1,2215	0,2565	0,6938

¹Cultivar; ²Inclusão; ³Tempo de armazenamento; ⁴Erro Padrão da Média; ⁵Fibra em Detergente Neutro; ⁶Fibra em Detergente Ácido; ⁷Celulose; ⁸Hemicelulose; ⁹ Lignina. Letras maiúsculas distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 18. Interações entre as inclusões de milho moído e os tempos de armazenamento da fibra em detergente ácido (FDA), e as interações entre as cultivares e os tempos de armazenamento da lignina das silagens do terço superior de mandioca (STSM)

Fatores		Tempo de armazenamento (dias)		
		0	30	60
		Fibra em Detergente Ácido (g kg ⁻¹ MS)		
Inclusão	Com 25% de milho	214,85 B	231,05 B	217,96 B
	Sem milho	496,24 Aa	461,87 Ab	462,74 Ab
		Lignina (g kg ⁻¹ MS)		
Cultivar	Baianinha	81,92 B	79,48 B	87,59
	Ecu 72	95,03 Ab	107,68 Aa	99,84 ab

Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve interação entre as cultivares, inclusões de milho e os tempos de armazenamento ($p=0,0046$) na avaliação de celulose (Tabela 19). A cultivar Ecu 72 sem milho reduziu a celulose aos 30 e 60 dias, o que pode estar relacionada com o aumento de lignina (Tabela 18), pois podem ocorrer mudanças em compostos não digestíveis das partes estruturais da parede celular (VAN SOEST, 1994). A inclusão de 25% de milho reduziu a celulose e o FDA, porque estes componentes estão presentes na parede celular das plantas, e o milho é um grão com alto teor de carboidratos não estruturais.

Tabela 19. Interações entre as cultivares, inclusões e os tempos de armazenamentos da celulose e hemicelulose das silagens do terço superior de mandioca com ou sem 25% de milho moído em diferentes tempos de armazenamento

Cultivar	Inclusão	Tempo de armazenamento (dias)		
		0	30	60
Celulose (g kg ⁻¹ MS)				
Baianinha	Com 25% de milho	178,49 B	175,18 B	182,59 B
	Sem milho	364,94 A	349,48 A	330,60 A
Ecu 72	Com 25% de milho	163,50 B	188,53 B	162,98 B
	Sem milho	361,60 Aa	298,33 Ab	310,37 Ab
Baianinha	Com 25% de milho	178,49	175,18	182,59
Ecu 72		163,50	188,53	162,98
Baianinha	Sem milho	364,94	349,48 A	330,60
Ecu 72		361,60 a	298,33 Bb	310,37 b
Hemicelulose (g kg ⁻¹ MS)				
Baianinha	Com 25% de milho	64,65 A	68,66 A	55,35
	Sem milho	34,60 B	44,98 B	37,18
Ecu 72	Com 25% de milho	65,43 A	57,51	62,63
	Sem milho	15,09 Bb	71,07 a	57,22 a
Baianinha	Com 25% de milho	64,65	68,66	55,35
Ecu 72		65,43	57,51	62,63
Baianinha	Sem milho	34,60	44,98 B	37,18
Ecu 72		15,09 b	71,07 Aa	57,22 a

Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A hemicelulose teve interação das cultivares, inclusões de milho e os tempos de armazenamento ($p=0,0001$). A cultivar Ecu 72 sem milho, aumentou a hemicelulose após a ensilagem e a inclusão de 25% de milho moído na STSM aumentou a hemicelulose no e dia 0, o que pode ter reduziu a celulose. Nascimento (2016) obteve valores de 160,1 g kg⁻¹ MS de hemicelulose e 280,9 g kg⁻¹ MS de celulose antes da ensilagem demonstrando que essas variações das frações fibrosas podem ocorrer conforme as características das plantas, do ambiente e no processo de fermentação da silagem.

Na avaliação dos carboidratos não fibrosos (CNF) houve diferença entre as médias das cultivares ($p=0,0017$), e as médias das inclusões de milho ($p<,0001$) (Tabela 20).

Tabela 20. Carboidratos totais (CT), não fibrosos (CNF) e o fracionamento das silagens com e sem inclusão de 25% de milho em diferentes tempos de armazenamento

Fatores		CT ⁵	CNF ⁶	Fração dos Carboidratos			
				A	B1	B2	C
				(g kg ⁻¹)			
C ¹	Baianinha	813,61	416,21	42,00	470,13	373,32	114,55
	Ecu 72	794,59	391,36	40,58	452,63	364,81	141,97
I ²	Com 25% de milho	820,83	537,18	34,26	623,89	302,87	38,98
	Sem milho	787,37	270,39	48,33	298,86	435,27	217,54
T ³	0 dia	807,76 A	407,27	78,26 A	425,96 B	372,29	123,49
	30 dias	801,16 B	394,14	24,61 B	467,76 A	375,49	132,14
	60 dias	803,34 AB	409,94	21,01 B	490,42 A	359,42	129,15
Anova		p-valor					
Cultivar		<,0001	0,0017	0,4467	0,0465	0,1405	<,0001
Inclusão		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Tempo		0,0147	0,1832	<,0001	<,0001	0,0610	0,2880
C ¹ x I ²		0,0001	0,5966	0,0217	0,3585	0,2621	0,0333
C ¹ x T ³		0,7059	0,4925	0,4678	0,3630	0,4972	0,0386
I ² x T ³		0,0548	0,5019	<,0001	0,0470	0,1683	0,7375
V ¹ x C ² x T ³		0,5821	0,8986	0,6957	0,8318	0,1371	0,2850
EPM ⁴		0,3016	1,9852	0,4178	2,4420	1,0127	1,3391

¹Cultivar; ²Inclusão; ³Tempo de armazenamento; ⁴Erro Padrão da Média; ⁵Carboidratos Totais; ⁶Carboidratos Não Fibrosos. Letras maiúsculas distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A cultivar Baianinha teve maior quantidade de CNF (416,21 g kg⁻¹) e a inclusão dos 25% de milho também possibilitou o aumento dos CNF, pois o milho possuía valor de 713,2 g kg⁻¹ MS. Conforme Bernardes et al. (2018), os CNF são a principal fonte de substrato fermentáveis no processo de ensilagem, como são prontamente fermentáveis para os microrganismos ruminais, melhorando a qualidade da silagem.

Houve interação entre as cultivares e as inclusões de milho na avaliação dos carboidratos totais (CT) ($p=0,0001$) das STSM (Tabela 21). A cultivar baianinha foi superior na quantidade de CT, e a inclusão de 25% de milho aumentou a quantidade de CT, pois o milho é um concentrado energético com 834,4 g kg⁻¹ MS nesse trabalho. Portanto, as médias das variedades com e sem inclusão de 25% milho foram próximas ou superiores a recomendação de Van Soest (1994) sobre as plantas forrageiras, as quais devem apresentar CT de 500 a 800 g kg⁻¹ MS.

Tabela 21. Interações entre as cultivares e as inclusões de 25% de milho moído dos carboidratos totais (CT) das silagens do terço superior de mandioca (STSM)

Carboidratos Totais (g kg ⁻¹)			
Fatores		Inclusão	
		Com 25% de Milho	Sem milho
Cultivar	Baianinha	826,53 Aa	800,70 Ab
	Ecu 72	815,14 Ba	774,03 Bb

Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os carboidratos foram divididos em frações, sendo a fração A composta pelos carboidratos solúveis, a B1 por amido que pode ser rapidamente degradado no rúmen, a fração B2 formada por carboidratos de degradação lenta e a fração C por carboidratos indigestíveis. Na avaliação da fração A, houve interação entre as cultivares e as inclusões de milho ($p=0,0217$), e interação entre as cultivares e os tempos de armazenamento das STSM ($p<,0001$) (Tabela 22). A inclusão do milho reduziu a quantidade de carboidratos da fração A, mas em compensação a fração B1 aumentou significante (Tabela 23), pois o milho tem concentração alta de amido. Com relação ao tempo de armazenamento, a redução na fração A pode ter ocorrido devido a utilização desses carboidratos pelos microrganismos que se desenvolvem no processo de fermentação.

Tabela 22. Interação entre as cultivares e inclusões de milho moído, e a interação entre as cultivares e os tempos de armazenamento na Fração A dos carboidratos das silagens do terço superior de mandioca (STSM)

Fração A (g kg ⁻¹)							
Fatores		Inclusão		Inclusão	Tempo de armazenamento (dias)		
		CM ¹	SM ²		0	30	60
Cultivar	Baianinha	37,18 b	46,82 a	CM ¹	61,66 Ba	20,74 b	20,37 b
	Ecu 72	31,33 b	49,84 a	SM ²	94,86 Aa	28,47 b	21,66 b

¹Com 25% de milho moído (na MN); ² Sem milho moído. Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 23. Interações entre as inclusões de 25% de milho moído e os tempos de armazenamento na Fração B1 dos carboidratos das silagens do terço superior de mandioca (STSM)

Fração B1 (g kg ⁻¹)				
Fatores		Tempo de armazenamento (dias)		
		0	30	60
Inclusão	Com 25% de milho	603,94 A	623,37 A	644,37 A
	Sem milho	247,98 Bb	312,15 Ba	336,46 Ba

Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A fração C teve interação entre as cultivares e as inclusões de milho ($p=0,0333$) e entre as cultivares e os tempos de armazenamento ($p=0,0386$) (Tabela 24).

Tabela 24. Interações entre as variedades, inclusões e os tempos de armazenamento na Fração C dos carboidratos das silagens do terço superior de mandioca (STSM)

Fração C (g kg ⁻¹)						
Fatores		Inclusão		Tempo de armazenamento (dias)		
		CM ¹	SM ²	0	30	60
Cultivar	Baianinha	30,21 Bb	198,88 Ba	113,87	109,99 B	119,78
	Ecu 72	47,75 Ab	236,20 Aa	133,11	154,30 A	138,52

¹Com 25% de milho moído (na MN); ² Sem milho moído. Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Segundo Ribeiro et al. (2014), elevados teores na fração C dos carboidratos, podem influenciar negativamente o desempenho dos animais, pois podem reduzir o consumo e digestibilidade. A inclusão do milho reduziu a quantidades de carboidratos da fração C, pois o milho tinha 75,2 g kg⁻¹ MS. A silagem da cultivar Ecu 72 obteve maiores valores, podendo estar relacionado com a quantidade de lignina da silagem.

Na avaliação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) (Tabela 25) houve interação entre as cultivares e inclusões de milho ($p=0,0247$), como também interação entre as inclusões e os tempos de armazenamento ($p=0,0291$) (Tabela 26). A DIVMS nas STSM com o maior tempo de armazenamento avaliado nesse trabalho (60 dias), teve uma melhor digestibilidade na cultivar Baianiha (711,36 g kg⁻¹) quando compara com a Ecu 72 (674,34 g kg⁻¹). Isso pode ter ocorrido devido a maior quantidade de carboidratos totais e não fibrosos, na Baianinha, e menor quantidade de carboidratos indigestíveis (Fração C).

A inclusão de 25% de milho aumentou a DIVMS, o que provavelmente ocorreu porque o milho aumentou a fração B1 dos carboidratos que são rapidamente degradados no rúmen, além de reduzir a quantidade dos carboidratos da fração C que são indigestíveis. Sobral et al. (2015) ao avaliarem a DIVMS da silagem da parte aérea de 29 cultivares de mandioca após 180 dias de ensilagem, encontram a média de 460,3 g kg⁻¹, sendo que os valores variaram de 375,6 a 523,4 g kg⁻¹ entre as cultivares. A partir disso, é possível verificar que os valores encontrados nesse trabalho demonstram que a STSM das duas cultivares tiveram alta DIVMS e que a inclusão dos 25% de milho possibilitou elevar ainda mais essa digestibilidade.

A DIV da matéria orgânica (Tabela 25) diferiu entre as médias das cultivares ($p=0,108$), sendo maior na Baininha (731,55 g kg⁻¹) quando comparada com a Ecu 72 (711,99 g kg⁻¹), e diferiu entre as médias das inclusões, onde a inclusão de 25% de milho moído aumentou a digestibilidade (837,64 g kg⁻¹).

A digestibilidade *in vitro* da parede celular (DIVPC) teve interação entre as inclusões e os tempos de armazenamento ($p<,0001$). Os 25% de milho aumentou a DIVPC, pois o milho é um concentrado energético com baixo teor de fibra, que ajudou na redução da FDN e a celulose das STSM. De acordo com Grant e Ferraretto (2018), a DIVPC pode aumentar quando o teor de lignina ou do FDN indigestível reduz. Após a ensilagem a DIVPC foi reduzida provavelmente pela diminuição na quantidade de carboidratos solúveis utilizados pelos microrganismos que se desenvolveram no processo de fermentação.

Houve interação entre as cultivares e inclusões de milho ($p<,0001$), como também as cultivares e os tempos de armazenamento ($p<,0001$) na avaliação da digestibilidade *in vitro* da proteína bruta (DIVPB) (Tabela 27). A DIVPB das STSM foi maior na Baiania, mesmo quando

a quantidade de PB foi menor para essa cultivar. A Ecu 72 reduziu a digestibilidade após a ensilagem, possivelmente isso aconteceu devido a diferente composição das frações proteicas da planta, que nesse caso devem ser maiores para proteínas indigestíveis do que na outra cultivar avaliada. O alto teor do amido no milho, que é rapidamente degradado no rúmen aumentou a digestibilidade da MS, MO, PC e PB das STSM com a inclusão de 25% de milho moído.

Tabela 25. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), matéria orgânica (DIVMO), parede celular (DIVPC) e proteína bruta (DIVPB) das silagens do terço superior de mandioca (STSM) com e sem inclusão de 25% de milho moído em diferentes tempos de armazenamento

Fatores		DIVMS ⁵	DIVMO ⁶	DIVPC ⁷	DIVPB ⁸
		(g kg ⁻¹)			
C ¹	Baianinha	702,38	731,55	412,87	890,13
	Ecu 72	682,43	711,99	419,18	811,09
I ²	Com 25% de milho	799,90	837,64	498,82	898,33
	Sem milho	584,92	605,90	333,23	802,88
T ³	0 dia	697,53	723,42	448,83 A	877,84 A
	30 dias	686,84	717,62	401,82 B	835,44 B
	60 dias	692,85	724,27	397,42 B	838,55 B
Anova		p-valor			
Cultivar		0,0036	0,0108	0,4231	<,0001
Inclusão		<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Tempo		0,4031	0,7217	<,0001	<,0001
C ¹ x I ²		0,1299	0,1124	0,1014	<,0001
C ¹ x T ³		0,0247	0,0538	0,2678	<,0001
I ² x T ³		0,0291	0,0536	<,0001	0,6338
V ¹ x C ² x T ³		0,9822	0,9991	0,4748	0,2858
EPM ⁴		1,6132	1,7389	1,0191	1,0191

¹Cultivar; ²Inclusão; ³Tempo de armazenamento; ⁴Erro Padrão da Média; ⁵Digestibilidade *In Vitro* da Matéria Seca; ⁶Digestibilidade *In Vitro* da Matéria Orgânica; ⁷Digestibilidade *In Vitro* da Parede celular; ⁸Digestibilidade *In Vitro* da Proteína Bruta. Letras maiúsculas distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 26. Interações entre as cultivares, inclusões e os tempos de armazenamento das digestibilidades *in vitro* da matéria seca e parede celular das silagens do terço superior de mandioca

Fatores		Tempo de armazenamento (dias)		
		0	30	60
Digestibilidade <i>In Vitro</i> da Matéria Seca (g kg⁻¹)				
Cultivar	Baianinha	694,76	701,03	711,36 A
	Ecu 72	700,30	672,66	674,34 B
Inclusão	Com 25% de milho	814,53 A	796,82 A	788,34 A
	Sem milho	580,53 B	576,87 B	597,36 B
Digestibilidade <i>In Vitro</i> da Parede Celular (g kg⁻¹)				
Inclusão	Com 25% de milho	563,80 Aa	473,99 Ab	458,67 Ab
	Sem milho	333,87 B	329,65 B	336,18 B

Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 27. Interações entre as cultivares e as inclusões de milho, como também entre as cultivares e os tempos de armazenamento da digestibilidade *in vitro* da proteína bruta das silagens do terço superior de mandioca

Fatores		Inclusão		Tempo de armazenamento (dias)		
		CM ¹	SM ²	0	30	60
DIVPB (g kg⁻¹)						
Cultivar	Baianinha	923,08 Aa	857,17 Ab	897,72 A	885,23 A	887,42 A
	Ecu 72	873,58 Ba	748,59 Bb	857,94 Ba	785,65 Bb	789,67 Bb

¹Com 25% de milho moído (na MN); ² Sem milho moído. Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A recuperação de matéria seca (RMS) pode ser definida como a quantidade de material ensilado que permanece disponível para ser utilizado após a abertura do silo (FERREIRA et al., 2017). Santos et al. (2018) avaliaram a RMS em quatro silagens da parte aérea de mandioca de diferentes cultivares, que foi igual a 989,4 g kg⁻¹ MS, próximo aos valores encontrados nesse trabalho com a silagem do terço superior de mandioca (Tabela 28). A cultivar Baianinha apresentou menor perda gasosa entre as cultivares avaliadas ($p < 0,0001$), e entre os tempos de

armazenamento, aos 60 dias a produção de gás foi maior ($p=0,0118$), possivelmente porque aos 30 dias o processo de fermentação ainda não tinha estabilizado.

Tabela 28. Recuperação de matéria seca (RMS) perdas gasosas (PG) e a produção de efluentes (PE) das silagens do terço superior da mandioca (STSM) com e sem inclusão de milho moído em diferentes tempos de armazenamento

Fatores		RMS ⁵ (g kg ⁻¹)	PG ⁶ (g kg ⁻¹ MS)	PE ⁷ (kg t ⁻¹ MN)
C ¹	Baianinha	981,19	0,1169	115,19
	Ecu 72	980,25	0,2713	124,64
I ²	Com 25% de milho	974,64	0,2019	24,24
	Sem milho	986,80	0,1863	215,59
T ³	30 dias	974,34	0,1506	126,66
	60 dias	987,10	0,2375	113,17
Anova		p-valor		
Cultivar		0,9277	<,0001	0,5634
Inclusão		0,2501	0,6286	<,0001
Tempo		0,2283	0,0118	0,4105
C ¹ x I ²		0,4299	0,6286	0,2083
C ¹ x T ³		0,9821	0,3093	0,0107
I ² x T ³		0,1663	0,8615	0,0138
V ¹ x C ² x T ³		0,4278	0,8011	0,2791
EPM ⁴		0,4751	0,0022	1,9612

¹Cultivar; ²Inclusão; ³Tempo de armazenamento; ⁴Erro Padrão da Média; ⁵Recuperação de Matéria Seca; ⁶Perdas Gasosas; ⁷Produção de efluentes. Letras maiúsculas distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Houve interações entre as cultivares e os tempos de armazenamento ($p=0,0107$), com também entre as inclusões de milho e os tempos de armazenamento ($p=0,0138$) na avaliação da produção de efluentes (Tabela 29). A cultivar Ecu 72 reduziu a sua produção de efluentes aos 60 dias de armazenamento e a inclusão dos 25% de milho na STSM também foi menor com aumento do período de armazenamento (60 dias), talvez com as trocas dos gases ocorra perdas de umidade para o ambiente, ou percolação entre a areia no fundo dos minisilos e a silagem em

contato. A inclusão de milho também ajudou a reduzir as perdas por efluentes, talvez porque a MS do milho contribuiu na absorção de umidade.

Tabela 29. Interações entre as cultivares, inclusões e os tempos de armazenamento da produção de efluentes das silagens do terço superior de mandioca

Produção de Efluentes (kg t⁻¹MN)			
Fatores		Tempo de armazenamento (dias)	
		30	60
Cultivar	Baianinha	99,65	130,74
	Ecu 72	153,68 a	95,59 b
Inclusão	Com 25% de milho	52,40 Ba	-3,91 Bb
	Sem milho	200,92 A	230,26 A

¹Com 25% de milho moído (na MN); ² Sem milho moído. Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A temperatura e o pH na avaliação da estabilidade aeróbia tiveram interações (Tabela 17). A temperatura teve interações entre as silagens, os tempos de armazenamento e exposição ao ar ($p < ,0001$) (Tabela 31). O pH teve interações entre as silagens e as exposições ao ar ($p < ,0001$), e entre os tempos de armazenamento e exposições ao ar ($p < ,0001$) (Figura 1).

Tabela 30. Avaliação estatística da temperatura e do pH para estabilidade aeróbia das silagens do terço superior de mandioca (STSM) com e sem inclusão de 25% de milho moído, com 30 e 60 dias de armazenamento, durante 7 dias em exposição ao ar

Anova	p - valor	
	Temperatura	pH
Tipos de silagens	<,0001	<,0001
Tempo de armazenamento	<,0001	<,0001
Exposição ao ar	<,0001	<,0001
Tipos de silagens x tempo de armazenamento	0,0015	0,2315
Tipos de silagens x exposição ao ar	<,0001	<,0001
Tempo de armazenamento x exposição oxigênio	<,0001	<,0001
Tipos de silagens x armazenamento x exposição ao ar	<,0001	0,1594
Erro Padrão da Média	0,1303	0,1097

A avaliação da quebra da estabilidade aeróbia pela elevação de 2°C temperatura das silagens expostas ao ar em relação a temperatura ambiente (O'KIELY et al., 1999), não ocorreu nesse trabalho, talvez pela a área de contado ser alta e a quantidade de silagem baixa. O aumento de 0,5 unidades do pH realizado por Weinberg et al. (2009) como indicador da quebra de estabilidade ficou próximo aos resultados obtidos pela avaliação estatística.

Tabela 31: Interações entre as quatro silagens do terço superior da mandioca (STSM), os tempos de armazenamento (30 e 60 dias) e os 7 dias de exposição ao ar das temperaturas na avaliação da estabilidade aeróbia.

Temperatura (°C)								
STSM ¹	Armazenamento	Dias de exposição ao ar						
		1	2	3	4	5	6	7
B ²	30 dias	23,0 a	21,0 b	23,5 Aa	22,3	19,0 b	21,0 b	23,0 a
BM ³		23,0 a	20,0 b	22,5	22,8 a	20,0 b	21,0 b	23,3 a
E ⁴		23,0 a	21,0 bc	23,3 Aa	23,0 a	19,0 c	20,0 b	23,0 a
EM ⁵		23,0 a	20,0 b	22,0 B	22,8 a	19,3 c	21,0 b	23,3 a
Temperatura Ambiente*		22,7	21,7	23,1	21,2	20,5	22,4	24,2
B ²	60 dias	22,0 a	22,0 a	22,8 Aa	21,0 A	17,8 c	17,0 c	20,0 b
BM ³		22,0 a	22,0 a	21,0 B	21,0 A	18,25 b	17,0 c	20,0 b
E ⁴		22,0 a	22,0 a	21,0 B	20,0 b	18,0 c	17,0 c	19,0 b
EM ⁵		22,0 a	22,0 a	21,0 B a	19,0 B b	17,5 c	16,5 c	19,5 b
Temperatura Ambiente**		23,8	23,6	21,6	19,2	17,4	18,0	20,8
B ²	30 dias	23,0	21,0	23,5	22,3 A	19,0 A	21,0 A	23,0 A

	60 dias	22,0	22,0	22,8	21,0 B	17,8 B	17,0 B	20,0 B
BM ³	30 dias	23,0	20,0 B	22,5 A	22,8 A	20,0 A	21,0 A	23,3 A
	60 dias	22,0	22,0 A	21,0 B	21,0 B	18,3 B	17,0 B	20,0 B
E ⁴	30 dias	23,0	21,0	23,3 A	23,0 A	19,0 A	20,0 A	23,0 A
	60 dias	22,0	22,0	21,0 B	20,0 B	18,0 B	17,0 B	19,0 B
EM ⁵	30 dias	23,0	20,0 B	22,0	22,8 A	19,3 A	21,0 A	23,3 A
	60 dias	22,0	22,0 A	21,0	19,0 B	17,5 B	16,5 B	19,5 B

¹Silagem do Terço Superior da Mandioca; ²Cultivar Baianinha sem milho; ³Cultivar Baianinha com 25% de inclusão de milho (na MN); ⁴Cultivar Ecu 72 sem milho; ⁵Cultivar Ecu 72 com 25% de inclusão de milho (na MN); *Médias após a abertura com 30 dias; ** Médias após a abertura com 60 dias. Letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Sendo assim, é necessário levar em consideração as duas variáveis (temperatura e pH) para obtenção da possível quebra de estabilidade aeróbica.

As diferenças das temperaturas entre os 7 dias de exposição ao ar, provavelmente ocorreu devido as variações da temperatura ambiente. As diferenças das temperaturas das 4 STSM nos 2 tempos de armazenamento avaliados, ocorreram no terceiro e quarto dia de exposição ao ar, onde também foram encontradas as diferenças estatísticas do pH (Figura 1A).

As duas silagens com 25% de milho aos 30 dias de armazenamento tiveram temperaturas superiores, mas o pH não teve diferença estatística entre os tempos de armazenamento. Isso também ocorreu aos 60 de armazenamento, porém as temperaturas das duas silagens da cultivar baianinha com 60 dias de armazenamento foram superiores no quarto dia de exposição ao ar e os dias de exposição ao ar (Figura 1B).

Observando as diferenças estatísticas do pH, a quebra de estabilidade aeróbica das STSM ocorreu após 3 dias de exposição ao ar. A figura 1-A demonstra que entre as silagens avaliadas, após 3 dias de exposição ao ar houve a quebra a estabilidade aeróbia do pH. Com relação ao período de armazenamento após a ensilagem, também a quebra da estabilidade do pH ocorreu após o terceiro dia de exposição ao oxigênio (Figura 1, B).

Na avaliação do pH indicando a quebra de estabilidade com o aumento de 0,5 unidades durante o período de exposição ao ar (WEINBERG et al., 2009), a STSM da cultivar Baianinha sem a inclusão de milho, teve sua quebra de estabilidade após 2 dias de exposição ao ar. Seguindo o mesmo raciocínio, entre as interações do tempo de armazenamento e exposição ao ar, as médias do pH das silagens aos 30 dias de armazenamento tiveram quebra de estabilidade após 2 dias de exposição ao ar, já as médias das silagens com 60 dias tiveram a quebra da estabilidade aeróbica após 3 dias de exposição ao ar. As temperaturas entre os dias de armazenamento das STSM, após 4 dias de exposição ao ar, ou seja, após a quebra da estabilidade, com maior período de armazenamento (60 dias) tiveram temperaturas inferiores, o que estava mais próximo da temperatura ambiente.

De ante de todas essas informações e avaliações, levando em consideração as duas variáveis, temperatura e pH, o uso das STSM com e sem inclusão de milho entre os tempos avaliados, o uso para alimentação animal deverá ocorrer até às 72 horas após aeração devido à quebra da estabilidade aeróbia.

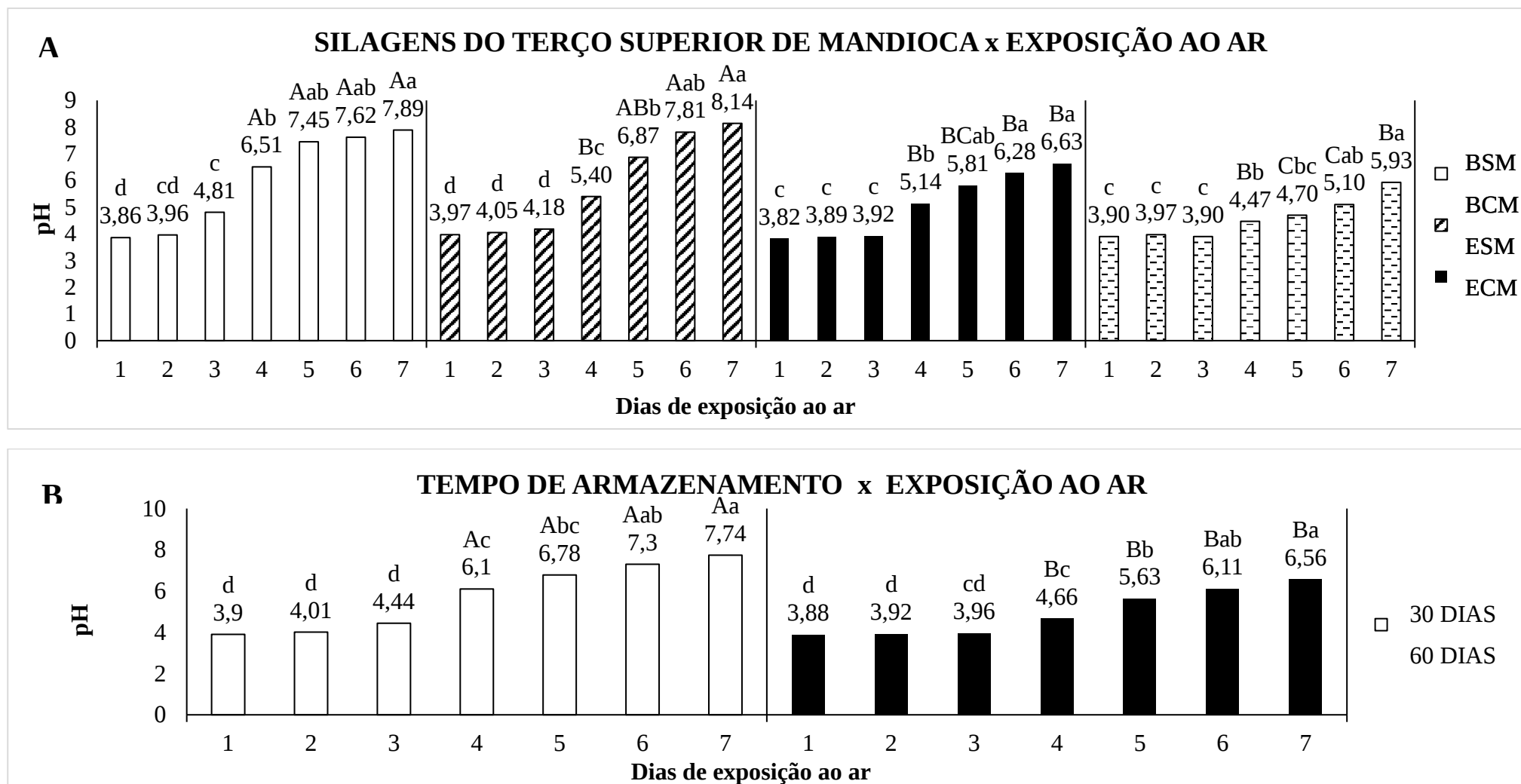


Figura 1. Avaliação do pH durante a estabilidade aeróbia das STSM com e sem inclusão de milho moído com 30 e 60 dias de armazenamento, com 7 dias de exposição ao ar. **A:** exibe as interações das silagens x exposição ao ar; Figura **B:** exibe as interações dos tempos de armazenamento x exposição ao ar. As letras maiúsculas distintas das barras de colunas e minúsculas no eixo x do gráfico diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.4 Conclusões

As cultivares Baianinha e Equador podem ser utilizadas para produção de silagem de qualidade, com inclusão de 25% de milho moído a composição e a digestibilidade das silagens foram elevadas aumentando a matéria seca e reduzir as perdas por efluentes. Entre os tempos avaliados após a ensilagem, houve estabilidade da forragem até às 72 horas após aeração devido a quebra da estabilidade aeróbia.

4.5 Referências

- ANDRADE JÚNIOR, V.C.; PEREIRA, R.C.; DORNAS, M.F. et al. Produção de silagem, composição bromatológica e capacidade fermentativa de ramas de batata-doce emurchecidas. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 91-97, 2014.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC **Official methods of analysis**. 16. ed., Arlington: AOAC International, 1990. 1025p.
- BARILLI, D. R. **Prospecção de moléculas com potencial inseticida derivadas de genótipos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 2019. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.
- BERNARDES, T. F.; DANIEL, J. L. P.; ADESOGAN, A. T., et al. Silage review: Unique challenges of silages made in hot and cold regions. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 5, p. 4001-4019, 2018.
- CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing silage quality. **Silage science and technology**, v. 42, p. 141-198, 2003.
- COBLENTZ, W. K.; AKINS, M. S. Silage review: Recent advances and future technologies for baled silages. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 5, p. 4075-4092, 2018.
- DRIEHUIS, F.; WILKINSON, J. M.; JIANG, Y., et al. Silage review: animal and human health risks from silage. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4093-4110, 2018.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical chemistry**, v.28, n.3, p.350-356, 1956.
- FARIA, T.F.R.; PINESE, F.; GIMENES, F.M.A. et al. Composição bromatológica de silagens de milho comerciais produzidas no Brasil. **Archivos de zootecnia**, v. 70, n. 269, p. 20-27, 2021.
- FERREIRA, J.P.; ANDREOTTI, M.; PASCOALOTO, I.M. et al. Losses in production of maize silage with tropical forages. **Revista Agropecuária Técnica**, v.38, n.3, p.133-141, 2017.
- FLUCK, A. C.; PARZIANELLO, R. R.; MAEDA, E. M., 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.
- GRANT, R. J.; FERRARETTO, L. F. Silage review: Silage feeding management: Silage characteristics and dairy cow feeding behavior. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4111-4121, 2018.
- HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.8, p. 1791-1794, 1999.

- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101-119, 2007.
- KAISER, E.; WEIB, K.; POLIP, L.V. A new concept for the estimation of the ensiling potential of forages. In: THE INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13., 2002, Auchincruive. **Proceedings...** Auchincruive: [s.n.], 2002. p.344-358.
- MARI, L.J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (Brachiaria brizantha (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem**. 2003. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba
- MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. Chalcombe publications, 1991.
- MCENIRY, J.; O'KIELY, P.; CLIPSON, N. J. W., et al. The microbiological and chemical composition of silage over the course of fermentation in round bales relative to that of silage made from unchopped and precision-chopped herbage in laboratory silos. **Grass and Forage Science**, v. 63, n. 3, p. 407-420, 2008.
- MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; VILELA, D. et al. Caracterização químico-bromatológica da silagem do terço superior da rama de mandioca. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 1, p. 137-146, 2004.
- MODESTO, E. C., SANTOS, G. T. D., ZAMBOM, M. A. et al. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em vacas gestantes alimentadas com silagem de rama de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 944-950, 2008.
- MOTA, Á.D.S.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; SOUZA, A.S.D. 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.
- NASCIMENTO, T.V.C. **Terço superior da mandioca ensilado com tanino condensado: qualidade da silagem e uso na alimentação de cabras leiteiras**. 2016. 103f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- O'KIELY, P; MOLONEY, A; KEATING, T. et al. Maximising output of beef within cost efficient, environmentally compatible forage conservation systems. **Teagasc**, p.31-43, 1999.
- OLIVEIRA, H.N.D.; BELLON, P.P.; LOUREIRO, E.D.S et al. Não-preferência para a oviposição de percevejo-de-renda *Vatiga illudens* (Hemiptera: Tingidae) por cultivares de mandioca. **Acta biológica colombiana**, v. 21, n. 2, p. 447-451, 2016.
- PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.17, p.264-268, 1966.
- RIBEIRO, L.S.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P. et al. Fermentation characteristics, chemical composition and fractionation of carbohydrates and crude protein of silage of

- elephant grass wilted or with addition of castor bean meal. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1447-1462, 2014.
- SANTOS, C.V.S.; SANTOS, A.P.M.; BRITO, D.R.B. et al. Perdas fermentativas, recuperação de matéria seca e ph de silagens da parte aérea da mandioca. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC. 70. 2018, Maceió. **Anais ...** Maceió: SBPC, 2018.
- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C. A.; SILVEIRA, N.F.A. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. Editora Blucher, 2017.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- SOBRAL, A.J.S.; SOUZA, E.Y.B.; MUNIZ, E.N. et al. Digestibilidade in vitro e características da fermentação da silagem da parte aérea de 29 cultivares de mandioca. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-GRADUAÇÃO DA EMBRAPA TABULEIROS COSTEIROS, 5., 2015, Aracaju. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 280, ref. 266-272. 1 [2015]. (CD-ROM).
- TELES, M.M.L. **Padrão fermentativo da silagem de três cultivares de milho em diferentes tempos de abertura dos silos**. 2014. 104f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- TININI, R.C.D.R. **Parte aérea da mandioca como um alimento alternativo na dieta de vacas em lactação**. 2018. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- VAN SOEST, P.J., WINE, R.H. Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v.52, p. 780-785, 1968.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- WEINBERG, Z.G.; CHEN, Y.; SOLOMON, R. The quality of commercial wheat silages in Israel. **Journal of dairy science**, v.92, n.2, p.638-644, 2009.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do resíduo advindo da produção agrícola da mandioca, utilizado na forma de silagem como fonte de volumoso para alimentação de animais ruminantes, oferece aporte energético e proteico para que ocorra conversão em produtos nobres de alta qualidade como carne e leite.

Mais estudos precisam ser realizados para o uso desse alimento alternativo na alimentação de ruminantes, para avaliar sua eficiência com o desempenho dos animais.