

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

GABRIELA CERATTI HOCH

SILAGENS DE ALIMENTOS ALTERNATIVOS PARA RUMINANTES

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Uruguiana

2017

GABRIELA CERATTI HOCH

SILAGENS DE ALIMENTOS ALTERNATIVOS PARA RUMINANTES

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ciência Animal da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Deise Dalazen Castagnara

Uruguaiiana

2017

GABRIELA CERATTI HOCH

SILAGENS DE ALIMENTOS ALTERNATIVOS PARA RUMINANTES

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ciência Animal da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de Concentração: Produção animal

Dissertação defendida e aprovada em 01 de abril de 2017.

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Deise Dalazen Castagnara
Orientadora
Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

Dr.^a Deise Flores Santurio
Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

Dr. Marcelo Dall Pozzo
Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

Prof.^a Dr.^a Luciane Rumpel Segabinazzi
Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA

Prof.^a Dr.^a Leiliane Cristine de Souza
Doutorado em Zootecnia – Instituto Federal do Paraná (IFPR)

Dedico este trabalho aos meus pais, Valmir Luiz Hoch (*in memoriam*) e Fatima Regina Ceratti, pelo apoio e confiança depositados em mim em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar força nos momentos difíceis, sem ele nada seria possível, e ao meu protetor Santo Inácio de Loyola. À minha família, especialmente mãe, pai, avós e irmã pelo amor e suporte dado em toda minha vida.

Ao meu esposo Rodrigo Santos da Silva, pelo amor, carinho, paciência, companheirismo e por estar ao meu lado em todos os momentos.

À minha orientadora, Deise Dalazen Castagnara, pela oportunidade e confiança depositados em mim desde o momento que iniciei este mestrado. Pelo incentivo de ingressar na vida acadêmica, ensinamentos e sugestões passados no decorrer do mestrado e aos colegas em especial a Fabiane da Rosa, pelos momentos de convivência, amizade e troca de experiências.

Ao Daniel Costa Soares, técnico da EMATER, que conseguiu os materiais para o estudo, com os produtores da região.

Aos estagiários do Laboratório de Nutrição Animal e Forragicultura da UNIPAMPA e ao grupo GEPEBOL que me auxiliaram ao longo dos experimentos, pelo companheirismo, convivência, aprendizados e por todos os momentos que compartilhamos. A técnica Queila Amaral com a qual aprendi a fazer soluções. Aos que se dedicaram ao estudo do bagaço de azeitona, Diego Corazza, Luana Polo, Leonardo Tadielo, Tainara Bremm, Othon Altermann, Fabiane da Rosa e ao Neliton Kasper que auxiliou na escrita do artigo.

Ao Leonardo, que nunca mediu esforços para me ajudar, e aos que me auxiliaram e se dedicaram aos experimentos, meu agradecimento, aos que se envolveram de alguma maneira no estudo do caule e da raiz de mandioca, Andressa Rodrigues, Jordana Zimmermann, Christian Dutra, Gabriella Valduga, Camila Lagranha e Francine Wille. Aos que chegaram depois que os experimentos estavam prontos, mas com os quais compartilhei outros aprendizados: Ana Paula Rodrigues, Arlon Lima, Bruno Pires, Daniélla Cosentino, Eduarda Severo, Guilherme Rovares, Gabriel Maggi, Nathaly Toledo, Letícia Fraporti, Veridiana Baumgarten, Taiani Gaier e Mayla Medeiros.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e a todos os professores do programa, muito obrigada pelos ensinamentos e pela oportunidade de crescimento e aprendizado providos a mim. À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos. Enfim, a todas as pessoas que colaboraram e torceram por mim, meu agradecimento.

RESUMO

Os custos com alimentação são representativos nos sistemas de produção pecuários, e essa representatividade tende a aumentar com a maior demanda de alimentos para alimentação humana. Nesse contexto, a utilização de alimentos alternativos, que não tenham valor alimentício humano, especialmente para ruminantes seguramente será uma alternativa para viabilização dos sistemas de produção pecuária. Inúmeros são os subprodutos agroindustriais que poderiam ser utilizados na alimentação animal, porém, essa prática esbarra na falta de informações sobre sua composição e nas dificuldades de seu armazenamento. Desta forma, objetivou-se com este trabalho estudar a conservação da raiz e caule da mandioca e do bagaço de azeitona na forma de silagens, contemplando a qualidade fermentativa e a caracterização nutricional microbiológica das silagens obtidas. Para as avaliações foram conduzidos três ensaios, um para cada material estudado, adotando-se a ensilagem em silos experimentais dos alimentos alternativos isolados, ou acrescidos de aditivos alimentares. Os alimentos alternativos e as misturas foram estudados no momento da ensilagem, por ocasião da abertura dos silos e após sua exposição aeróbica. A raiz e o caule de mandioca podem ser armazenados e conservados em propriedades rurais na forma de silagem com ou sem o uso de farelos. O uso destes aditivos alimentares melhorou o valor nutricional das silagens, especialmente no caso do caule de mandioca, cujo valor nutricional é menor. A decisão pelo seu uso e a escolha do aditivo fica condicionado à disponibilidade na propriedade ou custos de aquisição. O bagaço de azeitona *in natura* ou adicionado de farelos pode ser conservado na forma de silagem para utilização em dietas de ruminantes, pois apresentam aspectos bromatológicos interessantes.

Palavras-chave: Aditivos. Azeitona. Conservação. Mandioca. Nutrição.

ABSTRACT

Due to the high cost that feeding represents within production systems, researchers connected to animal production have been looking for alternative feeds to include in diets in order to reduce production costs. Among these feed, we highlight the co-products of food processing, which can be generated in industries, such as olive pomace, or in the farm itself, such as the cassava stem, as well as roots, which are classified as an alternative feed. Olive bagasse is a byproduct of agroindustrial processing, produced from the extraction of oil from the fruit of the olive trees, while cassava is cultivated in practically all rural properties and its stem is obtained after a harvest of the roots, for industrial use or in human food. The co-products are discarded after being obtained, and are treated with olive pomace, and has potential of environmental contamination when not discarded correctly. However, despite the possibility of using these co-products in animal feed, there's still scarce information on their nutritional and microbiological characteristics, as well as the possibilities of conservation on the production period, for continuous use over the year. Three trials were conducted, one for each material studied. The objective of this study was the conservation of olive pomace, stem and cassava root, in silage form, and its microbiological, nutritional and fermentative quality characterization. The root and the cassava stem can be stored and preserved in farms, under silage form, with or without the use of brans. The use of these feeding additives improved the nutritional value of the silages, especially in the case of cassava stalk, whose nutritional value is lower. The decision for its use and the choice of additive must agree with the availability at the property or acquisition costs. Olive bagasse in natura or added of bran can be conserved in the form of silage for use in ruminant diets, for its interesting bromatological aspects. Whereas the silage added to the soybean meal provided greater resistance to stability break when compared as others.

Keywords: Nutrition. Conservation. Additives. Yucca. Olive.

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

% - porcentagem

°C - grau Celsius

cm - centímetro

CO₂ - dióxido de carbono

g - grama

g/kg - grama por quilograma

ha - hectare

kg - quilograma

kg/m³ - quilogramas por metro cúbico

ml - mililitro

mm - milímetro

O₂ - oxigênio

pH - potencial hidrogeniônico

LISTA DE SIGLAS

ANOVA - Análise de Variância

CHOT - Carboidratos Totais

CNF - Carboidratos Não Fibrosos

DIC - Delineamento Inteiramente Casualizado

FDA - Fibra em Detergente Ácido

FDN - Fibra em Detergente Neutro

M+Arroz - Raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de arroz

M+Milho - Raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de milho

M+Soja - Raiz da mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de soja

Mandioca - Raiz de mandioca triturada *in natura*

MM - Matéria Mineral

MO - Matéria Orgânica

MS - Matéria Seca

NDT - Nutriente Digestível Total

NIDA - Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido

NIDN - Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro

N-NH₃ - Nitrogênio Amoniacal

PB - Proteína Bruta

PIDA - Proteína Insolúvel em Detergente Ácido

PIDN - Proteína Insolúvel em Detergente Neutro

UFC - Unidade Formadora de Colônia

UNIPAMPA - Universidade Federal do Pampa

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	A cultura da mandioca	13
2.2	Importância da cultura da mandioca.....	14
2.3	Produtos e subprodutos da mandioca	15
2.4	O potencial de interação da mandioca com a pecuária	16
2.5	Fatores antinutricionais da mandioca.....	16
2.6	A cultura da oliveira	17
2.7	A importância da cultura da oliveira	19
2.8	Produtos e subprodutos da oliveira.....	20
2.9	O potencial de interação de produção de azeitona com pecuária.....	21
2.10	Fatores antinutricionais do bagaço de azeitona	22
2.11	Ensilagem.....	23
3	OBJETIVOS.....	26
3.1	Objetivo geral	26
3.2	Objetivos específicos	26
4	ARTIGOS CIENTÍFICOS.....	27
4.1	A raiz de mandioca pode ser conservada na forma de silagem e é uma excelente fonte energética na alimentação animal	28
4.1.1	Introdução.....	28
4.1.2	Material e Métodos	30
4.1.3	Resultados e discussão	32
4.1.4	Conclusão.....	43
4.1.5	Referências.....	44
4.2	A silagem de caule de mandioca tem sua composição nutricional elevada com a adição de aditivos alimentares.....	47
4.2.1	Introdução.....	48
4.2.2	Material e Métodos	49
4.2.3	Resultado e discussão.....	51
4.2.4	Conclusão	61
4.2.5	Referências.....	61

4.3 Aditivos alimentares melhoram a fermentação e o valor nutricional de silagens de bagaço de azeitona	66
4.3.1 Introdução.....	66
4.3.2 Materiais e Métodos.....	68
4.3.3 Resultados e Discussão.....	70
4.3.4 Conclusões.....	79
4.3.5 Referências.....	79
5 CONCLUSÃO.....	84
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85

1 INTRODUÇÃO

A produção de ruminantes no Brasil tem como base alimentar a pastagem, e esta apresenta ampla flutuação ao longo do ano, sendo que há produção alta em períodos quentes e chuvosos e escassez em períodos de estiagem (TOLENTINO et al., 2016), fazendo com que hajam momentos de pouca ou nenhuma oferta desse alimento. Sendo assim a pecuária se torna dependente de estratégias alimentares para subsistência dos rebanhos nos períodos de vazio forrageiro, exigindo do produtor táticas como o uso de alimentos conservados.

Os técnicos e pecuaristas procuram fontes de alimentos alternativos para a formulação de dietas que minimizem os custos de produção (LONGHI et al., 2013), visto que a alimentação pode representar 70% das despesas de um sistema de produção animal (GIORDANI JUNIOR et al., 2015). A inclusão destes ingredientes nas dietas pode reduzir o uso dos alimentos convencionais e potencializar a utilização de alimentos que podem ser obtidos nas propriedades, ou subprodutos que possam ser produzidos ou adquiridos pelos pecuaristas (SOUZA et al., 2011).

Dentre as alternativas de subprodutos disponíveis há o bagaço de azeitona e os caules da mandioca. O bagaço de azeitona é obtido no processamento agroindustrial para extração de óleo das azeitonas e possui elevado potencial de contaminação ambiental. É produzido em grande quantidade, para cada 1000 kg de azeitona processada são gerados aproximadamente 800 kg de bagaço (ALCAIDE; RUIZ, 2008). Seu uso na alimentação animal pode minimizar contaminações ambientais e ainda reduzir os custos para pecuaristas, e para agroindústria com o tratamento deste coproduto (ECHEVERRIA et al., 2015).

O Brasil é um dos dez principais produtores de azeitona do mundo, com grande potencial de crescimento, sendo o consumo de azeite *per capita* dos brasileiros ainda baixo (170 g/ano), comparativamente aos gregos que consomem 25 kg/ano, aos italianos e espanhóis com 12 kg/ano (OLIVA, 2016).

O potencial da mandioca deve-se às características da cultura que é muito conhecida e difundida em todo o mundo, sendo amplamente cultivada em áreas tropicais e subtropicais (NAPASIRTH et al., 2015). Em diversas regiões, é um importante item alimentar destinado tanto para consumo humano como para a inclusão em dietas na alimentação e nutrição animal, possui potencial de crescimento em praticamente todos os tipos de solos, inclusive os

pobres em matéria orgânica, sob baixa precipitação e temperaturas elevadas (SENA et al., 2014).

A estimativa para produção de mandioca no Brasil na safra de 2016 foi de 23,7 milhões de toneladas, o que representou aumento de 4,2% em relação a 2015. O aumento na produção do país em 2016 deve-se a ampliação do plantio do cultivo, principalmente na Região Norte e Nordeste (IBGE, 2016).

No sistema tradicional de produção da mandioca, as raízes são vendidas para alimentação humana e a parte aérea da planta é aproveitada apenas para a produção das manivas, sendo apenas 20% empregadas no replantio (SOUZA et al., 2011), além disso o cultivo apresenta maior reserva de amido em suas raízes por volta dos 12 meses após o plantio (SAGRILO et al., 2002). Assim, para otimizar o potencial alimentar das raízes, as mesmas deveriam ser colhidas no início do inverno (SAGRILO et al., 2002), sendo necessário o armazenamento do material.

Dentre as tecnologias disponíveis para a conservação tem-se a ensilagem, que tem como objetivo preservar o valor nutritivo com o mínimo de perdas, garantindo a qualidade do material (SOUZA et al., 2012). Entretanto, devido à magnitude dos fatores que influenciam os processos fermentativos durante a ensilagem, são necessários estudos para verificação do potencial uso dessa técnica na conservação do bagaço de azeitona e das raízes e caules de mandioca.

Caso o material disponível para ensilagem não atenda aos requisitos para obtenção do produto com qualidade, os coprodutos da indústria do arroz, milho e soja podem ser utilizados como aditivos para auxiliar na melhora do perfil fermentativo, e também da composição químico-bromatológica e digestibilidade das silagens. O processo de ensilagem, feito de maneira adequada, possibilita a ocorrência da fermentação anaeróbia, produção de ácidos orgânicos, redução do pH e por conseguinte, a qualidade da preservação do material ensilado (SOUZA et al., 2012). Entretanto, para que a adoção desta tecnologia seja possível, são necessários estudos contemplando a conservação dos subprodutos agroindustriais e sua caracterização nutricional (LONGHI et al., 2013). Nesse contexto objetivou-se avaliar silagens de alimentos alternativos para ruminantes, caracterizando o perfil fermentativo, microbiológico e nutricional desse material.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura da mandioca

A mandioca é amplamente cultivada em áreas tropicais e subtropicais. É uma cultura anual (FASINMIRIN; REICHERT, 2011; NAPASIRTH et al., 2015), com capacidade de prosperar em solos fracos e arenosos (FASINMIRIN; REICHERT, 2011), com baixo teor de matéria orgânica, temperaturas elevadas e sob baixa precipitação (NAPASIRTH et al., 2015), além de possuir relativa tolerância à infestação de ervas daninhas e ao ataque de insetos (SENA et al., 2014). Assim, a cultura da mandioca destaca-se pela alta tolerância a adversidades (SENA et al., 2014), além de elevado valor nutricional.

É plantada em todo o mundo, especialmente na África, Ásia e no Caribe (FAO, 2008). A maior região produtora é a África com aproximadamente 42% da produção mundial, seguida pela Ásia com 37% e América do Sul com 21% (FASINMIRIN; REICHERT, 2011). No Brasil, há indícios de que seu cultivo tenha se iniciado na Amazônia, há cerca de nove mil anos, pelos indígenas que habitavam o local (SILVA; VELOSO, 2011). Atualmente, o Brasil é um dos principais produtores, em 2016 foi estimada uma produção nacional de 23,7 milhões de toneladas, com aumento de 4,2% em relação a 2015, devido à ampliação da área plantada, principalmente na Região Norte e Nordeste (IBGE, 2016). Dependendo da região de cultivo no Brasil, a cultura recebe muitos sinônimos, tais como aipi, aipim, castelinha, macaxeira, mandioca-doce, mandioca-mansa, maniva, maniveira, entre outros (SILVA; VELOSO, 2011).

O ciclo vegetativo da mandioca é variável, mas em geral, a variedade de mesa pode ser colhida entre 8 a 12 meses e o da indústria de 16 a 24 meses (FUKUDA, 2006). A produtividade varia de acordo com o sistema, podendo produzir de 10 a 40 toneladas por hectare (FAO, 2000). A produtividade é melhor em solos pouco compactados, característica que auxilia a oxigenação da terra, impedindo o apodrecimento da raiz e melhorando seu rendimento (FASINMIRIN; REICHERT, 2011). A cultura exige bom preparo do solo e medidas adequadas para controle de erosão.

Para o desenvolvimento adequado, o período de luz ideal para o cultivo situa-se em torno de 12 horas por dia, com temperatura ótima entre 24° C e 25° C, o regime de chuvas considerado mais adequado é de um total anual de 1.000 mm a 1.500 mm, com boa

distribuição durante 6 a 8 meses do ciclo vegetativo. Em regiões onde há encharcamento do solo pode ocorrer o apodrecimento das raízes (SOUZA; SOUZA, 2006).

A mandioca trata-se de uma cultura perene que pode ser colhida o ano todo, porém, quando há o pleno desenvolvimento da copa, o crescimento da raiz vai gradualmente diminuindo (BENESI et al., 2008). Também, quando há retomada do crescimento da parte aérea a planta mobiliza suas reservas de amido depositadas nas raízes para essa finalidade. No uso da mandioca para a alimentação animal, o amido contido nas raízes é uma importante fonte de energia. Assim, a colheita das raízes para alimentação animal deveria ser realizada quando a cultura estivesse com maior proporção de amido depositado nas raízes (SILVA; VELOSO, 2011), ou antes da sua mobilização para recomposição da parte aérea. Isso ocorre por volta dos 10 meses após o plantio, modificando de acordo com sua variedade (SAGRILO et al., 2002), ou no início do inverno. A colheita precoce ocasiona redução no rendimento da cultura, enquanto na colheita tardia se obtém raízes fibrosas com redução do teor de amido (BENESI et al., 2008).

2.2 Importância da cultura da mandioca

A tolerância a adversidades climáticas e de solo (SENA et al., 2014) e a capacidade de adaptação agroecológica possibilitam que a cultura seja produzida em regiões onde não prosperam outros cultivos. Por isso, é considerado um alimento de subsistência em diversas regiões pobres do mundo como a África, Ásia e América Latina (FAO, 2008), sobretudo as raízes como fonte de carboidratos para a alimentação humana (SCHONS et al., 2007), alimentação animal (FASINMIRIN; REICHERT, 2011) e para a indústria com a extração do amido (DUNG; MUI; LEDIN, 2005).

É tradicionalmente cultivada para a produção de raízes para consumo humano ou beneficiamento industrial, todavia, pode produzir elevadas quantidades de folhas com rendimentos de 4,6 toneladas de matéria seca/ha (DUNG; MUI; LEDIN, 2005). Como fonte de energia na alimentação humana, é a terceira mais importante em regiões tropicais, ficando atrás somente do arroz e do milho (FAO, 2008). É amplamente cultivada também na região subtropical, especialmente em propriedades familiares (PINHO et al., 2004; SCHONS et al., 2007). No Brasil a mandioca é uma importante cultura do ponto de vista social (PINHO et al.,

2004), por sua qualidade nutricional, além de ser rentável para a indústria (FASINMIRIN; REICHERT, 2011) e possuir potencial para alimentação animal.

2.3 Produtos e subprodutos da mandioca

O Brasil está posicionado entre os maiores produtores de mandioca do mundo, sendo assim, há grande disponibilidade de resíduos e subprodutos com potencial para utilização na alimentação animal (ZAMBOM et al., 2014). A utilização desses subprodutos é uma estratégia para reduzir custos (SOUZA et al., 2012) na produção animal, especialmente de ruminantes. Os produtos elaborados com mandioca competem com outros cereais, porém, tendem a ter um custo reduzido na produção quando a mandioca for proveniente de cultivo industrial (FAO, 2000). Isso faz da mandioca um alimento básico (ANAETO et al., 2013), que pode ser utilizado em sua totalidade e para diversas finalidades.

No Brasil a farinha de mesa é o principal produto do processamento industrial da mandioca (SILVA; VELOSO, 2011). Neste processo é gerada como subproduto a farinha de varredura, que juntamente com o resíduo da limpeza da indústria pode ser aproveitada para a alimentação animal (SILVA; VELOSO, 2011).

A massa de fecularia é o resíduo da extração da fécula (amido) (FERREIRA et al., 2007). Trata-se de um material rapidamente degradável devido ao seu elevado teor de água (SILVA; VELOSO, 2011), e pode ser utilizada na alimentação animal de forma úmida ou com secagem ao sol e posterior ensilagem (GONÇALVEZ et al., 2014). A casca das raízes obtida após a colheita e processamento da mandioca, também é uma boa fonte de energia nos sistemas de alimentação para ruminantes, servindo tanto como dieta basal como suplementar (ANAETO et al., 2013).

Como resíduo da colheita da mandioca, temos a haste da mandioca, que é aproveitada para a produção das manivas, porém, somente 20% da produção é empregada no plantio de novas lavouras (SOUZA et al., 2011). O excedente é descartado na lavoura e poderia ter outras destinações como, por exemplo, a alimentação animal.

Estudos contemplaram a utilização das hastes da parte aérea da mandioca como fonte de matéria-prima em gaseificador de corrente descendente para a geração de eletricidade (FASINMIRIN; REICHERT, 2011). Também na produção de etanol biocombustível

(ANAETO et al., 2013; SILVA; VELOSO, 2011), mas a produção ainda é muito pequena para esse destino (FASINMIRIN; REICHERT, 2011), pois requer produção em escala industrial para viabilizar as plantas das indústrias. No entanto, seu uso para alimentação animal poderia ser realizado em pequena escala, em nível de propriedade, porém, requer resultados científicos para nortear essa aplicação, ainda escassos na literatura em se tratando das hastes da planta.

2.4 O potencial de interação da mandioca com a pecuária

Em regiões onde há produção de mandioca, a utilização dos coprodutos e subprodutos é uma alternativa real para a alimentação animal. Estes, quando utilizados corretamente, podem contribuir com o melhor desenvolvimento e produção mais econômica de rações, especialmente para ruminantes (NAPASIRTH et al., 2015). Na dieta destes animais podem ser utilizados não só a raiz da mandioca, mas também, caule, folhas, cascas e vários subprodutos do processamento das raízes (ANAETO et al., 2013), desde que tomados os cuidados quanto à qualidade nutricional e sanitária destes subprodutos.

Segundo FAO (2000), na América Latina mais de 30% da produção de mandioca é utilizada na alimentação animal, enquanto que na África esse valor cai para 10%, já que quase sua totalidade é destinada a alimentação humana. Sendo assim, é importante que sejam caracterizados energeticamente os coprodutos regionais, visto que os dados sobre estes ingredientes são escassos (FERREIRA et al., 2007) e variam de acordo com o cultivar e local de cultivo.

2.5 Fatores antinutricionais da mandioca

A mandioca fresca e crua contém compostos tóxicos como os glicosídeos cianogênicos (ALMAGUEL et al., 2011) e os taninos, cujas concentrações são mais elevadas nas folhas do que nos demais componentes, e tendem a aumentar com a idade da planta (GOMEZ; VALDIVIESO, 1985). O glicosídeo cianogênio de maior potencial tóxico presente

na mandioca é o ácido cianídrico (HCN), que juntamente com os demais compostos tóxicos limita a utilização da mandioca na alimentação de monogástricos. Contudo, a mandioca *in natura* pode ser utilizada na alimentação de ruminantes, pois estes são relativamente capazes de neutralizar os efeitos nocivos do ácido cianídrico (HCN), através dos microrganismos presentes no rúmen (ANAETO et al., 2013).

Também, para eliminação do efeito tóxico pode ser realizada a secagem ao sol ou em estufa, sendo a última secagem mais eficiente (GOMEZ; VALDIVIESO, 1985). Ainda pode-se contar com outras maneiras para a redução ou eliminação do HCN, como o uso de secadores por lenha, onde ocorre a liberação parcial de HCN. A prensagem do material e eliminação da manipueira que é rica em compostos cianogênicos (SILVA; VELOSO, 2011) também diminui a sua concentração no material a ser ofertado aos animais. No entanto, devido a praticidade à nível de propriedade, além do processo de ensilagem possuir potencial para conservação dos alimentos oriundos da mandioca, o mesmo se mostra hábil para a eliminação desse efeito tóxico do HCN devido as transformações que ocorrem durante os processos fermentativos na ensilagem (ALMAGUEL et al., 2011; FALOLA et al., 2013).

Entretanto, não se têm apenas desvantagens nos compostos tóxicos presentes na mandioca, pois alguns podem ter efeitos antiparasitários. Os cultivares de mandioca que contém taninos condensados, ao serem utilizados na alimentação de ruminantes, diminuem o número de ovos de nematóides e oocistos de coccidia reduzindo a taxa de aumento do número de ovos Cestoda (DUNG; MUI; LEDIN, 2005).

2.6 A cultura da oliveira

A olivicultura é a cultura mais antiga de árvores cultivadas do mundo (GÓMEZ-GONZÁLEZ; RUIZ-JIMÉNEZ; DE CASTRO, 2010). Atualmente a produção mundial de oliveiras é de aproximadamente 10 milhões de hectares plantados, localizadas majoritariamente na costa do Mar Mediterrâneo (COUTINHO et al., 2009c). Nessa região, onde destacam-se com a maior produção mundial a Espanha, Itália e Grécia, responsáveis por quase 75% de azeite do mundo (ALCAIDE; RUIZ, 2008) e 68,5% do consumo (COUTINHO et al., 2009c).

É notório que, só por esses motivos, podemos considerar que essa cultura expressa uma importante atuação socioeconômica. E, dentro deste cenário, o Brasil é um dos dez principais produtores de azeitonas do mundo, com grande potencial de crescimento, sendo o consumo *per capita* ainda baixo (170 g/ano), quando comparado aos gregos que consomem 25 kg/ano, aos italianos e espanhóis com 12 kg/ano (OLIVA, 2016).

O desenvolvimento da cultura da oliveira no Rio Grande do Sul é dependente de vários fatores, dentre eles o cultivar mais adequado para a região em que será realizado o plantio. Há inúmeros cultivares que dão origem às plantas de oliveiras, de acordo com a finalidade que elas terão, sendo utilizadas para a fabricação de azeite de oliva, azeitonas de mesa ou ambos (GALANAKIS, 2011).

No Brasil seu cultivo visa especialmente à produção de frutos para a obtenção do azeite que é o produto final da cadeia produtiva (ECHEVERRIA et al., 2015). Os frutos possuem diferentes formas e tamanhos, tendo aproximadamente 2 cm de largura e 3 cm de comprimento, sendo composto por três partes: epicarpo, mesocarpo e o endocarpo (GALANAKIS, 2011).

A oliveira se desenvolve melhor em solos de textura média, livre de camadas compactadas e com solos bem drenados, já que a umidade excessiva no solo tende a limitar seu desenvolvimento (NICOLODI et al., 2009).

O ideal é que a umidade relativa do ar seja menor na fase de florescimento, estando entre 60-80%, a fim de favorecer a produção dos frutos, dentro da temperatura ideal para a maturação que situa-se entre 25-35 °C, com índice pluviométrico entre 650-800 mm, um pouco abaixo do índice do estado do RS que encontra-se entre 1.000 e 1.900 mm, e em zona com pouco vento ou com a utilização de quebra vento (COUTINHO et al., 2009a). Com vista nesses parâmetros as melhores regiões do RS para o plantio da azeitona situam-se no Oeste e na metade Sul do estado (COUTINHO et al., 2009a).

A propagação de mudas pode ser feita por estacas. A viabilidade vai depender da capacidade de formar raízes, da qualidade do sistema radicular e desenvolvimento da planta que foi propagada (PIO et al., 2005). O enraizamento de estacas é realizado direto na cova, com estacas de 60 cm de comprimento e de 5-10 cm de diâmetro, e a brotação é favorecida quando as estacas estão sem folhas, visto que a remoção destas pode estimular a brotação de gemas auxiliares, ocorrendo posteriormente maior emissão de brotos e folhas (PIO et al., 2005).

O período mais favorável para o plantio das oliveiras é o final do inverno ou início da primavera, época que possui pouca probabilidade de geada e tem aumento de temperatura (COUTINHO et al., 2009a). Em geral, a densidade de plantio é baixa, com cerca de 300 plantas/ha, e os sistemas de produção com baixa tecnificação, sendo apenas 10% dos plantios de oliveira irrigadas e poucos sistemas totalmente mecanizados (COUTINHO et al., 2009a).

A colheita se inicia de acordo com a maturação dos frutos, em geral no final de março, sendo que o método mais utilizado para a azeitona de mesa é o manual. Outro método é o vareio que consiste em sacudir a copa da árvore com uma vara, fazendo com que as azeitonas caiam. O método mais mecanizado é o pente vibratório que balança as azeitonas até caírem ao solo, outro método mecanizado é o vibrador ou garrote possuindo um braço o qual segura o tronco, fazendo vibrar e cair os frutos (COUTINHO et al., 2009c).

2.7 A importância da cultura da oliveira

O cultivo de oliveira tem caráter social por gerar muitos empregos nas regiões onde é cultivada, porém esses empregos concentram-se em determinada época do ano, especialmente na colheita (FAO, 1985). Também é importante nos hábitos dietéticos e culturais de muitas pessoas, possuindo papel na relação com o meio-ambiente, já que contribui para a diminuição da desertificação, em locais que tendem a ter essa alteração e a cultura é implantada. (COUTINHO et al., 2009c).

Por se tratar de uma cultura de valor agregado, é possível o cultivo em regiões e sob condições adversas para outras culturas, a oliveira possui um importante papel social de desenvolvimento regional. A cultura da oliveira suporta condições de elevadas temperaturas e baixa pluviosidade e desenvolve-se em condições de solo mais adversas (COUTINHO et al., 2015) quando comparada à outras culturas tradicionais, como as culturas de grãos. Por este motivo, tem sido introduzida na região Sul do Brasil, constituindo-se uma opção econômica promissora especialmente na metade Sul do Rio Grande do Sul.

2.8 Produtos e subprodutos da oliveira

Na produção e beneficiamento industrial das azeitonas são gerados diversos subprodutos como o bagaço de azeitona (polpa, caroço e tegumento da azeitona) e resíduos líquidos (águas gastas durante o processo). No entanto, o ideal é que os subprodutos gerados sejam aproveitados de modo a se ter um maior valor agregado, maiores benefícios econômicos e menores danos ambientais (FERNÁNDEZ-BOLAÑOS et al., 2004).

A extração do azeite pelo processo industrial e a cultura de oliveiras geram subprodutos. Esses são produzidos em quantidade e composição, de acordo com o método utilizado para extração, variedade e maturidade da fruta (GALANAKIS, 2011).

Os métodos mais utilizados para extração do azeite são em duas ou três fases. O método de extração de duas fases é um procedimento moderno pelo qual as azeitonas trituradas são pressionadas para obter o azeite extravirgem. O bolo residual de oliva contém quantidades substanciais de óleo que pode ou não ser extraída (VERA et al., 2009).

O método de duas fases é um processo de centrifugação que produz menor quantidade de água quando comparado ao processo de três fases. Para cada 1.000 kg de azeitonas processada no sistema trifásico são gerados 550 kg de bagaço de azeitona, enquanto o processo em duas fases produz 800 kg (ALCAIDE; RUIZ, 2008).

O sistema de três fases gera: azeite de oliva, bagaço e águas residuais. No sistema de duas fases são gerados: azeite e bagaço úmido verde-oliva (GALANAKIS, 2011). O resíduo semissólido produzido pode ser chamado de "alperujo", podendo ser utilizado como combustível, devido ao seu alto poder calorífico, sendo o procedimento mais utilizado para eliminar seus efeitos nocivos sobre o meio ambiente (FERNÁNDEZ-BOLAÑOS et al., 2004).

O caroço de azeitona pode ou não ser separado da polpa após a extração do óleo, quando ocorre essa separação, origina a polpa de azeitona e o caroço, que também podem ser destinados à geração de energia (ALCAIDE; RUIZ, 2008).

O resíduo de folhas refere-se a uma mistura contendo folhas e galhos, oriundos da poda das árvores e da colheita e limpeza das azeitonas antes da extração do óleo (ALCAIDE; RUIZ, 2008). A poda é realizada de maneira severa ou branda de acordo com o manejo da propriedade, esses resíduos, em muitos casos, são deixados na superfície do solo ou depositados em áreas sem cultivo (ECHEVERRIA et al., 2015). A produção de folhas na

poda é de aproximadamente 1,5 kg/árvore (ALCAIDE et al., 2003), valor significativo de subprodutos quando se analisa sua totalidade na produção.

O bagaço de azeitona é constituído pela polpa, casca, caroço e água (ALCAIDE; RUIZ, 2008). É obtido no processamento agroindustrial para extração de azeite, sendo que o processo de extração da azeitona realizado por centrifugação gera o bagaço que, quando não conservado, tende a se deteriorar em cerca de 4 a 5 dias, já o obtido por esmagamento deteriora-se depois de 15 dias e quando está desidratado conserva-se por mais de 45 dias (FAO, 1985).

O coproduto contém quantidade elevada de água (25-30%), fibra bruta (27-41%), (CHIOFALO et al., 2004) e azeite (9%) (FAO, 1985), sendo este valor variável. Quando ocorre a extração do azeite do bagaço bruto, há origem de outro subproduto: o bagaço esgotado (ALCAIDE; RUIZ, 2008).

A produção do bagaço é limitada a 6-8 semanas por ano, portanto, é desejável conservá-lo com segurança para ser utilizado como um ingrediente na formulação de dietas ou como base alimentar (VERA et al., 2009). Porém, a conservação é dificultada pelo seu conteúdo elevado de água e substâncias graxas (FAO, 1985).

O uso do bagaço de azeitona na alimentação animal reduz os custos para pecuaristas com a alimentação dos animais por se tratar de um subproduto e este destino diminui custos para agroindústria, que teria que fazer o tratamento deste material (ECHEVERRIA et al., 2015). Além disso, pode ser destinado a produção de manitol, que é um álcool de açúcar usado como excipiente em farmácia, um anti fermentante, lubrificante, estabilizador, agente espessante e edulcorante de baixas calorias na indústria alimentar (FERNÁNDEZ-BOLAÑOS et al., 2004).

2.9 O potencial de interação de produção de azeitona com pecuária

Em caracterizações nutricionais, o bagaço de azeitona foi considerado de baixo valor nutricional (NASOPOULOU; ZABETAKIS, 2013), comparado em termos de energia e proteína à outros resíduos culturais. Entretanto, os resultados disponíveis na literatura contemplam avaliações realizadas em regiões distintas do Brasil. Também, um dos principais limitantes para a utilização de subprodutos na alimentação dos animais é atribuído a sua

variável composição (ALCAIDE et al., 2003), que é alterada de acordo com o método de extração e de processamento, variedade de azeitona e condições ambientais (VERA et al., 2009).

Seu potencial de utilização na alimentação de ruminantes, especialmente bovinos e ovinos de corte está nas potenciais regiões de cultivo. Os olivais tem seu cultivo adaptado à regiões com baixa precipitação anual e temperaturas críticas (ABAZI et al., 2012), nas quais também são desenvolvidas atividades pecuárias com ruminantes, como a metade sul do Rio Grande do Sul. Nestas situações, devido às condições edafoclimáticas desfavoráveis ao crescimento de forrageiras em determinados períodos do ano, os sistemas pecuários passam anualmente por períodos críticos na alimentação dos animais, com prejuízos aos pecuaristas (TOLENTINO et al., 2016). Assim, a utilização dos subprodutos do beneficiamento de azeitonas reduziria custos com a alimentação animal e tornaria mais sustentável a produção pecuária nestas regiões.

No entanto, a utilização de subprodutos do cultivo e industrialização das oliveiras é relacionada à oferta desse material, podendo desempenhar papel importante na alimentação de ovinos, caprinos e bovinos (ALCAIDE et al., 2003). Esses subprodutos representam um importante grupo de recursos alimentares para ruminantes, no entanto, estes materiais ainda são pouco explorados (ALCAIDE; RUIZ, 2008). A análise do valor nutricional é fundamental para uma utilização adequada dos subprodutos (ALCAIDE et al., 2003).

Com o uso do bagaço de azeitona, além da redução de custos com alimentação animal aos pecuaristas (NASOPOULOU E ZABETAKIS, 2013) e tratamento de resíduos às agroindústrias (OMAR et al., 2012), os sistemas de produção pecuários tornar-se-iam mais sustentáveis pela menor dependência de sistemas alimentares tradicionais e caros que incluem alimentos nobres e com possibilidade de utilização na alimentação humana (NASOPOULOU E ZABETAKIS, 2013).

2.10 Fatores antinutricionais do bagaço de azeitona

Para adicionar o bagaço de azeitona na dieta é importante considerar a digestibilidade, que em animais monogástricos depende principalmente da sua capacidade e solubilização a formação de micelas no intestino (MATEOS; REBOLLAR; MEDEL, 1996). No caso dos

ruminantes a situação é diferente porque a adição de gordura acima de 6% afeta os microrganismos do rúmen, alterando especialmente a atividade celulolítica (ALCAIDE; RUIZ, 2008).

Por conseguinte, o ideal é que se escolham ingredientes para a alimentação de ruminantes que apresentem boa digestibilidade (MATEOS; REBOLLAR; MEDEL, 1996) e a digestibilidade dos resíduos de azeitona são variáveis (MARTIN-GARCIA et al., 2003) é preciso ter cuidado para que não se tenha efeitos negativos sobre a microflora ruminal (MATEOS; REBOLLAR; MEDEL, 1996).

O conteúdo de taninos é variável no bagaço, porém devido ao aquecimento do material durante a produção de azeite pode ocorrer a reação de *Maillard* com a formação de complexos proteína-tanino (MARTIN-GARCIA et al., 2003).

Não há dados quanto à intoxicação de animais que ingeriram subprodutos de azeitona, porém, é importante se atentar para as culturas que são submetidas a tratamentos químicos, como por exemplo, com o cobre (sulfato ou oxiclureto), produto utilizado contra fungos e bactérias (ALCAIDE; RUIZ, 2008).

2.11 Ensilagem

Devido a sazonalidade das forrageiras e qualidade desta ao longo do ano, é imprescindível a conservação de alimentos para serem utilizados em período de estiagem (PEREIRA et al., 2008). Especialmente a mandioca que, após a colheita do cultivar, as raízes são vendidas para alimentação humana e o restante (rama e folhas), em sua maioria, são desprezadas, sobretudo por desconhecimento das formas de utilização e de seu valor nutricional (SOUZA et al., 2011), além de apresentar um baixo custo (ZANINE et al., 2010). A sua parte aérea, constituída de rama e folhas, é um alimento volumoso que apresenta bom valor nutritivo, podendo ser adicionado na dieta nas formas *in natura*, feno ou silagem (SENA et al., 2014).

A colheita da azeitona é sazonal, portanto, sua utilização na alimentação de animais se restringe ao período de colheita, já que o material é rapidamente degradado. A opção para se fornecer o alimento ao longo do ano é a correta preservação e armazenamento do mesmo, que pode ser feita pela ensilagem (ALCAIDE; RUIZ, 2008).

Entretanto, devido à magnitude dos fatores que influenciam os processos fermentativos durante a ensilagem, são necessários estudos para verificação do potencial uso desta técnica na conservação do bagaço de azeitona, raízes e caules de mandioca.

Neste contexto, a mandioca destaca-se em função do seu valor nutricional, podendo gerar subprodutos com qualidade apreciáveis, apresentando características adequadas ao processo de ensilagem, como elevada matéria seca e carboidratos solúveis, o que favorece a fermentação láctica (ZANINE et al., 2010). No entanto, apesar do bagaço de azeitona poder ser ensilado, apresenta entraves, como a baixa densidade de açúcares fermentáveis e elevado conteúdo de óleo (ALCAIDE; RUIZ, 2008).

A ensilagem é um método de preservação para conservar alimentos subutilizados e para melhorar a degradabilidade (FALOLA et al., 2013). É o produto da fermentação em anaerobiose (PEREIRA et al., 2008). Tem como objetivo preservar o valor nutritivo com o mínimo de perdas, garantindo a qualidade do material (SOUZA et al., 2012) e gerando alta concentração de ácido láctico (PEREIRA et al., 2008).

Durante o processo ocorrem perdas, algumas evitáveis, que são ocasionadas por práticas inadequadas na ensilagem, como mofos e podridões, e perdas não evitáveis, como alterações bioquímicas, respiração das plantas e fermentação (PEREIRA et al., 2008).

A compactação da silagem deve ser adequada, pois à medida que ela é elevada, pode haver aumento de efluentes e perdas de nutrientes, como carboidratos, proteínas e minerais. Porém, quando ocorre menor compactação, não há retirada suficiente do oxigênio dos silos, propiciando as fermentações secundárias (LOURES et al., 2003).

Segundo McDonald et al. (2010), a quantidade de matéria seca também influencia na produção de efluentes e na silagem de milho que é a referência para as demais, deve estar entre 250 a 320 g/kg. Sendo assim, a umidade do material deve ser levada em consideração no processo, já que possui influência nas reações químicas que ocorrerão no armazenamento e quando manejado de maneira adequada tende a redução de perdas (PEREIRA et al., 2008).

Dentre as principais perdas há os efluentes que estão relacionados ao conteúdo de matéria seca, grau de compactação, tipo de silo, pré-tratamento mecânico da forragem, dinâmica de fermentação, entre outros fatores (LOURES et al., 2003). Os efluentes que saem dos silos são considerados poluentes para os lençóis freáticos e cursos d'água, pois quando eles são despejados nestes ambientes, são disponibilizadas substâncias que são utilizadas pelos microrganismos e durante esse processo, grande parte do oxigênio presente na água é utilizado (LOURES et al., 2003).

O método de ensilagem conta primeiramente com a coleta, picagem e enchimento dos silos (SILVA; VELOSO, 2011), que devem ser feitos rapidamente a fim de garantir uma silagem de boa qualidade, já que depois de picada e exposta ao oxigênio a planta continua o processo oxidativo, ocorrendo o consumo de carboidratos solúveis (PEREIRA et al., 2008). Durante o enchimento, o silo deve ser compactado e após deve ser vedado, para a proteção do material.

A qualidade do material ensilado está relacionada à qualidade final do processo, sendo dependente do teor de açúcares solúveis, grau de maturidade da planta, rápido enchimento, fechamento e vedação dos silos (LOURES et al., 2003).

A primeira fase da ensilagem é a aeróbica, que ocorre com a presença de oxigênio e a respiração celular, utilizando o oxigênio e os substratos do material, ocorrendo a produção de CO₂, calor e H₂O (PEREIRA et al., 2008).

A respiração da planta, que ocorre nesta fase, consome os carboidratos disponíveis para a fermentação natural de ácido láctico, sendo necessário que ocorra a ausência do ar para cessar esse processo (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

A segunda fase é a anaeróbia, que ocorre quando o oxigênio do material é esgotado e começam a crescer os microrganismos anaeróbicos, especialmente as enterobactérias, essas que produzem principalmente o ácido acético (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991), além das bactérias heterofermentativas. A etapa tem duração de 24 a 72 horas, com a fermentação das hexoses e pentoses há formação do ácido acético, etanol, ácido láctico e CO₂, em virtude do acúmulo dos ácidos o pH começa a cair e há mudança na população microbiana, com predomínio das bactérias homofermentativas, que são mais eficientes na produção de ácido láctico (PEREIRA et al., 2008). Para que isso ocorra, há necessidade de ambiente adequado para proliferação desses microrganismos (MCDONALD et al., 2010).

A última fase é a de estabilização, quando o pH deve estar em torno de 3,8 a 4,2 (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991), fazendo com que ocorra a inibição da população de bactérias e interrupção dos processos de fermentação (PEREIRA et al., 2008). Quando todas as etapas são realizadas de maneira correta, por volta dos 21 dias após a ensilagem, tem-se a conservação anaeróbia, a partir daí o material pode ser aberto ou manter-se ensilado (SILVA; VELOSO, 2011).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Por meio deste trabalho objetivou-se conservar alimentos alternativos na forma de silagem para ruminantes.

3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o perfil fermentativo, microbiológico e nutricional de raízes e caule de mandioca e bagaço de azeitona, conservados na forma de silagem;
- Verificar os benefícios do uso de aditivos alimentares nas silagens estudadas;
- Observar as alterações ocorridas nas silagens ao longo de diferentes períodos de fermentação;
- Realizar a contagem de microrganismos no momento da abertura dos silos e após sete dias de exposição ao ar.

4 ARTIGOS CIENTÍFICOS

Os resultados desta dissertação estão apresentados sob a forma de artigo científico. As seções Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão e Referências Bibliográficas encontram-se nos artigos a seguir. Os artigos estão formatados de acordo com as normas da revista que serão submetidos. O artigo: A raiz de mandioca pode ser conservada na forma de silagem e é uma excelente fonte energética na alimentação animal, será enviado para a Revista Brasileira de Zootecnia, enquanto que os artigos: A silagem de caule de mandioca tem sua composição nutricional elevada com a adição de aditivos alimentares e Aditivos alimentares melhoram a fermentação e o valor nutricional de silagens de bagaço de azeitona serão submetidos ao Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia.

4.1 A raiz de mandioca pode ser conservada na forma de silagem e é uma excelente fonte energética na alimentação animal

Resumo

Objetivou-se caracterizar a qualidade nutricional, perfil fermentativo e microbiológico da silagem da raiz de mandioca com e sem aditivos. O delineamento foi o inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas no tempo 4x3, com cinco repetições. Nas parcelas foram alocados os materiais de estudo: raiz de mandioca triturada *in natura* ou adicionada dos farelos de arroz, soja ou milho. Nas sub parcelas foram alocados os tempos: material fresco: antes da ensilagem, abertura: aos 45 dias de fermentação e estabilidade após a silagem ser exposta ao ar durante sete dias. Foram realizadas as amostragens para determinação das análises bromatológicas, nutrientes digestíveis totais, digestibilidade, pH, temperatura, nitrogênio amoniacal e da população de bactérias ácido lácticas, enterobactérias, *Clostridium*, fungos e leveduras. A adição de farelos alterou os parâmetros avaliados. A matéria seca aumentou ao longo da fermentação e da exposição ao ar e em todos os tempos e materiais o pH foi adequado. A proteína bruta diminuiu até a abertura dos silos devido as fermentações indesejadas, apresentando-se mais elevada na silagem adicionada de farelo de soja. Os baixos conteúdos de compostos fibrosos e os nutrientes digestíveis totais e digestibilidade elevados sugerem as silagens obtidas como alimentos energéticos em dietas de ruminantes e/ou monogástricos. A mandioca pode ser armazenada e conservada em propriedades rurais na forma de silagem com ou sem o uso de farelos. O uso destes com aditivos alimentares melhorou o valor nutricional das silagens, porém, a decisão pelo seu uso e a escolha do aditivo fica condicionado à disponibilidade na propriedade ou custos de aquisição.

Palavras-chave: alimentação, conservação, ruminantes.

4.1.1 Introdução

No Brasil, há oscilações de oferta forrageira ao longo do ano, em certas épocas caracteriza-se escassez e em outras, abundante oferta de pastagem (Tolentino *et al.*, 2016). Sendo assim, a produção animal está limitada por recursos alimentícios em quantidade e qualidade (Almaguel *et al.*, 2011), no vazio forrageiro. Portanto, o ideal é que seja feito o

armazenamento do excesso produzido, para que possa ser utilizado durante os períodos de escassez, garantindo oferta de alimento ao longo do ano (Tolentino *et al.*, 2016).

A mandioca é uma cultura anual amplamente cultivada em áreas tropicais e subtropicais (Fasinmirin & Reichert, 2011; Napisirth *et al.*, 2015). Tornando-a capaz de desenvolver-se em solos fracos e arenosos (Fasinmirin & Reichert, 2011), com baixo teor de matéria orgânica, temperaturas elevadas e sob baixa precipitação (Napisirth *et al.*, 2015). Além de possuir relativa tolerância à infestação de ervas daninhas e ao ataque de insetos (Sena *et al.*, 2014).

Assim, a cultura destaca-se pela alta tolerância a adversidades (Sena *et al.*, 2014), e também por possuir elevada produção nacional e alto valor nutricional (Araújo *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2008). Em regiões onde se tem potencial de produção de mandioca (Zambom *et al.*, 2014), a utilização desta para a alimentação animal torna-se uma alternativa real, que contribui para a redução dos custos dos componentes da dieta (Napisirth *et al.*, 2015).

No entanto, a sazonalidade na concentração do amido presente nas raízes da mandioca acarreta a necessidade de sua colheita no início do inverno, com necessidade de armazenamento e conservação. A mandioca colhida neste período possui características adequadas ao processo de fermentação (Araújo *et al.*, 2016) como elevado teor carboidratos solúveis, o que favorece a fermentação láctica (Zanine *et al.*, 2010), a ensilagem é uma opção promissora para sua conservação. Esta técnica possui ainda potencial de reduzir os riscos de intoxicação por compostos cianogênicos (Sena *et al.*, 2014; Almaguel *et al.*, 2011), que é uma das principais preocupações na utilização do material (Régner *et al.*, 2010).

Da mesma forma, devido ao baixo conteúdo de matéria seca, a mandioca requer cuidados na sua conservação sendo importante estudos, visando o estabelecimento prático de formas de processamento (Araújo *et al.*, 2016) e armazenamento, para torná-los utilizáveis em dietas (Almaguel *et al.*, 2011). As raízes de mandioca trituradas sofrem deterioração após alguns dias da colheita (Araújo *et al.*, 2016), requerendo rápido armazenamento para conservação, no qual, a fermentação é uma opção para diminuir esse efeito (Oni *et al.*, 2014). Ainda, a adição de materiais para redução da umidade pode contribuir com a elevação do valor protéico das silagens obtidas e melhoria dos processos fermentativos durante a ensilagem.

Assim, objetivou-se caracterizar a qualidade nutricional, perfil fermentativo, estabilidade aeróbia e perfil microbiológico da silagem da raiz de mandioca com e sem aditivos.

4.1.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado nas dependências do Laboratório de Nutrição animal e Forragicultura, o qual está vinculado a Universidade Federal do Pampa. Foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema de parcelas subdivididas no tempo 4x3, com cinco repetições. Nas parcelas foram alocados os tratamentos principais, constituídos pela raiz de mandioca triturada *in natura* (Mandioca) ou adicionada de farelo de arroz (M+Arroz), adicionada de farelo de soja (M+soja) e adicionada de farelo de milho (M+milho). Nas subparcelas foram alocados aos tempos de amostragem, os quais corresponderam ao tempo zero (Fresco), silagens com período de fermentação de 45 dias (Abertura) e silagem exposta ao ar durante sete dias (Estabilidade). Para o estudo da estabilidade aeróbia foi adotado DIC, com parcelas subdivididas 4x9, com cinco repetições. Nas parcelas foram alocados os materiais de estudo e nas subparcelas os tempos de exposição ao ar: 0; 24; 48; 72; 96; 120 e 144.

No estudo, a raiz da mandioca da variedade vassourinha foi colhida e triturada, com tamanho de partícula de aproximadamente 20 mm. Após foram preparadas as misturas com base no peso úmido adicionando-se cinco partes de mandioca para cada 1 parte do farelo, até a obtenção do conteúdo de matéria seca de aproximadamente 350 g/kg. Posteriormente, as misturas foram ensiladas em silos experimentais e o material compactado com auxílio de um compactador de madeira, até a obtenção de densidade equivalente a 400 kg/m³.

Os aditivos foram adicionados para aumentar a qualidade fermentativa (Oni *et al.*, 2014), nutricional e a concentração de matéria seca da silagem, sendo este um dos principais objetivos e que tem como consequência o aumento da matéria seca e de perdas por efluentes (Zanine *et al.*, 2010). Neste sentido foi escolhido o milho, a soja e o arroz para adição nas silagens.

Os aditivos foram submetidos a análises bromatológicas, o farelo de arroz, de soja e de milho foram provenientes do comércio local, e apresentaram a seguinte composição química respectivamente: 86.45% MS; 10.99% MM; 89.01% MO; 12.63% PB; 24.82% FDN; 13.76% FDA; 18.32% EE e 5.38% de lignina; 83.35% MS; 6.79% MM; 93.21% MO; 45.03% PB; 27.06% FDN; 12.28 % FDA; 3.39% EE e 2.30% de lignina; 87.33% MS; 1.65% MM; 98.35% MO; 8.25% PB; 9.99% FDN; 5.44% FDA; 4.14% EE e 2.9% de lignina.

Os silos foram confeccionados com canos de PVC, com 500 mm de altura e 100 mm de diâmetro. A parte inferior foi vedada com cap colado ao silo e a porção superior com cap dotado de válvula do tipo Bunsen, para livre escape dos gases. Para a drenagem de efluentes, no fundo de cada silo foi acondicionado 0.500 kg de areia seca e estéril, a qual foi separada da silagem por um disco de plástico com orifícios. Para a mensuração da temperatura das silagens nos primeiros 14 dias após a ensilagem, os silos foram dotados de válvula de borracha na porção intermediária, e utilizado termômetro digital do tipo espeto.

Os silos foram mantidos durante todo período em ambiente arejado e na abertura, foi descartado 5 cm da porção superior e da porção inferior de cada material ensilado, com posterior homogeneização do material restante e separação para análise nutricional, perfil fermentativo, determinação do pH, nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e perfil microbiológico.

As amostras obtidas e destinadas ao estudo do valor nutricional foram submetidas a secagem em estufa com circulação de ar forçada, trituradas com tamanho de partículas de 1 mm em moinho do tipo Willey e submetidas a procedimentos laboratoriais para a determinação dos conteúdos de matéria seca por secagem à 105°C durante 12 horas (Easley *et al.*, 1965), a matéria orgânica por queima em mufla à 550°C (AOAC método no. 22.010 e no. 7.010, 1975), o nitrogênio total (NT) pelo método de Kjeldahl e multiplicando-se o percentual de nitrogênio total por 6.25 obteve-se a percentagem de proteína bruta (PB); fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo Van Soest & Robertson (1985), corrigida para cinzas e proteína; nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), segundo descrição de Licitra *et al.*, (1996), os carboidratos totais foram estudados por Sniffen *et al.*, (1992) e extrato etéreo (EE) conforme Silva & Queiroz (2009).

Para estudo da estabilidade aeróbica e perfil fermentativo as silagens foram submetidas à exposição ao ar, durante sete dias. O peso foi verificado diariamente em balança analítica e seus valores de temperatura e pH monitorados diariamente para verificar a quebra da estabilidade aeróbia. A temperatura da silagem e do ambiente foram monitoradas com termômetro digital do tipo espeto, enquanto o pH foi determinado conforme Silva & Queiroz (2009). Foi considerada como quebra da estabilidade aeróbia o tempo que as silagens levaram para apresentar elevação da temperatura em 1°C acima da temperatura ambiente (Driehuis *et al.*, 2001) e a elevação do pH em 0,2 unidades de pH em relação ao momento da abertura dos silos (Quaresma *et al.*, 2010).

A determinação da digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi realizada pelo método de Tilley & Terry (1963) com adaptação para o aparelho *Daisy Incubator*. Foram colocados 0.25 g de amostra de silagem previamente moída e colocada em saquetas, sendo 24 por jarro mais um branco. Em seguida foi realizada a coleta do líquido ruminal de dois bovinos, munidos de cânula ruminal. Após a coleta, o líquido foi processado em aparelho agitador para desalojar os microrganismos que se prenderam as fibras da massa do rúmen e assegurar uma população microbiana adequada para análise *in vitro*. O líquido então foi filtrado e a jarra de digestão do fermentador removida, na sequência adicionou-se o líquido ruminal junto com a solução tampão de modo que obteve-se um pH final de 6,8 a 39°C, durante 48 horas e purgando CO₂ para manter o meio anaeróbio. Em seguida foi adicionado 8g de pepsina e 30 mL de HCl 6N a uma temperatura de 39°C por 24 horas. Após isso, drenaram-se os jarros e adicionados de água destilada, para a lavagem dos sacos, por duas vezes consecutivas, tendo-se exercido ligeira pressão sobre os sacos para remover o gás neles contidos e secados em estufa a 100°C por 24 horas para pesagem.

O perfil microbiológico da silagem foi estudado por contagem microbiana, segundo Silva *et al.* (2007). Em seguida a coleta das amostras, as mesmas foram homogeneizadas e diluídas na proporção de 10 g para 90 mL de água peptonada obtendo-se a diluição de 10¹, a partir desta realizou-se as diluições até 10⁸. Após, as amostras foram inoculadas em meios de cultura seletivos. Para crescimento e contagem de fungos filamentosos e leveduras foi utilizado o meio Potato Dextrose Ágar mantendo-se as placas em temperatura ambiente por 5 a 7 dias, para *Lactobacillus* o meio Lactobacillus MRS Broth na estufa a 35°C por 48 horas, para *Enterobactérias* o meio Violet Red Bile Ágar (Oxford) 35°C por 72 horas, para *Clostridium* o meio Reinforced Clostridial Ágar, mantidas a 35°C por 72 horas em meio anaeróbio. Decorrido o período de incubação as unidades formadoras de colônias que apresentaram entre 30 e 300 UFC por placa foram contadas, e os resultados foram expressos em log₁₀ UFC g⁻¹ de MS (McDonald *et al.*, 1991).

Para a análise estatística os dados foram submetidos à análise de variância e quando constatada significância as médias foram comparadas pelo teste Tukey (5%) com a adoção de variância complexa devido às parcelas subdivididas.

4.1.3 Resultados e discussão

As raízes de mandioca apresentaram aptidão para ensilagem, com odor característico, ausência de mofo visível, adequadas características visuais de textura e pH adequado. Portanto, pode-se inferir que houve fermentação satisfatória do material ensilado e que os resultados podem ter sido elevados devido a adição de aditivos.

Os valores de matéria seca no momento da ensilagem foram menores e aumentaram com o decorrer do processo, estando superior na estabilidade (Tabela 1). Os menores valores de MS foram encontrados na Mandioca na ensilagem devido ao seu teor de MS ser naturalmente menor quando comparado com a raiz acrescida de farelos, que possuem valores de MS maiores. No momento da ensilagem a Mandioca apresentou valores de MS de (341.08 g/Kg), semelhante ao encontrado em estudo realizado por Araújo *et al.* (2016) que obtiveram (309.00 g/Kg) de MS na silagem de raiz de mandioca. O ideal é que os valores de matéria seca sejam ajustados, já que quando maiores de 400.00 g/Kg podem apresentar maior dificuldade de compactação, perdas com a formação de efluentes e processos biológicos que produzem gases, água e calor (Tolentino *et al.*, 2016).

A qualidade fermentativa é influenciada por diversos fatores incluindo a quantidade de MS e o pH. Os valores de pH das silagens estudadas foram satisfatórios, pois em todos tratamentos se verificou valores inferiores a 4.0 (Silva *et al.*, 2008), assim, todas as silagens apresentaram pH dentro dos limites estabelecidos para classificação de silagens de boa qualidade. Segundo McDonald *et al.* (1991), as silagens conservadas de maneira adequada apresentam pH que varia entre 3.8 a 4.2, demonstrando boa fermentação enquanto, silagens mal conservadas, possuem pH acima de 5.0 possivelmente com concentrações elevadas de ácido acético e butírico.

Em todos os tratamentos houve redução do pH da ensilagem até a abertura (Tabela 1). A rápida redução do pH é fundamental, para evitar a ação de enzimas proteolíticas que são inibidas em pH 4.0 a 4.5, especialmente em materiais com alta quantidade de proteína, (McDonald *et al.*, 1991), como é o caso da silagem de M+Soja, que apresentou pH de 3.93 na ensilagem e de 3.89 na abertura. A silagem de Mandioca obteve pH de 3.74 na abertura, resultado semelhante ao encontrado em estudo realizado por Napasirth *et al.* (2015), em que as silagens de resíduos de mandioca também apresentaram pH <4,0.

Os teores de matéria orgânica encontrou-se maior na ensilagem e menor na estabilidade (Tabela 1), possivelmente devido ao consumo de componentes da matéria orgânica presentes na silagem. A maior matéria orgânica foi na silagem de M+milho, seguido

pela Mandioca, M+soja e M+arroz, valores que são inversamente proporcionais aos da matéria mineral.

Tabela 1. Quantidade de matéria seca, pH, matéria orgânica e matéria mineral das silagens de Mandioca, M+Milho, M+Soja e M+Arroz nos tempos de Ensilagem, Abertura e Estabilidade

Silagens	Tempos			Média	Tempos			Média
	Ensilagem	Abertura	Estabilidade		Ensilagem	Abertura	Estabilidade	
	Matéria seca (g/kg)				pH			
Mandioca	341.08Cb	380.17B	471.97Ab	397.74	3.79Ab	3.74Bc	3.73Bc	3.75
M+Milho	387.61Ca	433.11B	507.83Aa	442.85	3.77Bb	3.68Cd	4.04Aa	3.83
M+Soja	373.23Ba	421.01A	438.61Ac	410.95	3.93Aa	3.89Ba	3.80Bb	3.90
M+Arroz	368.27Aa	417.60A	419.08Ad	401.65	3.95Aa	3.86Cb	3.89Bb	3.90
Média	367.55	412.97	459.37		3.86	3.79	3.89	
CV 1 (%)			1.65				0.42	
CV 2 (%)			2.80				0.41	
	Matéria Orgânica (g/kg)				Matéria Mineral (g/kg)			
Mandioca	962.54Ab	950.22B	947.96Cb	953.57	37.02Cc	49.78Bc	52.35Ac	46.38
M+Milho	968.26Aa	965.49B	961.52Ca	965.09	32.24Cd	34.86Bd	38.78Ad	35.29
M+Soja	944.24Ac	941.51B	933.95Cc	939.90	55.76Cb	59.49Bb	66.05Ab	60.43
M+Arroz	936.59Ad	936.34A	925.87Bd	932.94	63.41Ba	63.20Ba	74.30Aa	66.97
Média	952.91	948.39	942.33		47.11	51.83	57.87	
CV 1 (%)		0.03				1.13		
CV 2 (%)		0.04				1.66		
	Extrato etéreo (g/Kg)							Média
Silagens	Ensilagem	Abertura	Estabilidade					
Mandioca	1.30Bd	2.30Bd	8.90Ac				4.16	
M+Milho	10.45Bb	7.05Cc	15.77Ab				7.18	
M+Soja	3.95Cc	7.35Bb	10.25Ab				11.09	
M+Arroz	80.05Ba	81.87Aa	81.25Aba				80.46	
Média	23.73	24.64	28.80					
CV 1 (%)			3.41					
CV 2 (%)			4.28					

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para cada nutriente estudado não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

No decorrer do processo, a matéria mineral teve seus valores elevados, apresentando-se maior na estabilidade, e com destaque para o tratamento de M+arroz, esse resultado deve-se à alta quantidade de sílica presente no farelo de arroz. Os níveis elevados de sílica não contribuem nutricionalmente para os animais (Tolentino *et al.*, 2016).

A matéria mineral da silagem de mandioca na abertura foi de (49.78 g/Kg), semelhante ao encontrado por Almaguel *et al.* (2011), para silagem de raiz de mandioca que obteve média de (47.00 g/Kg) e inferior aos (78.00 g/Kg), obtidos por Figueiredo *et al.* (2000). A análise da matéria mineral determina a quantidade desse nutriente no alimento mas não quais minerais e seus conteúdos (Tolentino *et al.*, 2016).

Houve interação dos fatores no extrato etéreo que alterou-se ao longo do processo de ensilagem (Tabela 1). A adição dos farelos proporcionou maior teor de extrato etéreo na silagem de M+arroz, valor decorrente ao acréscimo do farelo de arroz que possui elevados

teores de gordura, seguido pela M+milho, M+soja e Mandioca (Tabela 1). Na silagem de mandioca fresca a quantidade de extrato etéreo foi de (1.30 g/Kg) concordando com o encontrado por Silva *et al.* (2008) ao estudarem o mesmo material.

A proteína bruta diminuiu em todos os tratamentos da ensilagem até a abertura (Tabela 2), devido a fermentações indesejadas, o que também ocorreu em estudo de Oni *et al.* (2014). Essas fermentações são ocasionadas principalmente por *Clostridium sp.* e responsáveis pelas alterações nos conteúdos de proteína bruta (McDonald *et al.*, 2010).

A quantidade de proteína bruta da silagem de Mandioca é muito baixa (Almaguel *et al.*, 2011), estudos realizados por Silva *et al.* (2008), encontraram 10.00 g/kg a 15.00 g/kg de proteínas, resultados inferior aos deste estudo que teve média de (26.88 g/kg) e inferior ao encontrado por Figueiredo *et al.* (2000), que obteve como média (49.00 g/kg) de proteína bruta, valor decorrente da adição de ureia na silagem. Porém ambos valores apresentam-se abaixo do recomendado para ruminantes que segundo Van Soest (1994), deve ser de no mínimo 70.00 g/kg para fornecer nitrogênio suficiente para fermentação microbiana no rúmen.

Estudos indicam que a raiz pode ser utilizada na alimentação de todos os animais domésticos, devido ao seu elevado valor energético, mas é necessário a adição de fontes proteicas (Silva *et al.*, 2008) a fim de se ter uma dieta equilibrada (Almaguel *et al.*, 2011).

A variação dos valores de proteína pode ser atribuído ao uso de aditivos antes da ensilagem (Pires *et al.*, 2009), que ocasionou aumento nos valores do nutriente em todos os tratamentos, com destaque para a adição de farelo de soja que obteve 113.63 g/Kg no momento da abertura, seguido pela adição do farelo de arroz que elevou para 67.82 g/Kg e de milho para 37.24 g/Kg, enquanto que apenas a massa de mandioca teve 23.35 g/Kg. Em estudo realizado por Silva *et al.* (2008), a média sem a adição de aditivo foi de 32.70 g/Kg, enquanto que com a adição do farelo de soja se obteve 82.70 g/Kg, sendo a porcentagem do farelo na silagem de 70.00 g/kg.

O processo fermentativo pode provocar alterações na composição e frações de nitrogênio, reduzindo os níveis de proteína e aumentando os níveis de aminoácidos livres ou produtos da quebra destes aminoácidos, como por exemplo, CO₂, aminas e amônia (Tolentino *et al.*, 2016).

O nitrogênio amoniacal é um importante indicador da atividade proteolítica durante a fermentação (Oni *et al.*, 2014), já que quando ocorre a proteólise durante a fermentação, parte da proteína é convertida em nitrogênio não-proteico (Pires *et al.*, 2009).

As silagens de ótica qualidade devem apresentar menos de 100 g/Kg de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (McDonald *et al.*, 1991). Portanto as silagens de M+milho (68.05 g/Kg) e M+soja (57.34 g/Kg) estão classificadas como adequadas no momento da ensilagem quanto aos teores de nitrogênio amoniacal, enquanto que foi verificado conteúdo mais elevados para silagem de Mandioca (138.11 g/Kg) e M+arroz (130.77 g/Kg). Em todas as silagens, houve aumento na abertura, indicando que ocorreu alta intensidade de proteólise durante o processo de fermentação.

A proteólise no interior do silo é ocasionada principalmente pela atuação de bactérias do gênero *Clostridium* (McDonald *et al.*, 2010) ocorrendo quebra do nitrogênio da silagem ocasionando a produção do N-NH₃. Níveis elevados deste componente prejudicam o valor proteico das silagens por permitir perdas por volatilização.

O NIDN apresentou-se mais elevado na abertura para as silagens de M+soja e M+arroz com posterior redução na estabilidade (Tabela 2). Enquanto que o NIDA teve seus valores mais elevados na ensilagem e na abertura na M+arroz, isso ocorre possivelmente devido superaquecimento que o arroz passa durante seu processamento.

Os componentes do NIDA são resistentes ao ataque microbiano e enzimático, tornando-se pouco solúveis ou insolúveis no trato gastrointestinal. Acarretando em dificuldade de digestibilidade devido ao nitrogênio estar associado aos compostos de lignina, tanino e compostos resultantes da reação de *Maillard* (Tolentino *et al.*, 2016).

Essa reação ocorre na presença de carboidratos solúveis e frações nitrogenadas, o que aumenta os teores de nitrogênio ligado à parede celular (Amaral *et al.*, 2007). Altos teores de NIDA são limitantes para a inclusão na dieta de ruminantes, já que essa porção é praticamente indisponível para o aproveitamento animal (Van Soest, 1994).

Tabela 2. Frações nitrogenadas das silagens de Mandioca, M+Milho, M+Soja e M+Arroz nos tempos de ensilagem, abertura e estabilidade.

Silagens	Tempos			Média	Tempos			Média
	Ensilagem	Abertura	Estabilidade		Ensilagem	Abertura	Estabilidade	
	PB (g/kg)				N amoniacal (g/kg)			
Mandioca	27.81Ad	23.35Bd	29.49Ad	26.88	138.11Ca	365.62Aa	340.43Ba	281.38
M+Milho	48.99Ac	37.24Bc	50.78Ac	45.67	68.05Cb	165.02Ac	143.82Bc	125.63
M+Soja	212.02Aa	113.63Ca	194.91Ba	173.52	57.34Bb	132.71Ad	124.50Ad	104.85
M+Arroz	78.23Ab	67.83Bb	77.69Ab	74.58	130.77Ca	190.26Bb	281.87Ab	200.96
Média	91.76	60.51	88.22		98.57	213.4	222.65	178.2

CV 1 (%)	3.67				4.08				35.66
CV 2 (%)	2.75				4.48				
	NIDN (g/kg do N Total)				NIDA (g/kg do N Total)				
Mandioca	48.30Bab	37.27Bc	69.07Aa	51.55	40.22Aab	28.90Ab	37.05Aa	35.39	
M+Milho	34.37Cb	117.97Aa	72.30Ba	74.88	28.47Bc	53.87Aa	25.57Bab	35.97	
M+Soja	48.20Bab	120.07Aa	35.22Bb	67.83	26.57Ac	27.72Ab	16.00Ab	23.43	
M+Arroz	56.20Ba	83.77Ab	84.82Aa	74.93	50.00Ba	64.45Aa	29.12Cab	47.85	
Média	46.76	89.77	65.35		36.31	43.73	26.93		
CV 1 (%)	19.26				17.04				
CV 2 (%)	9.20				20.85				

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para cada nutriente estudado não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Verificou-se diferença estatística para CHOT, sendo a silagem de Mandioca superior aos demais materiais na ensilagem o que torna-se um resultado positivo para a qualidade do material, considerando que os carboidratos representam a principal fonte de energia para a fermentação microbiana (Van Soest, 1994). A raiz de mandioca comparada ao milho, trigo e arroz, possui maior quantidade deste nutriente (Almaguel *et al.*, 2011).

A quantidade de NDT apresentou-se elevada em todos os tratamentos antes da ensilagem, sendo maior na M+arroz, seguido por M+milho, Mandioca e M+soja, possivelmente por estes materiais terem elevado conteúdo de carboidratos não fibrosos (CNF), uma vez que estes apresentam alta disponibilidade nutricional para os ruminantes, sendo um indicativo de qualidade da silagem.

O NDT apresentou-se mais elevado na ensilagem na Mandioca, devido ao consumo de parte dos CNF durante a fermentação (Tabela 3). A massa de raiz de mandioca antes da ensilagem teve seus valores em 840.85 g/Kg, resultado que corrobora com o encontrado por Silva *et al.*, (2010), que foi de 840.00 g/Kg.

Tabela 3. Carboidratos totais e nutrientes digestíveis totais de Mandioca, M+Milho, M+Soja e M+Arroz nos tempos de ensilagem, abertura e estabilidade.

Silagens	Tempos			Média	Tempos			Média
	Ensilagem	Abertura	Estabilidade		Ensilagem	Abertura	Estabilidade	
	CHOT (g/kg)				NDT (g/kg)			
Mandioca	933.42Aa	924.55Ba	909.57Ca	922.51	840.85Ac	817.02Cc	831.22Bc	829.70
M+Milho	908.82Bb	921.22Aa	895.00Cb	908.35	855.15Ab	852.50Ab	839.55Bb	849.06
M+Soja	728.27Bd	820.52Ab	728.80Bd	759.20	802.72Bd	813.60Ac	789.55Cd	801.95
M+Arroz	778.30Bc	786.67Ac	766.92Cc	777.30	877.65Ba	885.25Aa	889.42Aa	884.10
Média	837.20	863.24	825.05		844.09	828.50	815.99	

CV 1 (%)	0.37	0.39
CV 2 (%)	0.33	0.26

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para cada nutriente estudado não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os teores de FDN e de FDA elevaram-se no momento da abertura, com excessão da M+soja e M+arroz que para FDA não apresentaram diferença estatística nos tempos. Quando os teores de FDN e FDA aumentam da ensilagem até a abertura, pode estar relacionado com o consumo dos carboidratos solúveis durante a fermentação (McDonald *et al.*, 1991), especialmente em materiais como a raiz e o milho, que são ricos neste componente.

No caso da raiz de mandioca a concentração de fibras é baixa quando comparada com outros cereais (Knowles *et al.*, 2012), por isso a necessidade de ofertar uma dieta equilibrada. As fibras devem representar 700 g/kg ou mais da MS em rações de vacas leiteiras, já que esta é o principal precursor da energia para esses animais (Mertens, 1997). Quando se oferta pouca fibra para ruminantes, pode ocasionar uma variedade de alterações e de sinais clínicos nos animais, variando desde fermentação alterada em rúmen à acidose grave, podendo resultar até mesmo em morte do animal.

Quando é incluso muita fibra na dieta e de baixa qualidade, a densidade de energia pode ser reduzida, o consumo é diminuído pelo fator de enchimento, reduzindo o desempenho dos animais (Mertens 1997). O que pode ocorrer em dietas que apresentem elevadas quantidades de lignina (Pires *et al.*, 2009),

Segundo Mertens (1997), os valores de FDN em uma dieta devem estar na faixa de 550-600 g/kg na base da MS. Sendo assim, todas as silagens estariam em valores menores que os desta faixa. A lignina sofreu aumento gradativo em seus níveis ao longo do tempo estudado com exceção da M+arroz e obteve diferença entre os tratamentos. A proporção desses componentes se eleva à medida que a planta envelhece, neste sentido a proporção das fibras tende a aumentar (Tolentino *et al.*, 2016).

A FDA é composta pela sílica presente no farelo de arroz, junto com a celulose e a lignina (Silva & Queiroz 2009). Segundo Silva & Queiroz (2009), o termo lignina é utilizado para nomear grupo de substâncias quimicamente semelhantes, sendo o seu conteúdo variável.

Segundo Van Soest (1994), a lignina é uma fração que se mantém inalterada durante o processo fermentativo, já que ela é indigestível para ruminantes. Neste estudo as frações alteraram suas médias em todos os tempos, que é justificável devido o consumo de outros nutrientes, então proporcionalmente houve aumento deste componente (Tabela 4).

Tabela 4. Frações fibrosas das silagens de Mandioca, M+Milho, M+Soja e M+Arroz nos tempos de ensilagem, abertura e estabilidade.

Silagens	Tempos			Média	Tempos			Média
	Ensilagem	Abertura	Estabilidade		Ensilagem	Abertura	Estabilidade	
	FDN (g/kg)				FDA (g/kg)			
Mandioca	38.70Bc	54.81Ac	53.38Ad	48.96	33.37Bc	47.98Ab	45.92Ac	42.42
M+Milho	43.16Bb	45.09Bd	67.86Ac	52.04	33.90Ac	36.03Ac	36.58Ad	35.50
M+Soja	86.44Ba	68.05Cb	100.58Aa	85.02	70.12Aa	62.23Ba	69.18Aa	67.18
M+Arroz	85.48Aa	87.30Aa	84.52Ab	85.77	64.54Ab	63.79Aa	61.32Ab	63.22
Média	63.45	63.81	76.58		50.48	52.51	53.25	
CV 1 (%)	3.03				3.88			
CV 2 (%)	3.31				3.83			
	Lignina (g/kg)				Celulose (g/kg)			
Mandioca	9.32B	18.70B	52.92A	26.98	22.60Bc	29.37Ac	34.62Ac	28.86
M+Milho	15.75B	13.80B	79.10A	36.21	19.42Bc	23.67ABc	26.17Ad	23.09
M+Soja	87.15B	72.27B	134.67A	98.03	47.72Ba	45.82Ba	58.25Aa	50.60
M+Arroz	169.60A	120.32B	41.37C	110.43	34.12Bb	38.30ABb	42.72Ab	38.38
Média	70.40A	64.83A	68.46A		30.96	34.29	40.44	
CV 1 (%)	3.47				9.13			
CV 2 (%)	2.99				8.63			
	Hemicelulose (g/Kg)							
	Tempos				Tempos			
Silagens		Ensilagem	Abertura		Ensilagem	Abertura	Estabilidade	Média
Mandioca		5.35Ac	6.85Ab		7.45Ac			909.57
M+Milho		9.27Bb	9.07Bb		29.62Aa			895.00
M+Soja		16.32Bb	5.82Cb		32.67Aa			728.80
M+Arroz		21.77Aa	23.52Aa		22.07Ab			766.92
Média		13.18	11.31		22.95			
CV 1 (%)		12.50						
CV 2 (%)		13.40						

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha para cada nutriente estudado não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A celulose encontrou-se mais elevada nas silagens M+soja, seguido da M+arroz, Mandioca e M+milho que não apresentaram diferença estatística na ensilagem. A quantidade de celulose se elevou no decorrer do processo o que aconteceu também com a hemicelulose, ambas elevaram-se na estabilidade, indicando que os carboidratos não fibrosos foram consumidos mais rapidamente no processo fermentativo e proporcionalmente elevou-se a quantidade dos componentes fibrosos. A celulose quando alta pode afetar a eficiência microbiana e o desempenho do animal, já que é lentamente fermentável no rúmen (Tolentino *et al.*, 2016).

A população de *Lactobacillus* foi maior na Mandioca, com 7.21×10^4 sem diferença estatística para M+milho e M+arroz, os valores verificados são semelhantes ao encontrado para silagem de folhas de mandioca por Napasirth *et al.* (2015) 7.5×10^4 , enquanto que a menor população foi verificada na silagem de M+Soja.

A adição de fontes prontamente fermentáveis, como no caso da mandioca e do milho, favorecem a fermentação láctica por causa da inibição da ação de enterobactérias e *Clostridium*, resultando em menores valores de pH, N-NH₃, ácido acético e ácido butírico e maiores valores de ácido láctico, o que ocasiona silagem com um melhor perfil fermentativo (Zanine *et al.*, 2010).

A Mandioca e M+milho, apresentaram menor pH e maior quantidade de bactérias lácticas, o que ocorreu devido ao desenvolvimento das bactérias após a ensilagem e no papel que elas tem na redução do pH e na fermentação do material ensilado, estando estreitamente ligada com a qualidade final da silagem, sendo portanto microrganismos desejáveis (McDonald *et al.*, 2010).

As enterobactérias crescem mais durante os primeiros dias de ensilagem, decrescendo quando o meio é acidificado, elas competem com as bactérias ácido lácticas pelo consumo dos carboidratos solúveis no início dos processos fermentativos, tendo como produto o ácido acético fazendo com que demore ainda mais para que os valores de pH sejam reduzidos (Jobim, 1999). Sendo assim, a redução no pH do meio, pode inibir ou diminuir o desenvolvimento de enterobactérias e de clostridium (Zanine *et al.*, 2010).

As bactérias do gênero *Clostridium* tem efeito negativo na qualidade da silagem, pois estas resultam em perdas significativas de matéria seca e na composição química das silagens (Bernardes *et al.*, 2009). Os clostrídios tiveram sua população estável em todos os tratamentos, porém com valores semelhantes aos lactobacilus. Os valores de clostrídios foram evidenciados provavelmente pela competição destas bactérias com as ácido lácticas, ocorrendo devido ao tempo elevado na redução do pH, o qual, se fosse rápido teria ação inibitória do seu crescimento (McDonald *et al.*, 2010).

A presença de leveduras possuem papel importante na deterioração dos alimentos e sua presença na silagem pode ter ocorrido devido à dificuldade de compactação e O₂ remanescente no interior dos silos, propiciando o desenvolvimento destes microrganismos (Jobim *et al.*, 1999).

Os Fungos e Leveduras não diferiram estatisticamente entre os tratamentos (Tabela 5). Estes não possuem relação direta com a fermentação da silagem, já que são aeróbicos, mas

prejudicam em relação as perdas na superfície do silo (Jobim *et al.*, 1999). Vale ressaltar que a presença de grande quantidade de fungos não é desejada, pois esses, em condições de ambientais favoráveis, podem vir a desenvolver micotoxinas e causar alguns distúrbios metabólicos e até mesmo a morte dos animais.

Tabela 5. Populações de microrganismos (Log UFC/g de MS) identificados em silagens de mandioca *in natura* ou com adição de farelos de milho, soja ou arroz na abertura.

Tratamentos	Lactobacillus	Enterobactérias	Clostrídios	Fungos e Leveduras
Mandioca	7.21a	4.01b	6.64a	7.17 ^a
Mandioca+Milho	7.18ab	4.59b	6.36a	6.90a
Mandioca+Soja	6.17b	6.86a	6.11a	6.22a
Mandioca+Arroz	7.13ab	6.62a	7.08a	6.81a
Média Geral	6.92	5.51	6.54	6.77
CV (%)	7.16	14.22	11.92	7.13
DMS	1.04005	1.64809	1.63843	1.01490

Médias com letras distintas minúscula na coluna diferem por Tukey (5%); CV (%): coeficiente de variação.

As silagens para serem consideradas alimentos de boa qualidade devem apresentar estabilidade aeróbia após a exposição ao ar, pois com a abertura dos silos pode ocorrer o aumento significativo de pH (Quaresma *et al.*, 2010) e de temperatura (Amaral *et al.*, 2007), decorrentes da degradação aeróbica, e ocasionando também perda de valor nutricional e redução do consumo (Bernardes *et al.*, 2009).

Houve diferença entre o pH observado ao longo dos 7 dias após a abertura dos silos na estabilidade. Na análise de pH, somente houve quebra da estabilidade aeróbica da silagem adicionadas de farelo de milho após 168 horas de exposição ao ar (Tabela 6), com a elevação dos valores de pH da silagem em mais de 0.2 unidades de pH em relação ao pH do momento da abertura dos silos (Quaresma *et al.*, 2010). Esta silagem foi a única dentre as demais que aumentou progressivamente o pH a partir do segundo dia até o sétimo dia de avaliação em relação ao pH da abertura.

Tabela 6. Alterações de pH em relação aos dias de exposição ao ar após a abertura das silagens de mandioca *in natura* ou com adição de farelos de milho, soja ou arroz.

Tratamentos	0 ^{ns}	24 ^{ns}	48 ^{ns}	72 ^{ns}	96 ^{ns}	120 ^{ns}	144 ^{ns}	168 ^{ns}
Mandioca	3.79b	3.74b	3.79b	3.81b	3.79b	3.84b	3.75b	3.73b
Mandioca+Milho	3.77b	3.68c	3.77b	3.80b	3.81b	3.84b	3.86a	4.12a
Mandioca+Soja	3.91a	3.88a	3.92a	3.97a	3.95a	3.97a	3.91a	3.88ab
Mandioca+Arroz	3.95a	3.85a	3.92a	3.99a	3.98a	3.98a	3.93a	3.89ab
CV	0.60	0.64	0.23	0.50	0.51	0.81	0.95	3.34

Ns: Não significativo pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação. Negrito: Quebra da estabilidade aeróbia devido à elevação do pH em mais de 0.2 unidades.

A silagem de M+milho pode apresentar deterioração a partir do sétimo dia da abertura dos silos, uma vez que a quebra da estabilidade aeróbica é indicativo de início de deterioração pela ação de microrganismos aeróbicos que encontravam-se latentes durante a fase anaeróbica dentro do silo (Bernardes *et al.*, 2009). Para evitar riscos de deterioração aeróbica do material ensilado após a abertura dos silos, devido a penetração de ar na massa ensilada, a produção e uso destas silagens deve obedecer a remoção de uma camada de 15 a 20 cm silo ao dia. De acordo com McDonald *et al.* (1991), as perdas de energia pela deterioração aeróbica podem ser superiores a 15% após a abertura do silo.

A degradação aeróbica além de alterações na temperatura e pH ocasiona também a proliferação de fungos que oxidam os ácidos orgânicos, produzindo micotoxinas, tornando as silagens mais instáveis e sujeitas à deterioração. Também podem apresentar perda de valor nutricional e redução do consumo pelos animais (Bernardes *et al.*, 2009).

Quanto a temperatura, a quebra da estabilidade, ocorreu para todos os tratamentos em dois momentos, no segundo e no sétimo dia (Tabela 7), onde houve a elevação da temperatura em pelo menos 1°C acima da temperatura ambiente (Driehuis *et al.*, 2001). Isso evidencia a ocorrência de alterações bromatológicas, visto que durante tais alterações o aumento da temperatura tem correlações negativas com o valor nutricional da silagem, afetando a sua composição e o consumo pelos animais (Bernardes *et al.*, 2009).

As silagens apresentaram picos de temperatura por volta de 48 horas de exposição aeróbica e, posteriormente, novo pico por volta de 168 horas de avaliação (Tabela 7). Esse aumento inicial da temperatura é causado pelo crescimento de leveduras, e o segundo aumento decorre do desenvolvimento dos clostrídios, que não eram importantes até o pH da silagem estar maior e causar aumento de temperatura do material.

Tabela 7. Alterações de temperatura (°C) em relação aos dias de exposição ao ar após a abertura das silagens de mandioca *in natura* ou com adição de farelos de milho, soja ou arroz.

Tratamentos	24 ^{ns}	48 ^{ns}	72 ^{ns}	96 ^{ns}	120 ^{ns}	144 ^{ns}	168 ^{ns}
Temperatura ambiente	25	22	22	22	23	23	23
Mandioca	24a	26b	21a	22a	23b	22a	24b
Mandioca+Milho	24a	27a	22a	23a	24a	22a	25a
Mandioca+Soja	24a	27a	22a	22a	23b	23a	24b
Mandioca+Arroz	24a	27a	22a	23a	23b	22a	24b
CV	0.00	0.94	3.38	2.64	1.08	2.44	0.00

Ns: Não significativo pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. CV: coeficiente de variação.

Negrito: Quebra da estabilidade aeróbica devido à elevação da temperatura em mais de 1° Celsius.

Em todas as silagens estudados a digestibilidade foi maior para a Mandioca (965.00 g/Kg; P : 0.0003), e M+milho, M+arroz e menor para M+soja (Tabela 8). Todos os valores são considerados ótimos em relação a digestibilidade, possivelmente devido a influência do componente mandioca e sua proporção alta em todas as silagens, o que é positivo em relação ao aproveitamento do material.

Tabela 8. Valores da DIVMS de silagem de mandioca *in natura* e com aditivos, no período de ensilagem.

Tratamentos	DIVMS
Mandioca	965.00 a
M+Milho	952.50 ab
M+Soja	930.00 bc
M+Arroz	915.00 c
CV(%)	1.26
<i>P value</i>	0.0003

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey (5%). CV 1: coeficiente de variação das silagens. DIVMS - Digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

A digestibilidade é uma estimativa da capacidade que o alimento tem em permitir que o animal utilize seus nutrientes, essa pode ser maior ou menor e pode ser estimada. Alguns fatores podem interferir com os coeficientes de digestibilidade alimentar, como por exemplo, a maturidade da planta, que pode exercer efeito negativo em relação a digestibilidade dos nutrientes, já que há redução no teor de proteína e aumento da parede celular (Tolentino *et al.*, 2016).

4.1.4 Conclusão

A mandioca pode ser armazenada e conservada em propriedades rurais na forma de silagem com ou sem o uso de farelos de arroz, milho e soja. O uso destes como aditivos alimentares melhorou o valor nutricional em alguns parâmetros. Porém as silagens de Mandioca e M+milho destacaram-se em relação a alta digestibilidade, quantidade de carboidratos totais, adequado pH e menor quantidade de componentes fibrosos. A decisão pelo uso e a escolha do aditivo fica condicionado à disponibilidade na propriedade ou custos de aquisição, e ambas silagens devem ser balanceadas de maneira adequada na dieta.

4.1.5 Referências

ALMAGUEL, R. E.; PILOTO, J. L.; CRUZ, E. et al. Utilización del ensilaje artesanal de yuca como fuente energética en dietas para cerdos de engorde. **Livestock Research for Rural Development**, v. 23, p.41-47, 2011.

AMARAL, R. D.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. et al. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.532-539, 2007.

AOAC. Official Methods of Analysis, 12th ed. **Association of Official Analytical Chemists**, Washington, DC, USA, 1975.

ARAÚJO, D. D.; AMORIM, A. B.; SALEH, M. A. D. et al. Nutritional evaluation of integral cassava root silages for growing pigs. **Animal Nutrition**, v.2, p.149–153, 2016.

BERNARDES, T. F.; REIS, R. A.; AMARAL, R. C. Chemical and microbiological changes and aerobic stability of marandu grass silages after silo opening. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v.38, p.1-8, 2009.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, W.H.; VAN WIKSELAAR, P.G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculant with *Lactobacillus buchneri*, with or without mofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, v.56, p.330-343, 2001.

EASLEY, J.F.; MCCALL, J.T.; DAVIS, G.K. et al. **Analytical methods for feeds and tissues**. Gainesville: University of Florida, Nutrition Laboratory, Dept. of Animal Science, 81 p. 1965.

FASINMIRIN, J.T.; REICHERT, J.M. Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta* crantz) production in the tropics. **Soil and Tillage Research**, v.113, p.1-10, 2011.

FIGUEIREDO, M. P.; FERREIRA, J. Q.; LOPES, I. O. et al. Silagem de raiz de mandioca tratada com uréia. **Revista Científica de Produção Animal**, v.2, p.17-23, 2000.

JOBIM, C. C.; REIS, R. A.; SCHOKEN-ITURRINO, R. P. et al. Desenvolvimento de microorganismos durante a utilização de silagens de grãos úmidos de milho e de espigas de milho se brácteas. **Acta Scientiarum**, v.21, p.671-676, 1999.

KNOWLES, M. M.; PABÓN, M. L.; CARULLA, J. E. Use of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and other starchy non-conventional sources in ruminant feeding. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**, v.25, p.488-499, 2012.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, p.347- 358, 1996.

MCDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D. et al. **Animal Nutrition**. 7. ed. **Prentice Hall**, 2010. p. 499-517.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. The biochemistry of silage. 2. ed. **Marloui: Chalcome**, 1991. p. 340.

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

NAPASIRTH, V.; NAPASIRTH, P., SULINTHONE, T. et al. Microbial population, chemical composition and silage fermentation of cassava residues. **Animal Science Journal**, v.86, p.842-848, 2015.

ONI, A. O.; SOWANDE, O. S.; ADERINBOYE, R. Y. et al. Effect of additives on fermentation of cassava leaf Silage and ruminal fluid of West African Dwarf goats. **Archivos de zootecnia**, v.63, , p. 449-459, 2014.

PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G.; GARCIA, R. et al. Fracionamento de carboidratos e proteínas de silagens de capim-elefante com casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.422-427, 2009.

QUARESMA, J. P. S.; ABREU, J. G.; ALMEIDA, R. G. et al. Recuperação de matéria seca e composição química de silagens de gramíneas do gênero *Cynodon* submetidas a períodos de pré-emurchecimento. **Ciência Agrotec**, v.34, p.1232-1237, 2010.

RÉGNIER, C.; BOCAGE, B.; ARCHIMÈDE, H. et al. Effects of processing methods on the digestibility and palatability of cassava root in growing pigs. **Animal feed science and technology**, v.162, p.135-143, 2010.

SENA, L. S.; JÚNIOR, V. R. R.; DOS REIS, S. T. et al. Degradabilidade das silagens de diferentes frações da parte aérea de quatro cultivares de mandioca. **Ciência Animal Brasileira**, v.15, p.249-258, 2014.

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

SILVA, D.J. & QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Universidade Federal de Viçosa, 235 p. 2009.

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

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2007. 45-60 p.

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, p.3562-3577, 1992.

TILLEY, J.M.A., TERRY, R.A., A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Grass and Forage Science**, v.18, p.104-111, 1963.

TOLENTINO, D. C.; RODRIGUES, J.A.S.; PIRES, D.A.A. et al. The quality of silage of different sorghum genotypes. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.38, p.143-149, 2016.

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

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. **Analysis of forages and fibrous foods**. Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.

ZAMBOM, M.A.; FERNANDES, T.; SOARES, M.S.S.P. et al. Características da silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca adicionada de níveis de ureia. **Archivos de zootecnia**, v.63, p.677-688, 2014.

ZANINE, A. de M.; SANTOS, E.M.; DÓREA, J.R.R. et al. Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava scrapings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.39, p.2611-2616, 2010.

4.2 A silagem de caule de mandioca tem sua composição nutricional elevada com a adição de aditivos alimentares

Resumo

Objetivou-se caracterizar a qualidade nutricional, perfil fermentativo e microbiológico da silagem do caule de mandioca com e sem aditivos alimentares em diferentes tempos de fermentação. O delineamento utilizado foi a inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas foram alocados os tratamentos principais, constituídos pelo caule de mandioca triturada *in natura* (Mandioca) ou adicionado de farelo (M+arroz) ou farelo de soja (M+soja) e nas subparcelas foram alocados os tempos de fermentação, os quais corresponderam ao momento da ensilagem (0 dias), aos 21 dias de fermentação (21 dias), aos 42 dias de fermentação (42 dias) e aos 63 de fermentação (63 dias). Os materiais foram comparados pelo teste Tukey e os tempos de fermentação foram testados pelos modelos de regressão linear e quadrático. Os materiais foram ensilados em silos experimentais. As amostragens foram realizadas nos tempos citados para determinação da composição bromatológica, nutriente digestível total, digestibilidade, pH, temperatura, nitrogênio amoniacal, população de bactérias ácido lácticas, enterobactérias, *Clostridium*, fungos filamentosos e leveduras. O caule de mandioca com e sem aditivos apresentou aptidão para ensilagem, havendo fermentação satisfatória do material ensilado. A adição de farelos alterou os parâmetros avaliados. A matéria seca apresentou-se menor no momento da ensilagem elevando-se no decorrer do processo, devido à baixa quantidade de água presente no caule e a adição de farelos. O pH mais próximo ao adequado foi verificado aos 42 dias na M+arroz e M+soja, assim como a maior quantidade de extrato etéreo, enquanto que a PB foi superior aos 63 dias para as silagens adicionadas de farelo. Os carboidratos finais foram superiores na Mandioca, com maior quantidade de carboidratos fibrosos, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina, devido as características do caule. Os nutrientes digestíveis totais foram superiores na M+soja e M+arroz ao longo do período estudado, demonstrando elevado conteúdo energético das silagens. A população de lactobacilos alterou-se no decorrer do processo, tendo seus valores ajustados a regressão quadrática, com elevação dos microrganismos para Mandioca até os 41 dias, para M+arroz até os 37 dias e para M+soja até os 43 dias, período em que o material apresentou menor pH. A estocagem na forma de ensilagem da Mandioca *in natura* e adicionada de farelos dentro das condições avaliadas no

presente experimento, demonstrou ser eficiente no processo de conservação e a adição de farelos melhorou o valor nutricional.

Palavras-chave: conservação, *Manihot esculenta*, ruminantes

4.2.1 Introdução

Atualmente as gramíneas têm sido o principal recurso forrageiro para ruminantes no Brasil (Silva *et al.*, 2010), no entanto ao longo do ano há ampla flutuação de oferta forrageira, épocas com escassez e outras com abundante oferta de pastagem (Tolentino *et al.*, 2016). Assim, há a necessidade de buscar novas fontes alimentares de boa qualidade e com baixo custo (Ferreira *et al.*, 2007). Essas alternativas alimentares devem reduzir o uso dos concentrados convencionais e potencializar a utilização de ingredientes que possam ser gerados ou adquiridos pelos próprios criadores nos mais diversos sistemas de produção adotados (Souza *et al.*, 2011).

Sendo assim, a mandioca se destaca, por ser amplamente cultivada (Napasirth *et al.*, 2015), especialmente no Brasil, que é um dos maiores produtores do mundo (Zambom *et al.*, 2014). A cultura é capaz de prosperar sob condições adversas, de solos fracos, arenosos (Fasinmirin e Reichert, 2011), baixo teor de matéria orgânica, temperaturas elevadas e sob baixa precipitação (Napasirth *et al.*, 2015), características que a tornam alimento importante em diversas regiões do mundo (Sena *et al.*, 2014). Pela sua adaptabilidade a adversidades é produzida em praticamente todas as regiões do país, gerando grande disponibilidade de resíduos e subprodutos com potencial para utilização na alimentação animal (Zambom *et al.*, 2014).

No sistema tradicional, a parte aérea da planta é aproveitada para a produção das manivas (Mota *et al.*, 2011), sendo cerca de 20% empregadas no replantio (Souza *et al.*, 2011), o restante geralmente não é utilizado (Mota *et al.*, 2011). O material apresenta características adequadas ao processo de ensilagem, como elevada matéria seca e carboidratos solúveis, favorecendo a fermentação láctica (Zanine *et al.*, 2010).

Contudo, a adequação para ensilagem, assim como o valor nutritivo em relação ao período de fermentação ainda é pouco conhecido. Assim, objetivou-se caracterizar a qualidade nutricional, perfil fermentativo e microbiológico da silagem de caule de mandioca com e sem aditivos em diferentes períodos de fermentação.

4.2.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado nas dependências do Laboratório de Nutrição Animal e Forragicultura, da Universidade Federal do Pampa. Foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema de parcelas subdivididas no tempo 3x4, com quatro repetições. Nas parcelas foram alocados os materiais de estudo: Mandioca - caule de mandioca triturada *in natura*; M+arroz - caule de mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de arroz e M+soja - caule de mandioca triturada *in natura* adicionada de farelo de soja. Nas subparcelas foram alocados os tempos de fermentação: 0- momento da ensilagem; 21, 42 e 63 dias de fermentação.

No estudo, o caule da mandioca da variedade vassourinha foi colhido e triturado, com tamanho de partícula de aproximadamente 20 mm. Na sequência, foram preparadas as misturas com base no peso úmido adicionando-se cinco partes de caule de mandioca para cada 1 parte do farelo, até a obtenção do conteúdo de matéria seca de aproximadamente 350 g/kg. Posteriormente, as misturas foram ensiladas em silos experimentais, sendo o material compactado, até a obtenção de densidade equivalente a aproximadamente 400 kg/m³.

Os aditivos foram adicionados com a finalidade de melhorar a qualidade fermentativa das silagens, pois, ambos apresentaram elevada quantidade de matéria seca, além disso, o farelo de arroz foi escolhido devido a elevada quantidade de carboidratos presentes no material e disponibilidade no comércio local, enquanto optou-se pelo farelo de soja devido ao seu elevado teor de proteína.

Os aditivos foram submetidos as análises bromatológicas, sendo que o farelo de arroz e de soja foram provenientes do comércio local, e apresentaram a seguinte composição química respectivamente: 86,45% matéria seca (MS); 10,99% matéria mineral (MM); 89,01% matéria orgânica (MO); 12,63% proteína bruta (PB); 24,82% fibra em detergente neutro (FDN); 13,76% fibra em detergente ácido (FDA); 18,32% extrato etéreo (EE) e 5,38% de lignina; 83,35% MS; 6,79% MM; 93,21% MO; 45,03% PB; 27,06% FDN; 12,28 % FDA; 3,39% EE e 2,30% de lignina.

Os silos foram mantidos durante todo período em ambiente arejado e na abertura, foi descartado 5 cm da porção superior e da inferior de cada material ensilado, com posterior homogeneização do material restante e separação para análise nutricional, perfil fermentativo, determinação do pH, nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e perfil microbiológico.

As amostras obtidas e destinadas ao estudo do valor nutricional foram submetidas a secagem em estufa com circulação de ar forçada, trituradas com tamanho de partículas de 1 mm e submetidas a procedimentos laboratoriais para a determinação dos conteúdos de matéria seca por secagem à 105°C por 12 horas (Easley *et al.*, 1965), matéria orgânica por queima em mufla à 550°C (AOAC método no. 22.010 e no. 7.010, 1975), nitrogênio total (NT) pelo método de Kjeldahl e multiplicando-se o percentual de nitrogênio total pelo fator de correção 6,25 obteve-se a percentagem de proteína bruta (PB); fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo Van Soest e Robertson (1985), corrigida para cinzas e proteína; nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), segundo descrição de Licitra *et al.*, (1996), carboidratos totais (CHOT), carboidratos fibrosos (CF) e carboidratos não fibrosos (CNF), conforme Sniffen *et al.*, (1992) e extrato etéreo (EE) conforme Silva e Queiroz (2009).

A determinação da digestibilidade *in vitro* foi realizada pelo método de Tilley e Terry (1963) com adaptação para o aparelho *Daisy Incubator*. Foram colocados 0.25 g de amostra de silagem previamente moída em saquetas, sendo 24 mais um branco por jarro. Em seguida que foi realizada a coleta do líquido ruminal de dois bovinos, munidos de cânula ruminal. Após a coleta, o líquido foi processado em aparelho agitador para desalojar os microrganismos que se prenderam as fibras da massa do rúmen e assegurar uma população microbiana adequada para análise *in vitro*. O líquido foi filtrado e a jarra de digestão do fermentador removida, na sequência adicionou-se o líquido ruminal junto com a solução tampão de modo que obteve-se um pH final de 6,8 a 39°C, durante 48 horas e purgando CO₂ para manter o meio anaeróbio. Em seguida foi adicionado 8 g de pepsina e 30 mL de HCl 6N a temperatura de 39°C por 24 horas. Após isso, drenaram-se os jarros e adicionados de água destilada, para a lavagem dos sacos, por duas vezes consecutivas, tendo-se exercido ligeira pressão sobre os sacos para remover o gás neles contido e secados em estufa a 100°C por 24 horas para pesagem.

O perfil microbiológico foi estudado por meio da quantificação das populações microbianas, segundo Silva *et al.* (2007). Após a coleta das amostras as mesmas foram homogeneizadas e diluídas na proporção de 10 g para 90 mL de água peptonada para a obtenção da diluição de 10¹, a partir desta realizou-se diluições até 10⁸. Após, as mesmas foram inoculadas em meios de cultura seletivos. Para crescimento e contagem de fungos filamentosos e leveduras foi utilizado o meio Potato Dextrose Ágar, as placas foram mantidas em temperatura ambiente por 5 a 7 dias, para *Lactobacillus* o meio Lactobacillus MRS Broth

na estufa a 35°C por 48 horas, para *Enterobactérias* o meio Violet Red Bile Ágar (Oxford) 35°C por 72 horas, para *Clostridium* o meio Reinforced Clostridial Ágar, mantidas a 35°C por 72 horas em meio anaeróbio. Decorrido o período de incubação as unidades formadoras de colônias (UFC) que apresentaram entre 30 e 300 UFC por placa de petri foram contadas, e os resultados foram expressos em \log_{10} UFC g⁻¹ de MS (McDonald *et al.*, 1991).

Para a análise estatística os dados foram submetidos à análise de variância e quando constatada significância as médias dos materiais foram comparadas pelo teste Tukey (5%). Os diferentes dias de estocagem foram estudados por meio de análise de regressão, ao nível de 5% de probabilidade testando-se os modelos linear e quadrático.

4.2.3 Resultado e discussão

O caule de mandioca com e sem aditivos apresentou aptidão para ensilagem, com características na abertura indicando que houve fermentação satisfatória do material, como odor agradavelmente azedo, ausência de mofo visível e sem alterações de textura.

O conteúdo de MS é considerado o fator mais importante na ensilagem, quando não está adequada pode influenciar diretamente a presença de efluentes e o crescimento de microrganismos não desejáveis como o *Clostridium sp.*, resultando em perdas de nutrientes e baixa qualidade da silagem (McDonald *et al.*, 2010).

Em relação a MS pode-se inferir que houve interação dos fatores estudados. A adição dos farelos proporcionou aumento dos teores de MS (Tab. 1), sendo que o farelo de arroz foi mais eficiente na elevação do que o de soja. Ao longo dos períodos de fermentação, os teores de MS elevaram-se até os 31 dias para as silagens de Mandioca e M+arroz e até os 30 dias para M+soja. Os materiais frescos apresentaram MS de (331,65 g/Kg) para Mandioca, (382,06 g/Kg) para M+arroz e (378,30 g/Kg) para M+soja. Enquanto que em estudo realizado por Mota *et al.* (2011) a forragem fresca de sobras do plantio de mandioca apresentou valor médio de MS de (251,40 g/Kg) e na massa de mandioca enriquecida com farelo de trigo os valores obtidos foram de (293,00 g/Kg) antes da ensilagem (Ferreira *et al.*, 2007). Sendo que os valores de referência são para silagens de milho e devem estar entre 250 e 320 g/Kg (McDonald *et al.*, 2010).

Tabela 1. Alterações na composição bromatológica da silagem de caule de mandioca *in natura* ou com aditivos de acordo com os dias de estocagem.

Período de ensilagem	CV 1	CV 2	ER	R2
----------------------	------	------	----	----

		0	21	42	63				
MS (g/kg)	M	331,65b	464,42c	476,01c	329,68c	0,77	0,77	$\hat{Y}=329,82+9,94x-0,158x^2$	0,99
	M+A	382,06a	544,70a	494,47a	385,95a			$\hat{Y}=389,78+9,50X-0,154X^2$	0,94
	M+S	378,30a	527,43b	487,78b	363,84b			$\hat{Y}=383,97+9,24X-0,153X^2$	0,97
MO (g/kg)	M	927,91b	935,04c	929,71b	933,42a	0,19	0,17	NS	-
	M+A	928,16b	939,09b	923,07c	924,96b			NS	-
	M+S	933,59a	943,74a	933,06a	930,88a			NS	-
MM (g/kg)	M	72,15a	66,36a	71,07b	66,58c	1,12	1	NS	-
	M+A	72,82a	60,91b	76,52a	75,65a			NS	-
	M+S	66,02b	56,26c	66,76c	69,12b			NS	-
pH	M	6,19a	4,94a	4,60a	5,14a	2,28	2,18	$\hat{Y}=6,18-0,08x+0,001x^2$	0,99
	M+A	6,19a	4,39b	4,46a	4,25c			$\hat{Y}=6,07-0,08x+0,008x^2$	0,90
	M+S	6,17a	4,80a	4,52a	4,52b			$\hat{Y}=6,12-0,07x+0,0007x^2$	0,98
EE (g/kg)	M	4,63c	6,23c	7,51c	9,15c	3,22	4,51	$\hat{Y}=4,65+0,07x$	0,99
	M+A	28,73a	10,10b	48,59b	12,22b			NS	-
	M+S	10,17b	20,65a	68,08a	32,44a			$\hat{Y}=4,17+2,19x-0,02x^2$	0,62
PB (g/kg)	M	62,96b	76,29b	74,36b	71,79b	14,09	12,72	$\hat{Y}=63,69+0,68x-0,009x^2$	0,89
	M+A	80,74b	64,13b	79,93b	92,21b			$\hat{Y}=78,93-0,79x+0,016x^2$	0,83
	M+S	146,12a	111,34a	106,58a	138,58a			$\hat{Y}=146,45-2,51x+0,037x^2$	0,99
N amoniacal (g/Kg/N total)	M	37,41a	295,23a	292,44a	292,21a	1,03	0,72	$\hat{Y}=50,56+12,84x-0,14x^2$	0,92
	M+A	21,22b	96,54b	266,29b	182,19b			$\hat{Y}=3,80+8,80x-0,09x^2$	0,82
	M+S	11,07c	45,82c	183,91c	182,07b			$\hat{Y}=8,05+3,10x$	0,86
NIDN (g/kg)	M	344,96a	256,7a	254,63a	343,59a	1,75	3,17	$\hat{Y}=345,20-6,35+0,100x^2$	0,99
	M+A	253,54b	135,51c	245,43a	227,28b			NS	-
	M+S	126,00c	226,64b	170,41b	123,17c			$\hat{Y}=134,28+4,97X-0,08x^2$	0,8
NIDA (g/kg)	M	304,91a	208,97a	156,19b	264,85a	4,28	3,77	$\hat{Y}=310,82-8,13x+0,11x^2$	0,94
	M+A	229,00b	115,23b	173,89a	139,03b			$\hat{Y}=215,70-3,82x+0,044x^2$	0,51
	M+S	109,64c	203,51a	104,49c	103,50c			NS	-
CHOT (g/kg)	M	860,16a	861,26a	847,63a	852,75a	1,15	0,85	$\hat{Y}=860,82-0,170x$	0,51
	M+A	818,09b	828,59b	792,21b	819,18b			NS	-
	M+S	764,95c	856,30a	757,98c	757,50c			NS	-
CNF (g/kg)	M	425,61a	427,81b	421,09a	460,78b	1,48	2,04	$\hat{Y}=428,37-0,86x+0,021x^2$	0,84
	M+A	411,81a	460,38a	418,59a	494,18a			NS	-
	M+S	426,03a	460,93a	378,72b	435,26c			NS	-
CF (g/kg)	M	435,42a	421,83a	425,53a	365,66a	0,28	0,6	$\hat{Y}=431,37+0,67x-0,026x^2$	0,89
	M+A	404,64b	405,17b	379,79c	327,16c			$\hat{Y}=404,57+0,67x-0,030x^2$	0,99
	M+S	349,65c	395,40c	387,41b	345,90b			$\hat{Y}=350,65+3,02x-0,049x^2$	0,98
NDT	M	523,99c	543,80c	536,79c	559,79c	0,39	0,48	$\hat{Y}=526,03+0,477x$	0,75
	M+A	587,09b	584,61b	604,44b	589,31b			NS	-
	M+S	598,52a	615,73a	645,45a	615,62a			$\hat{Y}=594,91+2,065x-0,026x^2$	0,77
DIVMS	M	557,90ab	546,52a	586,37a	554,32a			NS	-
	M+A	448,82b	623,50a	681,25a	674,22a	19,89	10,30	$\hat{Y}=451,43+9,98x-0,103x^2$	0,99
	M+S	644,00a	614,97a	664,30a	690,37a			$\hat{Y}=638,92-1,07x+0,03x^2$	0,83

MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; MM: matéria mineral; EE: extrato etéreo; PB: proteína bruta; N. amoniacal: nitrogênio amoniacal; NIDN: nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA: nitrogênio insolúvel em detergente ácido; CHOT: carboidratos totais; CNF: carboidratos não fibrosos; CF: carboidratos fibrosos; NDT: nutrientes digestíveis totais; DIVMS: digestibilidade in vitro da matéria seca. CV (%): coeficiente de variação. ER: equação de regressão; P: nível de significância; NS = P > 0,05.

Na abertura, os teores de MS aos 21 dias obteve valores de (527,43 g/Kg) para M+soja, de (544,70 g/Kg) para M+arroz e de (464,42g/Kg) para Mandioca com redução para todos os materiais estudados aos 63 dias de fermentação. Para a silagem da parte aérea da

mandioca Azevedo *et al.* (2006) obteve média de (290,70g/Kg) entre os cultivares estudados, ao passo que para os 2/3 superior da rama se alcançou média de (229,80 g/Kg) em estudo de Longhi *et al.* (2013). Na silagem de sobras do plantio, Mota *et al.* (2011) obtiveram (251,40 g/Kg) enquanto na massa de mandioca enriquecida com farelo de trigo ao final de 60 dias de ensilagem Ferreira *et al.*, (2007) observaram (287,00 g/Kg). Portanto, os valores de MS foram mais elevados neste estudo do que nos demais, possivelmente devido à baixa quantidade de água presente no caule (Longhi *et al.*, 2013) e a adição de farelos que elevou ainda mais esses valores.

Em relação a MO, as variações não se ajustaram aos modelos de regressão testados. Houve influência com a adição dos farelos, maior na silagem de M+soja, seguido pela Mandioca e M+arroz, esses valores são inversamente proporcionais aos da MM.

Os valores de MM não se ajustaram aos modelos de regressão testados, sendo que no dia 0 a M+arroz (72,82 g/Kg) foi superior, esse resultado deve-se à alta quantidade de sílica presente no farelo. Os níveis altos de sílica não contribuem nutricionalmente para os animais (Tolentino *et al.*, 2016).

Ao longo dos dias de fermentação houve alteração na quantidade de MM, apresentando-se aos 42 dias para M+arroz com média de (76,52 g/Kg). Valores superiores foram encontrados por Longhi *et al.* (2013) para os 2/3 superior da planta com (110 g/Kg), enquanto que para sobras de plantio de diferentes cultivares de mandioca, observou-se para Amarelinha (61,60 g/Kg), Sabará (62,70 g/Kg), Olho roxo (62,50 g/Kg), Periquita (62,40 g/Kg) (Sena *et al.*, 2014). Valores inferiores ao deste estudo, em que a Mandioca aos 21 dias obteve média de (66,36 g/Kg), aos 42 dias (71,07 g/Kg) e aos 63 dias (66,56 g/Kg).

Em relação ao pH, a adição de aditivos não promoveu diferença estatística no material fresco, com a fermentação houve redução nesses valores, sendo mais expressiva na silagem de M+arroz nos dias 21 e 63. Para este parâmetro pode-se inferir que houve interação dos fatores estudados e ajustaram-se a regressão quadrática. Em relação a Mandioca, o pH diminuiu até os 40 dias, a M+arroz até os 5 dias e a M+soja até os 50 dias. A redução intensa nos primeiros dias, segundo McDonald *et al.* (2010), é um dos principais fatores para o controle de Clostrídeos durante a fase fermentativa, estes que produzem ácido butírico e contribuem na deterioração da silagem (Mota *et al.*, 2011).

A queda do pH ocorre pois, ao ser ensilado, o material tende a iniciar os seus processos fermentativos devido ao estado de anaerobiose e da atuação dos microrganismos presentes, dando início na redução do pH, que deve estar entre 3,8 e 4,2 (McDonald *et al.*,

1991). Todos os materiais na abertura apresentavam-se próximo, porém, acima do pH ideal, aos 21 dias, os maiores valores foram para Mandioca 4,94 e M+soja 4,80, que não apresentaram diferença estatística, seguido por M+arroz 4,39, aos 42 dias, que não teve diferença estatística entre os materiais estudados com média de 4,52 e aos 63 dias o pH mais elevado foi encontrado na silagem Mandioca 5,44, seguido pela M+soja 4,25 e M+arroz 4,25. Valores semelhantes foram obtidos na abertura para rama de mandioca pH 4,94 (Longhi *et al.*, 2013) de 3,9 a 4,23 (Azevedo *et al.*, 2006) e para sobras do plantio pH 4,03 (Mota *et al.*, 2011).

Em relação ao EE, a Mandioca ajustou-se ao crescimento linear no decorrer do período de estocagem, e obteve média de 6,88 g/Kg ao longo dos dias avaliados, enquanto que a silagem M+soja ajustou-se a regressão quadrática com aumento do EE até os 55 dias de fermentação e posterior redução.

O conteúdo de EE foi superior no material fresco da M+arroz (28,73 g/Kg), valor decorrente ao acréscimo do farelo de arroz que possui elevados teores de gordura (Valadares Filho *et al.*, 2006). Entretanto ao longo dos tempos 21, 42 e 63, os maiores EE foram na M+soja, M+arroz e Mandioca respectivamente.

Os valores de proteína ajustaram-se a regressão quadrática, a silagem de mandioca teve os valores elevados até os 38 dias, enquanto que na M+arroz a PB decresceu até os 24 dias e na M+soja até os 34 dias. O aumento da PB no decorrer do processo de fermentação na silagem de mandioca deve-se a quebra de carboidratos que são consumidos pelos microrganismos durante a fermentação, especialmente a hemicelulose, proporcionando aumento nas demais proporções dos outros nutrientes, como a proteína. Como não foram utilizados aditivos na silagem de mandioca, esta tinha menor quantidade de carboidratos solúveis, os quais são determinantes no grau de utilização da hemicelulose, ou seja, quanto menor seu teor, maior a intensidade de quebra da hemicelulose para a fermentação (Pesce *et al.*, 2000). Já nas silagens adicionadas do farelo de arroz e de soja, a redução na PB deve-se a quebra deste composto e volatilização do N na forma de amônia durante os processos fermentativos. A proteólise ocorre durante a fermentação na ensilagem, liberando amônia e aminoácidos livres (McDonald *et al.*, 2010). Esse processo não interferiria nos teores de proteína bruta, que mede todos os constituintes proteicos de uma amostra, porém, a volatilização da amônia possui potencial para reduzir o nitrogênio total e por consequência os teores de PB.

A quantidade de proteína alterou-se com a adição de farelos, sendo superior na silagem fresca de M+soja (146,12 g/Kg) em decorrência do farelo ser rico neste nutriente, seguido de M+arroz (80,74 g/Kg) e Mandioca (62,96 g/Kg) que não diferiram estatisticamente. Todas as silagens nos dias 42 e 63 de abertura apresentaram valores de proteína acima de 70,00 g/kg. Segundo Van Soest (1994) este limite é o mínimo para fornecer nitrogênio suficiente para adequada fermentação microbiana no rúmen, indicando a necessidade de ofertar uma dieta equilibrada aos animais. No estudo de Sena *et al.* (2014), que avaliaram sobras de plantio, a variedade Amarelinha apresentou média de PB de (174,60 g/Kg), Sabará (163,80 g/Kg), Olho roxo (171,80 g/Kg), Periquita (205,40 g/Kg), resultado superior ao deste estudo, que para Mandioca aos 21 dias obteve (76,29 g/Kg), 42 dias (74,36 g/Kg) e 63 dias (71,79 g/Kg), enquanto que para os 2/3 da planta de mandioca (130,40 g/Kg) (Longhi *et al.*, 2013) e para a rama (119,50 g/Kg) (Modesto *et al.*, 2008).

Em relação ao nitrogênio amoniacal houve interação dos fatores e as silagens se ajustaram ao modelo de regressão quadrática com elevação dos teores de N-NH₃ para Mandioca até os 46 dias e para M+arroz até os 49 dias, e linear crescente para M+soja. No material fresco da silagem de Mandioca foi superior (37,41 g/Kg), seguido pela M+arroz (21,22 g/Kg) e M+soja (11,07 g/Kg), o que ocorreu também aos 21, 42 e 63 dias de fermentação, em que a Mandioca foi superior, seguido pela M+arroz e M+soja aos 21 e 42 dias e aos 63 dias em que estes não diferiram estatisticamente.

As silagens de ótima qualidade devem apresentar menos de 100,00 g/Kg de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total (McDonald *et al.*, 1991). Os valores de N-NH₃ elevados de Mandioca aos 21 dias (295,23 g/Kg), 42 dias (292,44 g/Kg) e 63 dias (292,21) e de M+arroz (266,29 g/Kg) e (182,19 g/Kg) e M+soja (183,91 g/Kg) e (182,07 g/Kg) aos 42 e 63 dias respectivamente, podem indicar que nestes tempos ocorreu intensa proteólise no processo mediante ação de bactérias proteolíticas como os *Clostrídeos*, que podem ser inibidos quando há rápido decréscimo do pH (McDonald *et al.*, 2010).

Nos teores de NIDN e NIDA houve interação dos fatores estudados, com regressão quadrática do NIDN para Mandioca com mínimo valor observado aos 32 dias, e para M+soja que teve seus valores elevados até os 31 dias. O NIDA teve decréscimo de seus valores até os 37 dias para Mandioca e até os 43 dias para M+arroz. O NIDN é parcialmente degradável no rúmen, porém, de forma lenta, enquanto o nitrogênio retido na forma de NIDA é praticamente indigestível e está ligado a compostos de difícil ou não degradáveis como a lignina e por

serem compostos resultantes da reação de *Maillard*, são resistentes ao ataque microbiano e enzimático (Tolentino *et al.*, 2016).

Entre os materiais estudados, as médias do NIDN e NIDA foram superiores na Mandioca nos dias 0, 21, 42 e 63 para NIDN e dias 0, 21 e 63 para NIDA, seguida por M+arroz nos tempos 0, 42 e 63 e M+soja aos 21 dias. O NIDA na abertura aos 21 dias apresentou valores médios de 208,97 g/Kg, aos 42 dias 156,19 g/Kg e aos 63 dias 264,85 g/Kg, valor próximo ao encontrado por Modesto *et al.* (2008) para rama de mandioca (254,8 g/Kg) após 90 dias de fermentação. Os valores elevados de NIDA podem estar atrelados ao aquecimento das silagens com alta umidade, levando a formação de produtos decorrentes a reação de *Maillard* (Van Soest, 1994).

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) podem ser utilizados como medida do conteúdo energético dos alimentos, em função de sua praticidade de avaliação de alimentos e cálculo de dietas para os animais, sabendo que a eficiência da fermentação microbiana está atrelada ao uso de energia pelo rúmen (Van Soest, 1994).

O NDT foi superior em todos os tempos avaliados na silagem M+soja, seguida por M+arroz e Mandioca. Longhi *et al.* (2013) ao estudarem 2/3 das ramas de plantas de mandioca observaram valores médios de NDT de 571,20 g/Kg, semelhante aos deste estudo para M+arroz (Tab. 1). Por tratar-se de resíduo de colheita, os valores de NDT obtidos para todas as silagens podem ser considerados satisfatórios, pois apesar de numericamente inferiores, aproximam-se de teores observados para silagens de milho, como os encontrados por Marafon *et al.* (2015) que variaram de 644,30 a 716,30 g/kg, reforçando seu potencial de utilização na alimentação animal.

A maior digestibilidade no material fresco foi observada na M+soja (644,00 g/Kg), seguido pela Mandioca (557,90 g/Kg) que não apresentou diferença estatística em relação a M+soja e M+arroz e menor na M+arroz (448,82 g/Kg). Nos demais tempos do estudo, não houve diferença estatística entre os materiais estudados. Os valores corroboram com os resultados obtidos por Marques *et al.* (2013) e Sena *et al.* (2014), ao trabalharem com a parte aérea de plantas de mandioca (646,60 g/Kg) e seu terço superior (385,00 g/Kg a 607,00 g/Kg), respectivamente. A presença de altos teores de constituintes fibrosos na parte aérea da mandioca é responsável por limitar a degradabilidade do material a nível ruminal (Sena *et al.*, 2014), reduzindo sua digestibilidade.

Os carboidratos totais representam a principal fonte de energia para a fermentação microbiana (Van Soest, 1994). A silagem de Mandioca teve redução linear ao longo do período estudado, enquanto que os demais materiais não se ajustaram aos modelos avaliados.

Os CHOT foram superiores para Mandioca, com média de (855,45 g/Kg), seguido de M+arroz (814,51 g/Kg) e M+soja (784,18 g/Kg), valores superiores aos encontrados por Souza *et al.* (2011) em relação a parte aérea de mandioca de quatro variedades com média de (734,60 g/Kg) e para sobras de plantio (725,90 g/Kg) e para estudo de Modesto *et al.* (2008) para rama de mandioca (779,50 g/Kg). Portanto, a adição de farelos influenciou na quantidade de carboidratos alterando os CF e CNF.

Os conteúdos de CNF não apresentaram diferença estatística no material fresco, com conteúdo de (425,61 g/Kg) para Mandioca, (411,81 g/Kg) para M+arroz e (426,03g/Kg) para M+soja. Os resultados para CNF foram superiores ao de Modesto *et al.* (2008) para rama de mandioca (318,20 g/KgA), e ao de Souza *et al.* (2011) para silagem da parte aérea de mandioca com média de (262,90 g/Kg) e para sobra de plantio (259,00 g/Kg) e inferior ao de Ferreira *et al.* (2007) para massa de mandioca ensilada com farelo de trigo (901,20 g/Kg) antes da ensilagem e de (911,50 g/Kg) ao final dos 60 dias de ensilagem.

Em relação aos CF houve interação dos fatores estudados e os materiais ajustaram-se a regressão quadrática tendo aumento de seus teores até os 13 dias para Mandioca, 11 dias para M+arroz e até os 31 dias para M+soja. Os CF são componentes lentamente degradados no rúmen ou até mesmo passam sem serem degradados, podendo afetar a eficiência de síntese microbiana e o desempenho animal (Oliveira *et al.*, 2012).

A concentração dos componentes fibrosos: FDN, FDA, hemicelulose, celulose e lignina, foram afetados significativamente pela interação dos fatores estudados em relação a adição de farelos e tempo de avaliação (Tab. 2). Para o FDN a silagem de Mandioca e M+arroz tiveram aumento linear, assim como para FDA na Mandioca e hemicelulose para M+arroz. Enquanto que para FDN a M+soja teve seus valores elevados até os 27 dias de ensilagem, a FDA de M+arroz até os 29 dias e a hemicelulose de Mandioca até os 5 dias e de M+soja até os 30 dias.

Tabela 2. Frações fibrosas da silagem de caule de mandioca *in natura* ou com aditivos de acordo com os dias de estocagem

		Dias de estocagem				CV 1	CV 2	ER	R2
		0	21	42	63				
FDN (g/kg)	M	493,36a	470,63a	468,35a	428,06a			$\hat{Y}=494,82-0,943x$	0,88
	M+A	459,71b	445,25b	424,44b	378,64c	0,58	0,6	$\hat{Y}=466,61-1,257x$	0,92
	M+S	409,26c	431,07c	425,38b	388,78b			$\hat{Y}=409,08+1,76x-0,033x^2$	0,99

	M	433,85a	425,80a	414,49a	404,01a			$\hat{Y}=434,66-0,480x$	0,99
FDA (g/kg)	M+A	374,38b	372,66b	369,77b	336,5b	0,59	0,53	$\hat{Y}=372,91+0,571x-0,01x^2$	0,95
	M+S	363,31c	344,62c	369,65b	339,64b			NS	-
Celulose (g/Kg)	Média	289,57	297,44	269,39	245,31			$\hat{Y}=291,56+0,377x-0,018x^2$	0,95
	M	59,50b	44,84 c	53,86a	24,05c			$\hat{Y}=56,37+0,077x-0,008x^2$	0,73
Hemicelulose (g/kg)	M+A	85,33a	72,59b	54,67a	42,13b	2,94	3,7	$\hat{Y}=85,80-0,702x$	0,99
	M+S	45,95c	86,45a	55,73a	49,14a			$\hat{Y}=50,71+1,581x-0,026x^2$	0,55
	M	103,70a	104,19a	103,17a	102,98a			$\hat{Y}=103,81+0,009x-0,0003x^2$	0,69
Lignina (g/kg)	M+A	83,18b	84,92b	96,09b	86,3c	1,85	1,97	$\hat{Y}=81,65+0,509x-0,006x^2$	0,54
	M+S	76,90c	76,32c	89,93c	92,18b			$\hat{Y}=74,91+0,283x$	0,83

FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido. CV (%): coeficiente de variação. ER: equação de regressão; P: nível de significância; NS = P > 0,05.

O FDN é um limitante do consumo para ruminantes, este em que os valores mais elevados foram observados na Mandioca fresca (493,36 g/Kg) seguido por M+arroz (459,71 g/Kg) e M+soja (409,26 g/Kg), diminuindo com o decorrer dos dias de abertura, sendo superior aos 21 dias para Mandioca com (470,63g/Kg). Valores superiores foram encontrados para sobras de plantio para variedade Amarelinha com média de FDN de 646,00 g/Kg, Sabará de 575,10 g/Kg, Olho roxo de 611,10 g/Kg e Periquita de 587,90 g/Kg (Sena *et al.*, 2014), para silagem de rama de mandioca usando 2/3 da planta com 553,30 g/Kg (Longhi *et al.*, 2013) e 500,40 g/Kg para rama de mandioca (Modesto *et al.*, 2008).

Os valores elevados de FDA estão associados a menor taxa de degradação (Longhi *et al.*, 2013) e foram superiores na silagem de Mandioca fresca (433,85 g/Kg), aos 21 dias (425,80 g/Kg), 42 dias (414,49 g/Kg) e 63 dias (404,01 g/Kg) (Tab. 2). Valores semelhantes foram encontrados em estudo realizado por Modesto *et al.* (2008) para a silagem de rama de mandioca usando 2/3 da planta, (449,60 g/Kg) e para sobras de plantio a variedade Amarelinha apresentou média de FDA de (434,80 g/Kg), Sabará (411,80 g/Kg), Olho roxo (428,30 g/Kg) e Periquita (439,10 g/Kg) (Sena *et al.*, 2014).

Na celulose, não houve diferença estatística para interação dos fatores. Os valores obtidos ajustaram-se a regressão quadrática, com conteúdo sendo elevado até os 10 dias da ensilagem. A média observada no material fresco foi de (289,57 g/Kg) aos 21 dias (297,44 g/Kg), 42 dias (269,39 g/Kg) e aos 63 dias (245,31 g/Kg). Os resultados foram semelhantes ao de estudo de Azevedo *et al.* (2006) (294,70 g/Kg) e de Modesto *et al.* (2008) (262,00 g/Kg) e para a rama de mandioca. Valores inferiores de celulose foram encontrados para sobras de plantio da variedade Amarelinha com média de (148,50 g/Kg), Sabará (111,80 g/Kg), Olho roxo (162,50 g/Kg), Periquita (154,60 g/Kg) (Sena *et al.*, 2014).

Os teores de hemicelulose foram superiores no tempo fresco na M+arroz (85,33 g/Kg), seguido pela Mandioca (59,50 g/Kg) e M+soja (45,90 g/Kg). Sendo que para M+arroz houve

tendência a diminuição ao longo do tempo de fermentação, o pode ser explicada pela hidrólise que ocorre na fase inicial do processo fermentativo liberando pentoses, que serão fermentadas a ácido acético ou láctico, dependendo da população predominante de microrganismos do silo (McDonald *et al.*, 2010). A silagem de Mandioca aos 21 dias de fermentação obteve (44,84 g/Kg) de hemicelulose, valores superiores ao de Modesto *et al.* (2008) que estudou rama de mandioca obtendo (36,60 g/Kg), porém com 90 dias de fermentação.

Os teores de lignina mantiveram-se inalterados ao longo do tempo na Mandioca, sendo superior as outras silagens e com pequena alteração aos 42 e 63 dias para M+arroz e M+soja, possivelmente proporcional a degradação de outros componentes (Tab. 2). Esses resultados devem-se ao fato da lignina ao longo do processo fermentativo permanecer inalterada, pela baixa degradabilidade (Van Soest *et al.*, 1994).

A maior concentração de lignina foi verificada na Mandioca em todos os tempos (Tab 2.), os valores foram inferiores aos encontrados por Souza *et al.* (2011), para silagem da parte aérea de quatro variedades de mandioca que apresentaram média de (205,70 g/Kg) e na avaliação da sobra de plantio foi de (223,00 g/Kg).

Na avaliação microbiológica, a população de lactobacilos foi afetada pela adição dos farelos, e alterou-se no decorrer do processo (Tab 3.), tendo seus valores ajustados a regressão quadrática, com elevação dos microrganismos para Mandioca até os 41 dias, para M+arroz até os 37 dias e para M+soja até os 43 dias, equivalente ao período em que o material apresentou menor pH. Estas bactérias possuem papel fundamental na redução do pH e na fermentação do material ensilado, estando estreitamente ligada com a qualidade final da silagem, sendo portanto microrganismos desejáveis e benéficos (McDonald *et al.*, 2010).

Tabela 3. Populações de microrganismos (Log UFC/g de MS) identificados em silagens de caule de mandioca *in natura* ou com aditivos

		Dias de estocagem				CV1	CV2	E	R2
		0	21	42	63				
Lactobacillus	M	4.75b	8.00a	8.00a	7.50a			0,94	$\hat{Y}=4.88+0.173x-0.0021x^2$
	M+A	5.75a	8.00a	8.00a	7.00a	5.63	6.74	0,97	$\hat{Y}=5.81+0.133x-0.0018x^2$
	M+S	5.00ab	8.00a	7.00b	7.50a			0,70	$\hat{Y}=5.27+0.120x-0.0014x^2$
Enterobactérias	M	4.75b	4.50b	4.00c	5.00b			0,72	$\hat{Y}=4.83-0.043x+0.0007x^2$
	M+A	5.00ab	5.00ab	6.00b	4.00c	5.89	8.05	0,60	$\hat{Y}=4.80+0.061x-0.0010x^2$
	M+S	5.50a	5.25a	7.00a	6.00a			NS	-
Clostrídios	M	6.50b	8.00a	7.00b	7.50a			NS	-
	M+A	8.00a	8.00a	7.25ab	7.50a	4.65	5.72	0,60	$\hat{Y}=8.02-0.0107x$
	M+S	5.75c	8.25a	7.75a	8.00a			0,82	$\hat{Y}=5.93+0.110x-0.0012x^2$
Fungos	M	4.25a	4.00a	3.00b	5.00a			0,65	$\hat{Y}=4.43-0.074x+0.0012x^2$
	M+A	3.75a	4.00a	3.75a	4.00b	8.74	8.25	NS	-
	M+S	3.75a	2.75b	3.00b	5.00a			0,99	$\hat{Y}=3.77-0.088x+0.0017x^2$

	M	4.75a	6.25a	7.00b	6.50a			0,99	$\hat{Y}=4.72+0.100x-0.0011x^2$
Leveduras	M+A	5.00a	6.00a	8.00a	4.00c	8.98	7.81	0,92	$\hat{Y}=4.65+0.173x-0.0028x^2$
	M+S	5.00a	6.00a	6.75b	5.00b			0,77	$\hat{Y}=5.36+0.076x-0.0012x^2$

CV (%): coeficiente de variação; ER: equação de regressão; P: nível de significância; NS = $P > 0,05$.

Os farelos de arroz e soja, em sua constituição, apresentam altos teores de proteína, os quais tem elevada capacidade tampão, fazendo com que o pH leve mais tempo para reduzir, propiciando o maior desenvolvimento das enterobactérias nas silagens com farelo, a maior quantidade destes microrganismos foi verificada na avaliação de 42 dias de ensilagem. Outro fator relevante é que, apesar das enterobactérias não produzirem efeito na qualidade das silagens, elas competem com as bactérias ácido lácticas pelo consumo dos carboidratos solúveis logo no início dos processos fermentativos, tendo como produto o ácido acético (Jobim, 1999), fazendo com que demore ainda mais para que os valores de pH sejam reduzidos.

Em estudo realizado com fécula de mandioca por Gonçalves *et al.* (2014) houve diminuição das enterobactérias no decorrer do tempo, estando no momento da ensilagem a população próxima a 6 log UFC/g, decrescendo para cerca de 2 log UFC/g aos 28 dias e desaparecendo aos 56 dias de fermentação. A Mandioca na ensilagem apresentou 4,75 log UFG/g, tendo seus valores aos 21 dias de 4,5 log UFG/g e aos 42 dias de 4,00 log UFG/g.

Os *Clostrídios* apresentaram interação dos fatores e tiveram sua população aumentada numericamente nas aberturas quando comparada com o material fresco nas silagens de Mandioca e M+soja. O crescimento elevado destes microrganismos ocorreu devido a competição destas bactérias com as ácido lácticas, com aumento no tempo desejado de diminuição do pH e redução insuficiente o qual, se estivesse adequado teria ação inibitória do seu crescimento (McDonald *et al.*, 2010).

É conhecido que as bactérias do gênero *Clostridium* tem efeito negativo na qualidade da silagem, pois essas resultam em perdas significativas de MS, diminuem a estabilidade da silagem e atribuem cheiro pútrido ao material, tornando-as indesejáveis. O tratamento M+arroz teve maior quantidade de *Clostridium* na primeira avaliação, provavelmente pela capacidade que a gordura, presente em maior quantidade nesse farelo, tem de favorecer o crescimento destes microrganismos (Jobim, 1999). O ideal é que ocorra diminuição da população de *Clostridium*, como na M+arroz, em que houve redução linear após a ensilagem, o que também foi verificado em estudo realizado por Gonçalves *et al.* (2014).

O conteúdo de fungos filamentosos para Mandioca e M+soja tiveram seus valores ajustados a regressão quadrática, seus teores foram reduzidos até os 31 dias e 26 dias

respectivamente (Tab. 3). A presença destes microrganismos não é desejada, pois podem vir a desenvolver micotoxinas, as quais são responsáveis por causar distúrbios metabólicos e até mesmo a morte dos animais.

Além disso, os fungos filamentosos também contribuem com perdas na superfície do silo (Jobim, 1999). O elevado desenvolvimento de fungos provém possivelmente de uma vedação ineficiente, assim como inadequada compactação (Silva *et al.*, 2010).

Os conteúdos de levedura ajustaram-se a regressão quadrática, com valores elevados até os 45 dias para Mandioca, até os 31 dias para M+arroz e 32 dias para M+soja. Observou-se que o desenvolvimento de leveduras foi maior numericamente nos dias 21 e 42 do que no dia 0. Tal fato pode ter acontecido devido a porosidade presente na silagem de caule de mandioca, o que ocasiona maior oxigenação, propiciando o desenvolvimento de leveduras, as quais tem papel importante na deterioração deste alimento (Jobim, 1997).

Segundo McDonald *et al.* (1991), as silagens que são confeccionadas com baixa densidade apresentam maior quantidade de ar residual na massa, acarretando em maior período de respiração (liberação de CO₂ e perda de MS), elevado consumo de carboidratos solúveis, redução na velocidade de produção de ácidos orgânicos e maior valor final de pH.

4.2.4 Conclusão

A estocagem na forma de ensilagem do caule de mandioca *in natura* ou adicionado de farelos dentro das condições avaliadas no presente experimento, demonstrou ser eficiente no processo de conservação. A adição de farelos melhorou o valor nutricional da silagem, já que o caule de mandioca *in natura* teve elevados teores de carboidratos fibrosos, baixo NDT e proteína e elevado nitrogênio amoniacal, importantes parâmetros avaliados em silagens.

4.2.5 Referências

AOAC.: Official Methods of Analysis, 16th edn. *Association of Official Analytical Chemists*, Gaithersburg, MD, USA. 1997.

AZEVEDO, E. B.; NÖRNBERG, J. L.; KESSLER, J. D. et al. Silagem da parte aérea de cultivares de mandioca. *Ciência Rural.*, v.36, p.1902-1908, 2006.

EASLEY, J.F.; MCCALL, J.T.; DAVIS, G.K.; SHIRLEY, R.L. Analytical methods for feeds and tissues. Gainesville: University of Florida, Nutrition Laboratory, *Dept. of Animal Science.*, p.81, 1965.

FASINMIRIN, J.T. & REICHERT, J.M. Conservation tillage for cassava (*Manihotesculentacrantz*) production in the tropics. *Soiland Tillage Research.*, v.113, p.1-10, 2011.

FERREIRA, G. D. G., DA CRUZ CARDOSO, E., OLIVEIRA, R. L. et al. Caracterização bromatológica e estimativas de energia da massa de mandioca ensilada com farelo de trigo em silos laboratoriais. *Ciência Animal Brasileira.*,v.8, p.457-464, 2007.

GONÇALVES, J.A.G.; ZAMBOM, M.A.; FERNANDEZ, T. et al. Composição químico-bromatológica e perfil de fermentação da silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca. *Journal Bioscience.*, v.30, p.502-511, 2014.

JOBIM, C.C.; REIS, R.A.; Rodrigues, L.R.A.; SCHOKEN-ITURRINO, R.P.; Presença de microorganismos na silagem de grãos úmidos de milho ensilado com diferentes proporções de sabugo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.32, p.201-204, 1997.

JOBIM, C.C.; REIS, R.A.; SCHOKEN-ITURRINO, R.P.; ROSA, B.Desenvolvimento de microorganismos durante a utilização de silagens de grãos úmidos de milho e de espigas de milho se brácteas. *Acta Scientiarum.*, v.21, p.671-676, 1999.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOESTSOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.57, p.347- 358, 1996.

LONGHI, R. M.; DOMINGUES, F. N.; MOTA, D. A. et al.Composição bromatológica e pH da silagem de diferentes frações da parte aérea da mandioca tratada com doses crescentes de óxido de cálcio. *Comunicata Scientiae*, v.4, p.337-341, 2013.

MAREFON, F. NEUMANN, M. CARLETTO, R. et al. Características nutricionais e perdas no processo fermentativo de silagens de milho, colhidas em diferentes estádios reprodutivos com diferentes processamentos de grãos. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, p.917-932, 2015.

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, p.233-247, 2013.

MCDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D. et al. *Animal Nutrition*. 7. ed. Prentice Hall, 2010. 517p.

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

MODESTO, E.C.; SANTOS, G.T.; 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, A. D. S.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; SOUZA, A. S. et al. Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 40, p. 1466-1473, 2011.

NAPASIRTH, V.; NAPASIRTH, P.; SULINTHONE, T. et al. Microbial population, chemical composition and silage fermentation of cassava residues. *Animal Science Journal*, v. 86, p. 842-848, 2015.

OLIVEIRA, A. C.; GARCIA, R.;PIRES, A. J. V. et al. Farelo de mandioca na ensilagem de capim-elefante: fracionamento de carboidratos e proteínas e características fermentativas. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.13, 2012.

PESCE, D. M. C., GONCALVES, L. C., RODRIGUES, J. A. S. et al. Análise de vinte genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), de portes médio e alto, pertencentes ao ensaio nacional. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.29, p.978-987, 2000.

SENA, L. S., JÚNIOR, V. R. R., DOS REIS, S. T. et al. Degradabilidade das silagens de diferentes frações da parte aérea de quatro cultivares de mandioca. *Ciência Animal Brasileira*, v.15, p.249-258, 2014.

SILVA, C. F. P. G., DOS SANTOS PEDREIRA, M., DE FIGUEIREDO, M. P. et al. Qualidade fermentativa e caracterização químico-bromatológica de silagens da parte aérea e raízes de mandioca (*Manihotesculenta*Crantz). *Acta Scientiarum: Animal Sciences*, v.32, p.401-408, 2010.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2009. 235p.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. et al. *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos*. 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2007. 45-60p.

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, p.3562-3577, 1992.

SOUZA, A. S.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; MOTA, A. 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, p.441-455, 2011.

TILLEY, J.M.A., TERRY, R.A., A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*, v.18, p.104-111, 1963.

TOLENTINO, D. C.; RODRIGUES, J.A.S.; PIRES, D.A.A. et al. The quality of silage of different sorghum genotypes. *Acta Scientiarum: Animal Science*, v.38, p.143-149, 2016.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA J.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2 ed. Viçosa, MG: UFV, 2006.

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

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. *Analysis of forages and fibrous foods*. Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.

ZAMBOM, M.; FERNANDES, T.; SOARES, M. S. S. P. et al. Características da silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca adicionada de níveis de ureia. *Archivos de Zootecnia*, v.63, p.677-688, 2014.

ZANINE, A. M.; SANTOS, E. M., DÓREA, J. R. R. et al. Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava scrapings. *Revista Brasileira de Zootenia*, Viçosa, v.39, p.2611-2616, 2010.

4.3 Aditivos alimentares melhoram a fermentação e o valor nutricional de silagens de bagaço de azeitona

Resumo

Objetivou-se mensurar com este trabalho o perfil fermentativo, microbiológico, nutricional e a estabilidade aeróbica das silagens de bagaço de azeitona *in natura* e aditivada com os farelos de milho, soja e arroz em diferentes tempos de amostragem. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado em arranjo de parcelas subdivididas no tempo 4x3, com cinco repetições. Nas parcelas foram alocados os tratamentos principais, constituídos pelo bagaço de azeitona *in natura* (Bagaço) ou adicionado de farelo de milho (Bagaço+milho), farelo de soja (Bagaço+soja) e farelo de arroz (Bagaço+arroz) e nas sub parcelas foram alocados os tempos de amostragem, os quais corresponderam ao tempo zero (momento da ensilagem), aos 112 dias após a ensilagem e após a exposição aeróbica por sete dias. O perfil fermentativo foi estudado por meio da determinação do conteúdo de matéria seca, pH e nitrogênio amoniacal (N-NH₃), o microbiológico por meio da determinação das populações de fungos filamentosos e leveduras, Clostrídeos, bactérias ácido lácticas e enterobactérias. No estudo do perfil nutricional determinou-se os conteúdos de cinzas (MM), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina, celulose, hemicelulose, nitrogênio ligado a fibra em detergente ácido (NIDA), nitrogênio ligado a fibra em detergente neutro (NIDN), teores de carboidratos e nutrientes digestíveis totais (NDT). O uso dos farelos de milho e de arroz proporcionou melhor perfil fermentativo nas silagens estudadas, com redução de pH abaixo de 4,2, porém, todas as silagens apresentaram adequada conservação e perfil microbiológico durante os processos fermentativos na ensilagem por 112 dias. Os farelos estudados melhoram o perfil nutricional das silagens estudadas e são potencialmente utilizáveis como aditivos em silagens de bagaço de azeitona.

Palavras-Chave: bromatologia, ensilagem, perfil fermentativo

4.3.1 Introdução

No processamento industrial de azeitonas para obtenção do óleo há intensa geração de resíduos com potencial de contaminação ambiental, estimada em 800 kg para cada 1000 kg de

azeitonas processadas (Alcaide & Ruiz, 2008). Destes, aproximadamente 500 kg equivalem a um resíduo aquoso e 300 kg equivalem a um resíduo semi-sólido, chamado de bagaço de azeitona (Niaounakis e Halvadakis, 2006).

Em caracterizações nutricionais, o bagaço de azeitona foi considerado de baixo valor nutricional (Nasopoulou e Zabetakis, 2013), comparado em termos de energia e proteína à de resíduos culturais. Entretanto, o cultivo dos olivais adapta-se à regiões com baixa precipitação anual e temperaturas críticas (Abazi *et al.*, 2013), nas quais também podem ser desenvolvidas atividades pecuárias com ruminantes. Nessas situações, devido às condições edafoclimáticas desfavoráveis ao crescimento de forrageiras em determinados períodos do ano, os sistemas pecuários passam anualmente por períodos críticos na alimentação dos animais, com prejuízos aos pecuaristas.

Com o uso do bagaço de azeitona, além da redução de custos com alimentação animal aos pecuaristas (Nasopoulou e Zabetakis, 2013) e tratamento de resíduos às agroindústrias (Omar *et al.*, 2012), os sistemas de produção pecuários tornar-se-iam mais sustentáveis pela menor dependência de sistemas alimentares tradicionais e caros que incluem alimentos nobres e possíveis de utilização na alimentação humana (Nasopoulou e Zabetakis, 2013).

Porém, esse subproduto possui sua produção concentrada em apenas uma época do ano, havendo a necessidade de estocagem na propriedade. Esta é dificultada pelo elevado conteúdo de umidade do material, mas pode ser realizada por meio da ensilagem. Essa alternativa é acessível e econômica (Sansoucy *et al.*, 1985) quando aplicada à conservação de subprodutos agroindustriais.

A ensilagem conserva os alimentos por meio da fermentação anaeróbica com a redução do pH da massa ensilada, porém, para que seja eficiente, requer nos materiais a serem ensilados a presença de carboidratos solúveis, baixa capacidade tampão e conteúdo de matéria seca entre 250 a 320 g/kg (McDonald *et al.*, 2010). O bagaço de azeitona não possui essas características (Sansoucy *et al.*, 1985), mas essa ausência pode ser contornada com uso de aditivos alimentares (Neres *et al.*, 2013). Porém, como a interação entre os resíduos e aditivos pode ser muito dinâmica no interior dos silos durante os processos bioquímicos da ensilagem, deve-se proceder a caracterização nutricional das silagens obtidas após a fermentação (Azevêdo *et al.*, 2011).

Nesse sentido, objetivou-se estudar a fermentação, valor nutricional, populações de microrganismos e a estabilidade aeróbia das silagens do bagaço de azeitona *in natura* ou aditivada com os farelos de milho, soja e arroz.

4.3.2 Materiais e Métodos

O experimento foi realizado na TECNOLIVAS® Indústria/Pomares situada no município de Caçapava do Sul e no Laboratório de Nutrição Animal da Unipampa – Campus Uruguiana, Rio Grande do Sul, Brasil.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado em arranjo de parcelas subdivididas no tempo 4x3, com cinco repetições. Nas parcelas foram alocados as silagens: bagaço de azeitona *in natura* (Bagaço) ou adicionado dos farelos de milho (Bagaço+milho), soja (Bagaço+soja) e arroz (Bagaço+arroz) e nas sub parcelas os tempos de amostragem: momento da ensilagem (Ensilagem), aos 112 dias após a ensilagem (Abertura) e após a exposição aeróbica por sete dias (Estabilidade).

Visando silagens com MS de 330 g/kg, as misturas foram preparadas com base na matéria natural na proporção de 93 partes de bagaço *in natura* para sete partes de farelos, com base nos conteúdos de MS determinados em estufa (Tab. 1).

Tabela 1. Composição do bagaço *in natura* e dos aditivos utilizados nos tratamentos

Variáveis	Aditivos utilizados na composição das silagens			
	Bagaço <i>in natura</i> (%)	Farelo de Arroz (%)	Farelo de Soja (%)	Farelo de Milho (%)
MS	28,95	86,29	83,35	88,63
MM	3,26	10,99	6,79	1,15
MO	96,54	89,01	93,21	98,85
PB	5,05	12,63	45,03	8,87
FDN	60,25	24,82	27,06	9,99
FDA	56,24	13,76	12,28	5,44
EE	24,27	18,32	3,39	4,14
LIGNINA	35,57	5,38	2,30	2,9
CHOT	67,22	58,06	44,79	85,84
CNF	12,09	33,24	17,73	75,85
CF	55,31	24,82	27,06	9,99

*Variáveis expressas na base da matéria seca

As misturas foram homogeneizadas manualmente e acondicionadas em silos experimentais confeccionados com canos de PVC com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro. Em cada silo adicionou-se 3,900 Kg da mistura, equivalendo à uma densidade de ensilagem de 0,900 Mg m⁻³. Procedeu-se a vedação dos silos com *caps* dotados de válvulas do tipo *Bunsen* para o livre escape dos gases fixadas com auxílio de fita adesiva. Para a drenagem do efluente produzido, no fundo de cada silo foi acondicionado 0,5 kg de areia seca e autoclavada, isolada por tecido de algodão.

A temperatura das silagens durante a primeira semana de fermentação foi mensurada com termômetro do tipo espeto, introduzido no interior dos silos por meio de válvula de borracha acoplada aos silos. No descarregamento dos silos realizado aos 112 dias, descartou-se a porção superior e inferior de cada silo (5 cm) com homogeneização e amostragem da silagem restante para estudo do perfil fermentativo, microbiológico, bromatológico e estabilidade aeróbica das silagens. O perfil fermentativo foi estudado por meio da determinação da matéria seca, pH e nitrogênio amoniacal (N-NH₃) na ensilagem e aos 112 dias de fermentação. A estabilidade foi determinada após a abertura dos silos com a exposição das silagens ao ar por sete dias.

A pré secagem foi determinada em amostras de 300 g, por meio de secagem em estufa com circulação forçada de ar sob temperatura de 55°C por 72 horas. O pH e o N-NH₃ foram determinados em amostras independentes de 50 g segundo metodologias de Silva e Queiroz (2009) e Bolsen *et al.* (1992), respectivamente.

As amostras obtidas e destinadas ao estudo do valor nutricional foram submetidas a secagem em estufa com circulação de ar forçada, trituradas com tamanho de partículas de 1 mm e submetidas a procedimentos laboratoriais para a determinação dos conteúdos de matéria seca por secagem à 105°C por 12 horas (Easley *et al.*, 1965), matéria orgânica por queima em mufla à 550°C (AOAC método no. 22.010 e no. 7.010, 1975), nitrogênio total (NT) pelo método de Kjeldahl e multiplicando-se o percentual de nitrogênio total por 6,25 obteve-se a percentagem de proteína bruta (PB); fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), segundo Van Soest e Robertson (1985), corrigida para cinzas e proteína; proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), segundo descrição de Licitra *et al.*, (1996) e extrato etéreo (EE) conforme metodologia descrita em Silva e Queiroz (2009). As frações de carboidratos foram estimadas segundo Sniffen *et al.* (1992).

O perfil microbiológico foi estudado por meio da determinação das populações microbianas, segundo Silva *et al.* (2007). Após a coleta das amostras as mesmas foram homogeneizadas e diluídas na proporção de 10 g para 90 mL de água peptonada, obtendo-se a diluição de 10¹ até 10⁸. Após, as amostras foram inoculadas em meios de cultura seletivos. Para o crescimento e contagem de fungos filamentosos e leveduras foi utilizado o meio Potato Dextrose Ágar mantendo-se as placas em temperatura ambiente por 5 a 7 dias, para *Lactobacillus* o meio Lactobacillus MRS Broth na estufa a 35°C por 48 horas, para *Enterobactérias* o meio Violet Red Bile Ágar (Oxford) 35°C por 72 horas, para *Clostridium* o

meio Reinforced Clostridial Ágar, mantidas a 35°C por 72 horas em meio anaeróbio. Decorrido o período de incubação, as unidades formadoras de colônias que apresentaram entre 30 e 300 UFC por placa de petri foram contadas, e os resultados foram expressos em \log_{10} UFC g⁻¹ de MS (McDonald *et al.*, 1991).

Para a análise estatística dos dados os mesmos foram submetidos à análise de variância e quando constatada significância, as médias foram comparadas pelo teste Tukey (5%) com a adoção de variância complexa devido às parcelas subdivididas. Os dados microbiológicos foram analisados por meio de análise de regressão, testando-se os modelos linear e quadrático.

4.3.3 Resultados e Discussão

Os aditivos elevaram o teor de MS das misturas e das silagens na abertura dos silos e após a exposição ao ar (Tab. 2). Na ensilagem, o bagaço de azeitona apresentou conteúdo de MS inferior ao recomendado por McDonald *et al.* (2010), que é de 250 g/kg à 320 g/kg para proporcionar fermentação adequada no interior do silo. Durante a fermentação devido a produção de efluentes e após a exposição ao ar devido a perda de umidade para o ambiente, constatou-se elevação no conteúdo MS, para todas as silagens com aditivos (Tab. 2). A maior MS foi observada na silagem adicionada do farelo de milho comprovando a maior eficiência deste aditivo em absorver a umidade.

A adição do farelo de arroz elevou a MM nas silagens onde foi adicionado (Tab. 2), devido ao seu teor de MM (Tab. 1) e à quantidade de sílica (Valadares Filho *et al.*, 2006), acarretando em silagens com menor teor de MO (Tab. 2). A adição do farelo de soja na silagem não alterou a MM, enquanto as silagens sem aditivos e adicionada do farelo de milho tiveram redução no teor de MM e aumento da MO com a fermentação. Os valores de MM na silagem de bagaço *in natura* são coerentes com os reportados por Nefzaoui (1991), que encontrou valores entre 30 a 50 g/kg.

O EE nas silagens foi diluído com a inclusão dos aditivos em relação à silagem de bagaço *in natura*, com comportamentos distintos nas silagens durante a fermentação e após a exposição ao ar (Tab. 2). Estas variações indicam que houve uma grande dinâmica nos processos fermentativos no interior dos silos, porém, não caracterizam uma desvantagem dos teores de EE presentes nas diferentes silagens estudadas. Niaounakis e Halvadakis (2006) citam o conteúdo de EE do bagaço de azeitona (essencialmente lipídios e polifenóis) como

uma barreira a degradação anaeróbica do mesmo, que, no processo de ensilagem poderia caracterizar-se com um aspecto positivo para conservação da massa ensilada.

Esta vantagem pôde ser observada neste estudo, onde mesmo com a dinâmica observada para os teores de EE nas silagens ao longo do processo de fermentação, as discretas alterações nos conteúdos de matéria orgânica (Tab. 2) indicam a baixa ocorrência de sua degradação. Este fato, em conjunto com os valores de pH obtidos (Tab. 2), odor característico de silagens bem fermentadas obtido por ocasião da abertura dos silos indicam a não ocorrência do apodrecimento da massa ensilada.

Tabela 2. Composição bromatológica e valores de pH em silagens de bagaço de azeitona com aditivos alimentares na ensilagem, aos 112 dias de ensilagem e após sete dias de exposição aeróbica.

Silagens	Tempos			Média	Tempos			Média
	Ensilagem	Abertura	Estabilidade		Ensilagem	Abertura	Estabilidade	
	Matéria seca (g/kg)				Matéria Mineral (g/kg)			
Bagaço	289,51Bc	300,51Bc	323,03Ac	304,35	32,68Bb	35,83Ac	33,30BAc	33,94
Bag+Milho	323,53Cba	404,60Ba	451,65Aa	393,26	30,86Ab	23,21Cd	26,52Bd	26,86
Bag+Soja	306,10Ccb	350,05Bb	370,26Ab	342,14	44,67Aa	44,11Ab	44,45Ab	44,41
Bag+Arroz	339,00Ba	370,04Ab	388,03Ab	365,69	43,79Ba	47,45Aa	48,40Aa	46,55
Média	314,54	356,30	383,24		38,00	37,65	38,17	
CV 1 (%)	2,35				5,29			
CV 2 (%)	3,85				4,52			
	Matéria Orgânica (g/kg)				Extrato Etéreo (g/kg)			
Bagaço	965,47Aa	962,05Ab	964,02Ab	963,85	242,75Ca	323,92Aa	295,91Ba	287,52
Bag+Milho	968,09Ba	975,60Aa	971,50BAa	971,73	197,43Cb	270,49Ab	240,08Bb	236,00
Bag+Soja	953,86Ab	955,89Ac	949,98Ac	953,24	211,42Ab	150,02Bd	119,09Cd	160,18
Bag+Arroz	956,21Ab	951,05Ac	950,51Ac	952,59	154,10Cc	188,33Ac	174,12Bc	172,18
Média	960,91	961,15	959,00		201,42	233,19	207,30	
CV 1 (%)	0,37				4,21			
CV 2 (%)	0,44				4,00			
pH								
	Tempos			Média				
Silagens	Ensilagem	Abertura	Estabilidade					
Bagaço	5,18Ab	4,57Aba	4,71BAb	4,82				
Bag+Milho	5,37Aba	4,00Bc	5,57Aa	4,98				
Bag+Soja	5,78Aa	4,98Ba	5,49Aa	5,42				
Bag+Arroz	5,59Aba	4,06Bbc	4,34Bb	4,67				
Média	5,48	4,40	5,03					
CV 1 (%)					6,64			
CV 2 (%)					6,40			

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste Tukey (5%).
CV 1: coeficiente de variação das silagens; CV 2: coeficiente de variação dos tempos.

Em relação aos valores de pH (Tab. 2) apenas as silagens adicionada de farelo de milho apresentaram valores de pH abaixo de 4,2; indicativos de adequada fermentação para restringir o crescimento de microrganismos indesejáveis e preservação de alimentos por

longos períodos segundo Arriola *et al.* (2011) e McDonald *et al.* (1991). Nestas silagens, a redução do pH deveu-se à complementação do baixo conteúdo de carboidratos presentes no bagaço de azeitona, aproximadamente 10% (Niaounakis e Halvadakis, 2006), pela adição de farelos com elevado teor de amido (Valadares Filho *et al.*, 2006), substrato fermentável para multiplicação de bactérias ácido lácticas (Neres *et al.*, 2013).

Nas demais silagens, de bagaço *in natura* ou com farelo de soja, além da não adição de carboidratos fermentáveis, a dificuldade na redução dos valores de pH durante o processo fermentativo deve-se à elevada quantidade de compostos fenólicos presentes no bagaço de azeitona (Niaounakis e Halvadakis, 2006), que elevam a capacidade tampão do material a ser ensilado (McDonald *et al.*, 1991) e inibem a atuação de bactérias ácido lácticas durante os processos fermentativos no interior dos silos (Ridwan *et al.*, 2015). Porém, apesar da desvantagem citada para a presença de compostos fenólicos, em tratando-se do bagaço de azeitona, sua inclusão moderada em dietas de ruminantes pode ser uma vantagem para redução nas emissões de metano (Kondo *et al.*, 2014), com limitações em dietas em 100 g/kg MS (Jayanegara *et al.*, 2011).

A adição dos aditivos elevou o conteúdo de PB das silagens obtidas devido a composição proteica dos farelos (Valadares Filho *et al.*, 2006), especialmente com a adição do farelo de soja (Tab. 3). Após o período fermentativo todas as silagens atingiram o teor mínimo de PB de 70 g/kg proposto por Van Soest (1994) como limite inferior para sobrevivência e multiplicação de microrganismos no ambiente ruminal. Estes resultados sugerem a adição dos farelos como uma opção promissora para melhoria dos teores de PB das silagens, entretanto, os elevados teores de NIDN e NIDA observados sugerem cuidados na utilização do resíduo em dietas de ruminantes.

O NIDN foi superior na silagem de bagaço *in natura* e adicionada do farelo de arroz durante a fermentação, uma característica que deve-se ao tratamento térmico sofrido pelos grãos de arroz no momento da produção do farelo. Alimentos com elevados conteúdos de NIDA como os obtidos com as silagens deste estudo indicam alimentos com baixo valor proteico, pois esta fração não sofre degradação ruminal ou intestinal, sendo portanto indisponível para o aproveitamento animal (Van Soest, 1994). Essa característica é um fator limitante para a inclusão destas silagens em dietas de ruminantes, requerendo atenção quanto ao balanço de proteína nas dietas.

O comportamento observado para os valores de N-NH₃ no momento da abertura dos silos foi similar entre os tratamentos e coerente com os teores de PB dos farelos utilizados

(Tab. 3), e seu aumento em relação ao momento da ensilagem é decorrente da degradação proteica realizada pelas bactérias proteolíticas cuja atividade é favorecida em ambientes com pH superior a 4,5 (Baron *et al.*, 1986). Neste estudo, os maiores valores de N-NH₃ e pH foram observados na silagem adicionada de farelo de soja (Tab. 2 e 3), indicando o desenvolvimento de bactérias, dentre as quais destacam-se as do gênero *Clostridium*. Esse grupo de bactérias ao quebrarem as proteínas da silagem ocasionam um aumento do pH e favorecem a produção de ácido butírico, um ácido fraco e indicativo de má qualidade da silagem (McDonald *et al.*, 2010).

A população de microrganismos do gênero *Clostridium* nas silagens adicionadas de farelo de soja foi semelhante às demais (Tab. 6), porém, devido à maior disponibilidade de substrato, compostos proteicos (Tab. 3), a produção de N-NH₃ durante a ensilagem também foi superior (Tab. 3). Ainda tratando-se das silagens adicionadas do farelo de soja, devido ao baixo conteúdo de carboidratos solúveis presentes no bagaço de azeitona (Niaounakis e Halvadakis, 2006) e à maior disponibilidade de compostos proteicos fermentáveis, as bactérias ácido lácticas, que desenvolveram-se em população semelhante em todas as silagens, utilizaram os aminoácidos como fonte de energia para o crescimento microbiano e liberam a amônia livre no interior dos silos (Bernardes *et al.*, 2005).

Tabela 3. Constituintes nitrogenados em silagens de bagaço de azeitona com aditivos alimentares na ensilagem aos 112 dias de fermentação e após sete dias de exposição ao ar.

Silagens	Tempos			Média	Tempos			Média
	Ensilagem	Abertura	Estabilidade		Ensilagem	Abertura	Estabilidade	
	PB (g/kg)				NNH ₃ /NT (g/kg)			
Bagaço	50,56Bc	76,62Ab	78,30Ac	68,49	1,67Bb	21,85Ac	3,51Ba	9,01
Bag+Milho	61,57Bc	76,76Ab	76,39Ac	71,57	0,87Bb	8,33Ad	6,10Aa	5,10
Bag+Soja	190,50Aa	131,55Ba	126,46Ba	149,50	3,62Bb	40,70Aa	3,62Ba	15,98
Bag+Arroz	98,97Ab	74,22Bb	106,13Ab	93,11	8,52Ba	27,87Ab	5,09Ba	13,83
Média	100,40	89,79	96,82		3,67	24,69	4,58	
CV 1 (%)	6,93				17,94			
CV 2 (%)	9,71				22,74			
	NIDN (g/kg do N Total)				NIDA (g/kg do N Total)			
Bagaço	351,88Bc	414,34BAb	450,67Acb	405,63	448,17Aa	319,07Cb	384,18Bcb	383,81
Bag+Milho	725,89Aa	483,15Cba	628,90Ba	612,64	457,75Aa	286,23Bb	423,86Ab	389,28
Bag+Soja	614,85Ab	535,02Aa	543,72Aba	564,53	424,87Ba	394,06Ba	535,73Aa	451,55
Bag+Arroz	246,39Cd	534,16Aa	389,74Bc	390,10	271,68Bb	345,07Aba	337,21Ac	317,99
Média	484,75	491,67	503,26		400,62	336,11	420,25	
CV 1 (%)	9,80				9,37			
CV 2 (%)	12,55				10,23			

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste Tukey (5%).
CV 1: coeficiente de variação das silagens; CV 2: coeficiente de variação dos tempos.

Os valores dos constituintes da parede celular nas silagens do bagaço *in natura* (Tab. 4) são coerentes com os resultados descritos em Nefzaoui (1991). Nas demais silagens, as alterações observadas devem-se à composição dos farelos (Tab. 1) (Valadares Filho *et al.*, 2006) e são positivas para a qualidade nutricional das silagens.

A FDN é uma medida do conteúdo total de fibra insolúvel do alimento e constitui o parâmetro mais usado para o balanceamento de dietas. A FDA, por ser constituída de celulose e lignina, é um indicativo da quantidade de material indigestível (lignina) ou de lenta digestão à nível ruminal (celulose) (Van Soest, 1994). Neste estudo, a FDN teve uma diminuição nas silagens adicionadas de aditivos após o período fermentativo devido à degradação da hemicelulose por microrganismos em função do grau de polimerização inferior dos seus compostos (Van Soest, 1994).

A celulose é formada por longas cadeias lineares de D-glicopiranoses com alto grau de polimerização e elevado peso molecular (Giger-Reverdin, 1995), o que dificulta sua quebra durante processos fermentativos no interior de silos, fazendo com que seja um composto pouco alterável em quantidade nas silagens. A suscetibilidade à hidrólise enzimática por microrganismos fermentadores de silagens e ruminais é ainda menor quando as cadeias lineares unem-se por pontes de hidrogênio formando microfibrilas com elevado grau de cristalinidade ou associadas a outros polímeros da matriz celulósica (Van Soest, 1994). No bagaço de azeitona, essa suscetibilidade à degradação é condicionada aos teores de lignina e compostos lignocelulósicos, cuja eliminação é custosa, especialmente para redução dos compostos fenólicos (Dermeche *et al.*, 2013). Entretanto, a celulose presente no bagaço de azeitona está associada a alta proporção de xilanas e outros polissacarídeos como arabinose e galactose, fazendo com que a mesma seja altamente suscetível a ação hidrolítica de enzimas (Niaounakis e Halvadakis, 2006) e potencialmente utilizável para produção de energia tanto durante os processos bioquímicos no interior dos silos quanto à nível ruminal.

Os teores de lignina foram diluídos nas silagens com a adição dos farelos, sugerindo uma possibilidade de melhor aproveitamento destes à nível ruminal devido à redução no constituinte mais prejudicial ao aproveitamento dos carboidratos fermentáveis presentes no bagaço de azeitona (Dermeche *et al.*, 2013).

A hemicelulose é um dos constituintes da parede celular vegetal, e tem em sua composição como principal constituinte a xilana (Saratale *et al.*, 2012), cuja degradação depende da ação do sistema xilanolítico que contém enzimas com diferentes especificidades e modos de ação. Estas são secretadas por microrganismos ruminais (Van Soest, 1994) e por

fungos filamentosos (Biswas *et al.*, 2010), e sua ação é nutricionalmente positiva, pois promovem o rompimento das ligações presentes na hemicelulose facilitando a posterior digestão microbiana no rúmen (Martins *et al.*, 2007). Assim, as alterações observadas nos teores de hemicelulose das silagens devem-se à ação das xilanases na hemicelulose, pois apesar de modesto, foi constatado o crescimento de fungos filamentosos e de leveduras na massa ensilada (Tab. 4).

Tabela 4. Constituintes da parede celular em silagens de bagaço de azeitona com aditivos alimentares na ensilagem aos 112 dias de fermentação e após exposição aeróbica por sete dias.

Silagens	Tempos			Média	Tempos			Média
	Ensilagem	Abertura	Estabilidade		Ensilagem	Abertura	Estabilidade	
	FDN (g/kg)				FDA (g/kg)			
Bagaço	602,52Ab	577,24Ab	586,23Ab	588,66	562,42Aa	555,72Aa	579,27Aba	565,80
Bag+Milho	659,72Aa	570,31Bb	631,13Aa	620,39	447,66Bc	496,60Ab	536,41Ab	493,56
Bag+Soja	606,74Bb	593,67Ba	640,62Aa	613,68	504,39Bb	575,96Aa	616,91Aa	565,75
Bag+Arroz	619,72Ab	571,08Bb	629,04Aa	606,62	547,48Aba	493,55Bb	571,68Aba	537,57
Média	622,17	578,08	621,76		515,49	530,46	576,07	
CV 1 (%)	2,17				3,99			
CV 2 (%)	3,43				5,46			
	Lignina (g/kg)				Celulose (g/kg)			
Bagaço	355,71BAa	345,51Ba	380,58Aa	360,60	204,81Aba	182,16Aa	200,49Ab	195,82
Bag+Milho	273,97Bb	317,14Aba	333,04Ab	308,05	157,26Bc	177,77BAa	192,29Ab	175,77
Bag+Soja	321,85Ba	336,34Ba	372,85Aa	343,68	179,93Bcb	206,24Ba	233,33Aa	206,50
Bag+Arroz	327,28Aa	295,00Bb	327,34Ab	316,54	217,84BAa	196,92Ba	230,67Aa	215,14
Média	319,70	323,50	353,45		189,96	190,77	214,20	
CV 1 (%)	3,49				9,27			
CV 2 (%)	6,54				8,72			
	Hemicelulose (g/Kg)							
		Tempos						
Silagens	Ensilagem	Abertura	Estabilidade				Média	
Bagaço	42,40Ad	22,39Aa	23,10Ac				29,30	
Bag+Milho	200,03Aa	55,19Bba	68,04Bba				107,75	
Bag+Soja	117,08Ab	41,78Bba	36,24Bcb				65,03	
Bag+Arroz	80,27Ac	72,25Aa	70,65Aa				74,39	
Média	109,94	47,90	49,51					
CV 1 (%)					23,29			
CV 2 (%)					28,97			

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste Tukey (5%).
CV 1: coeficiente de variação das silagens; CV 2: coeficiente de variação dos tempos.

Os carboidratos totais (CHOT) foram inferiores na silagem adicionada de farelo de soja devido a composição deste farelo (Tab 1) e também apresentaram redução após a fermentação (Tab. 05) devido ao consumo dos carboidratos não fibrosos (CNF) pelos microrganismos para produção de ácidos orgânicos e redução do pH (Tab. 2).

As alterações observadas nos CNF (Tab. 5) nas silagens do bagaço *in natura* ou adicionado de farelo de milho são nutricionalmente positivas, pois estes são açúcares como

glicose e frutose e carboidratos de reserva das plantas (amido, frutanas e sacarose) (Sniffen *et al.*, 1992), portanto, de maior degradabilidade e maior aproveitamento pelos animais (Van Soest, 1994).

Como a hemicelulose também é uma das frações dos carboidratos fibrosos (CF), as alterações nesta fração de carboidratos devem-se às alterações ocorridas nos teores de hemicelulose (Tab. 4). O menor conteúdo de CF nas silagens adicionadas de farelo de soja deve-se à composição deste aditivo (Tab. 1).

Os teores de NDT obtidos são expressivos para silagens, pois se assemelham ou superam valores observados em silagens de milho. Porém, somente esses altos conteúdos de NDT não explicam uma silagem de boa qualidade nutricional. Também, a utilização de aditivos reduziu os conteúdos de NDT, entretanto, favoreceu outras características importantes para a conservação como o pH (Tab. 2).

Tabela 5. Frações de carboidratos e energia (NDT) em silagens de bagaço de azeitona com aditivos alimentares na ensilagem aos 112 dias de fermentação e na estabilidade.

Silagens	Tempos			Média	Tempos			Média
	Ensilagem	Abertura	Estabilidade		Ensilagem	Abertura	Estabilidade	
	CHOT (g/kg)				CNF (g/kg)			
Bagaço	672,16Ab	561,51Cc	584,32Bc	606,00	120,90Aa	38,62Bc	65,31Bc	74,94
Bag+Milho	709,10Aa	628,35Cb	649,25Bb	662,23	134,55Aa	131,59Ab	85,98Bcb	117,37
Bag+Soja	551,95Cc	674,31Ba	699,38Aa	641,88	129,46Ba	176,28Aa	177,76Aa	161,17
Bag+Arroz	696,83Aa	688,50Aa	658,78Bb	681,37	121,07Ba	186,42Aa	102,50Bb	136,66
Média	657,51	638,17	647,93		126,49	133,23	107,89	
CV 1 (%)		1,27				15,18		
CV 2 (%)		1,47				17,16		
	CF (g/kg)				NDT (g/kg)			
Bagaço	553,11Aa	525,02Aa	527,18Aa	535,10	638,10Ca	756,50Aa	704,39Ba	699,66
Bag+Milho	575,59Aa	497,95Bba	559,27Aa	544,27	592,89Cb	709,12Ab	634,48Bb	645,50
Bag+Soja	423,95Cb	485,78Bb	532,24Aa	480,66	623,32Aa	526,02Bd	419,17Cd	522,83
Bag+Arroz	582,07Aa	503,58Bba	557,97Aa	547,87	499,30Cc	606,14Ac	525,76Bc	543,73
Média	533,68	503,08	544,17		588,40	649,44	570,95	
CV 1 (%)		2,72				1,80		
CV 2 (%)		3,79				2,54		

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem pelo teste Tukey (5%). CV 1: coeficiente de variação das silagens; CV 2: coeficiente de variação dos tempos.

A silagem adicionada do farelo de arroz apresentou maiores conteúdos de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO), sugerindo que o maior teor e altas proporções de EE presentes neste farelo não interferiram negativamente na digestibilidade da silagem (Tab. 7). O tratamento adicionado do farelo de arroz apresentou os maiores teores de MS mostrando uma proporcionalidade direta em relação aos níveis de digestibilidade da silagem.

Tabela 6. Valores da DIVMS e DIVMO de silagem de bagaço de azeitona *in natura* e com aditivos no período de ensilagem.

Tratamentos	DIVMS	DIVMO
Bagaço	60,22BA	58,11BA
Bagaço+Milho	54,70B	51,18CB
Bagaço+Soja	54,54B	50,83C
Bagaço+Arroz	62,52 ^a	60,45A
CV(%)	5,82	7,22
<i>P value</i>	0,003	0,002

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey (5%). CV 1: coeficiente de variação das silagens. DIVMS - Digestibilidade in vitro da matéria seca; DIVMO - Digestibilidade in vitro da matéria orgânica.

O estágio de desenvolvimento da planta no período da colheita pode ser uma possível causa para valores baixos de digestibilidade, pois os componentes da parede celular das plantas são de menor ou nenhuma degradabilidade no rúmen. Essa pode ser uma possível causa dos menores valores encontrados na silagem adicionada do farelo de milho e soja, sendo que o tratamento sem aditivos não se diferenciou significativamente dos demais na DIVMS, porém, na DIVMO a silagem com adição do farelo de soja apresentou menores teores.

Não houve significância para a interação dos fatores nas populações dos microrganismos, que foram alteradas somente pelos tempos, com um aumento na população de microrganismos com a fermentação e com a exposição aeróbica (Tab. 7). Esse resultado confirma que, apesar das diferenças na composição dos materiais estudados, todos proporcionaram condições semelhantes ao crescimento microbiano. Em relação ao crescimento microbiano observado nas silagens, mesmo com a não redução do pH abaixo dos níveis recomendados nas silagens do bagaço *in natura* ou adicionado de farelo de soja (Tab. 2) não observou-se desenvolvimento expressivo de microrganismos deterioradores como do gênero *Clostridium* (Tab. 7). Seu desenvolvimento é indesejável, pois são responsáveis pela produção do ácido butírico e pela diminuição da qualidade da silagem (Mota *et al.*, 2011), caracterizando deterioração anaeróbica, especialmente em condições de alta umidade como no bagaço *in natura*.

O baixo desenvolvimento de microrganismos do gênero *Clostridium*, principais microrganismos deterioradores das silagens (Mota *et al.*, 2011), mesmo na silagem de bagaço *in natura* deve-se aos conteúdos de polifenóis que atuam como uma barreira ao

desenvolvimento microbiano de clostrídeos (Niaounakis e Halvadakis., 2006) e aos conteúdos de matéria seca, que nas silagens mantiveram-se acima de 300 g/kg (Tab. 2).

Tabela 7. Populações de microrganismos (Log UFC/g de MS) em silagens de bagaço de azeitona com aditivos alimentares na ensilagem, aos 112 dias de fermentação e após sete dias de exposição ao ar.

Tempos	Fungos filamentosos e leveduras	<i>Clostridium</i>	<i>Lactobacillus</i>	Enterobactérias
Ensilagem	0,80c	0,73c	0,48c	0,48c
Abertura	6,83b	7,44b	7,11b	3,13b
Estabilidade	9,51a	9,29a	9,07a	8,57a
Média	5,71	5,82	5,55	4,06
CV 1 (%)	24,92	13,19	7,87	39,75
CV 1 (%)	18,45	11,36	9,63	31,62

*Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem pelo teste Tukey (5%). CV 1: coeficiente de variação das silagens; CV 2: coeficiente de variação dos tempos.

No período de estabilidade da silagem durante seis dias de exposição ao ar, os valores de pH dos quatro tratamentos adequaram-se à modelos diferentes de regressão, gerando as seguintes equações: Bagaço ($\hat{Y}=4,24+0,004x$); $R^2=0,68$, B+Milho ($\hat{Y}=3,80-0,01x+0,0002x^2$); $R^2=0,88$, B+Soja ($\hat{Y}=4,73+0,004x$); $R^2=0,62$ e B+Arroz ($\hat{Y}=3,90-0,006x+0,0001x^2$); $R^2=0,67$. As temperaturas de 3 tratamentos adequaram-se melhor ao modelo quadrático de regressão testados, sendo geradas as seguintes equações para os diferentes tratamentos: Bagaço ($\hat{Y}=16,10+0,08x-0,0004x^2$); $R^2=0,75$, B+Milho ($\hat{Y}=16,78+0,08x-0,0004x^2$); $R^2=0,78$, B+Soja ($\hat{Y}=16,63+0,05x-0,0002x^2$); $R^2=0,70$. No entanto a silagem adicionada do farelo de arroz mostrou maior representatividade no modelo linear ($\hat{Y}=16,49+0,04x$); $R^2=0,72$, sendo que no decorrer da estabilidade foi observado um aumento linear da temperatura deste tratamento de 0,04°C a cada hora de exposição ao ar.

O pH é o principal fator de supressão do crescimento de *Clostridium*, especialmente em valores inferiores a 4,2. O aumento nos valores de pH é um indicativo prático de que a silagem está sendo deteriorada devido à degradação dos ácidos orgânicos. Todas as silagens estudadas apresentaram estabilidade aeróbica para a temperatura até o terceiro dia de exposição ao ar, pois em nenhum momento no decorrer das 72 horas após a abertura dos silos as silagens apresentaram elevação de mais de 1°C em relação à temperatura.

Os resultados obtidos para as temperaturas das silagens também sugerem a não ocorrência de alterações bromatológicas até as 72 horas para todos os tratamentos e até as 120 horas para silagem de bagaço *in natura*, uma vez que segundo Bernardes *et al.* (2007), durante alterações na estabilidade aeróbica de silagens, a elevação de temperatura estaria atrelada à alterações no valor nutritivo. Portanto, o consumo destas silagens após a quebra da sua estabilidade aeróbica acarretaria de forma negativa no seu desempenho quando fornecida

aos animais, tornando-se muitas vezes inviável e não proporcionando o valor nutritivo adequado que poderia oferecer sem sofrer alterações.

4.3.4 Conclusões

O bagaço de azeitona *in natura* ou adicionado de farelos pode ser conservado na forma de silagem para utilização em dietas de ruminantes, pois apresentam aspectos bromatológicos interessantes. A silagem adicionada do farelo de soja proporcionou uma maior resistência a quebra da estabilidade quando comparada as demais, sendo que até as 120h de exposição ao ar a mesma não sofreu alterações em seus valores de pH e temperatura que caracterizassem o início de sua deterioração aeróbica.

4.3.5 Referências

ABAZI, U.;LORITE, I.J.; CÁRCELES, B. et al. WABOL: A conceptual water balance model for analyzing rainfall water use in olive orchards under different soil and cover crop management strategies. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.91, p.35-48, 2013.

ALCAIDE, E. M. & RUIZ, D. Y., Potential use of olive by-products in ruminant feeding: A review. *Animal Feed Science and Technology*, v.147, p.247-264, 2008.

AOAC.: Official Methods of Analysis,16 thedn. *Association of Official Analytical Chemists*, Gaithersburg, MD, USA. 1997.

ARRIOLA, K.G.; KIM, S.C.; ADESOGAN, A.T. Effect of applying inoculants with heterolactic or homolactic and heterolactic bacteria on the fermentation and quality of corn silage. *Journal Dairy Science*, v.94, p.1511–1516, 2011.

AZEVÊDO, J.A.G.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E. et al. Predição de frações digestíveis e valor energético de subprodutos agrícolas e agroindustriais para bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, p.391-402, 2011.

AZEVÊDO, J.A.G.; VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. et al. Consumo, digestibilidade total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas com subprodutos de frutas para ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, p.1052-1060, 2011.

BARON, V.S.; STEVENSON, K.R.; BUCHANAN-SMITH, J.G. Proteolysis and fermentation of grain-corn ensiled at several moisture levels and under several simulated storage methods. *Canadian Journal Animal Science*, v.66, p.451–461, 1986.

BERNARDES, T.F.; REIS, R. A.; SIQUEIRA, G. R. et al. Estabilidade aeróbia da ração total e de silagens de capim-Marandu tratadas com aditivos químicos e bacterianos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, p.754-762, 2007.

BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; MOREIRA, A.L. Fermentative and microbiological profile of Marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. *Scientia Agricola*, v.62, p.214-220, 2005.

BISWAS, R.; SAHAI, V.; MISHRA, S. et al. Bioprocess strategies for enhanced production of xylanase by *Melanocarpus albomyces* IITD3A on agro-residual extract. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, v.110, p.702–708, 2010.

BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B. E. et al. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. *Journal of Dairy Science*, v.75, p.3066-3083, 1992.

DERMECHE, S.; NADOUR, M.; LARROCHE, C. et al. Olive mill wastes: Biochemical characterizations and valorization strategies. *Process Biochemistry*, v.48, p.1532-1552, 2013.

EASLEY, J.F.; MCCALL, J.T.; DAVIS, G.K.; SHIRLEY, R.L. Analytical methods for feeds and tissues. Gainesville: University of Florida, Nutrition Laboratory, *Dept. of Animal Science*, p.81, 1965.

GIGER-REVERDIN, S. Review of the main methods of cell wall estimation: interest and limits for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*, v.55, p.295-334, 1995.

JAYANEGARA, A.; LEIBER, F.; KREUZER, M. Meta-analysis of the relationship between dietary tannin level and methane formation in ruminants from *in vivo* and *in*

in vitro experiments. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v.96, p.365–375, 2011.

KONDO, M.; HIRANO, Y.; KITA, K. et al. Fermentation characteristics, tannin contents and *in vitro* ruminal degradation of green tea and black tea by-products ensiled at different temperatures. *Asian-Australas Journal Animal Science*, v.27, p.937–945, 2014.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOESTSOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.57, p.347- 358, 1996.

MARTINS, S.A.; Vieira P.F.; Berchielli, T.T. et al. Degradabilidade *in situ* e observações microscópicas de volumosos em bovinos suplementados com enzimas fibrolíticas exógenas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, p.1927-1936, 2007.

MCDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, J.F.D. et al. *Animal Nutrition*. 7. ed. Prentice Hall, 2010. p. 499-517.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. *The biochemistry of silage*. 2^a ed: Marlou:Chalcome, 1991, 340p.

MOTA, A.D.S.; JÚNIOR, V.R.R.; SOUZA, A.S. et al. Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, p.1466-1473, 2011.

NASOPOULOU, C.; ZABETAKIS, I. Agricultural and Aquacultural Potential of Olive Pomace: A Review. *Journal of Agricultural Science*, v.5, p.116-128, 2013.

NEFZAOU, A. *Valorisation des sous-produits de l'olivier. Fourrage setsous-produits méditerranéens.*, (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens, v.16, p.101-108, 1991.

NERES, M. A.; ZAMBOM, M. A.; FERNANDES, T. et al. Microbiological profile and aerobic stability of Tifton 85 bermudagrass silage with different additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.42, p.381-387, 2013.

NIAOUNAKIS, M. AND HALVADAKIS, C. P. Olive Processing Waste Management Literature Review and Patent Survey In: Waste Management Series, Second ed. v.5. *Elsevier*, 2006. 498p.

OMAR, J. M. A.; DAYA, R.; GHALEB, A. Effects of different forms of olive cake on the performance and carcass quality of Awassi lambs. *Animal Feed Science and Technology*., v.171, p.167-172, 2012.

RIDWAN, R.; RUSMANA, I.; WIDYASTUTI, Y. et al. Fermentation Characteristics and Microbial Diversity of Tropical Grass-legumes Silages. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, v.28, p.511–518, 2015.

SANSOUCY, R., ALIBES, X., BERGE, P, H. et al. *Olive by-products for animal feed*. FAO Animal Production Health Paper v. 43, 1985.

SARATALE, G.D.; SARATALE, R.G.; Oh, S.E. Production and characterization of multiple cellulolytic enzymes by isolated *Streptomyces* sp. MDS. *Biomass and Bioenergy*., v.47, p.302-315, 2012.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3ª ed. Universidade Federal de Viçosa, 2009. 235p.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. et al. *Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos*. 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2007. 45-60p.

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, p.3562-3577, 1992.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA J.R. et al. *Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos*. 2 ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 239p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polyssacarides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Madison, v.74, p.3583- 3597, 1991.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B. *Analysis of forages and fibrous foods*. Ithaca: Cornell University, 1985. 202p.

VAN SOEST, PJ. *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca. Constock Publishing Associates, 1994. 476 p.

5 CONCLUSÃO

A inclusão dos materiais estudados para a alimentação de ruminantes é uma alternativa onde há a cultura da mandioca e a indústria processadora de azeitona nas proximidades, o que ocasiona a possibilidade de transformação dos resíduos, subprodutos ou coprodutos capazes de gerar recursos alimentares e reduzir o impacto ambiental.

É fundamental que se tenha disponibilidade de alimentos de boa qualidade e baixo custo durante o ano inteiro, especialmente no período de vazio forrageiro, nesse sentido os materiais estudados mostraram-se como boa alternativa para serem armazenados na forma de silagem.

A ensilagem dos materiais mostrou-se um eficiente processo no que tange favorecer processos fermentativos que impedem a deterioração do material e manutenção da qualidade dos materiais ensilados.

A adição de aditivos favoreceu os processos fermentativos, melhorando o valor nutricional dos materiais com elevados teores de carboidratos fibrosos, como o caule de mandioca e o bagaço de azeitona. A decisão pelo uso e a escolha do aditivo fica condicionado à disponibilidade na propriedade ou custos da aquisição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAZI, U. et al. A conceptual water balance model for analyzing rainfall water use in olive orchards under different soil and cover crop management strategies. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.91, p.35-48, 2013.

ALCAIDE, E. M. et al. Chemical composition and nitrogen availability for goats and sheep of some olive by-products. **Small Ruminant Research**, v. 49, n. 3, p. 329-336, 2003.

ALCAIDE, E. M.; RUIZ, D. Y. Potential use of olive by-products in ruminant feeding: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 147, n. 1, p. 247-264, 2008.

ALMAGUEL, R. E. et al. Utilización del ensilaje artesanal de yuca como fuente energética en dietas para cerdos de engorde. **Livestock Research for Rural Development**, v. 23, n. 1, 2011.

ANAETO, M. et al. Cassava leaf silage and cassava peel as dry season feed for West African dwarf Sheep. **Global Journal of Science Frontier Research**, v. 13, n. 2, 2013.

BENESI, I. R. M. et al. The effect of genotype, location and season on cassava starch extraction. **Euphytica**, v. 160, n. 1, p. 59-74, 2008.

CHIOFALO B. et al. Administration of olive cake for ewe feeding: effect on milk yield and composition. **Small Ruminant Research**, v. 55, n. 1, p. 169-176, 2004.

COUTINHO, E. F. et al. **Clima**. In: (Ed). EMBRAPA, Sistemas de produção, Cultivo de Oliveira (*Olea europaea L.*): p. 28-28, 2009a.

COUTINHO, E. F. et al. **Colheita**. In: (Ed). EMBRAPA, Sistemas de produção, Cultivo de Oliveira (*Olea europaea L.*): p.101-103, 2009b.

COUTINHO, E. F. et al. **Introdução e importância econômica**. In: (Ed). EMBRAPA, Sistemas de produção, Cultivo de Oliveira (*Olea europaea L.*): p.18-20, 2009c.

DUNG, N. T.; MUI, N. T.; LEDIN, I. Effect of replacing a commercial concentrate with cassava hay (*Manihot esculenta Crantz*) on the performance of growing goats. **Animal Feed Science and Technology**, v. 119, n. 3, p. 271-281, 2005.

ECHEVERRIA, A. D. et al. Conservação dos resíduos da poda de oliveiras na forma de silagem. **Revista de agricultura neotropical**, v. 2, n. 4, p. 7-13, 2015.

FALOLA, O. O., ALASA, M. C., BABAYEMI, O. J. Assessment of Silage Quality and Forage Acceptability of Vetiver Grass (*Chrysopogon zizanioides* L. Roberty) Ensiled with Cassava Peels by Wad Goat. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 12, n. 6, p. 529, 2013.

FAO. Organizacion De Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentacion. **Los subproductos del olivar em la alimentación animal em la cuenca del Mediterráneo**. Roma, 1985.

_____. **Defensa de la causa de la yucca**. Roma, 2000. Disponível em: <<http://www.fao.org/Noticias/2000/000405-s.htm>>. Acesso em: 29 dez. 2015.

_____. **¿Por qué la mandioca?** Roma, 2008. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/agp/agpc/gcnds/index_es.html>. Acesso em: 29 dez. 2015.

FASINMIRIN, J. T.; REICHERT, J. M. Conservation tillage for cassava (*Manihot esculenta* crantz) production in the tropics. **Soil and Tillage Research**, v. 113, n. 1, p. 1-10, 2011.

FERNÁNDEZ-BOLAÑOS. et al .Total recovery of the waste of two-phase olive oil processing: isolation of added-value compounds. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 52, n. 19, p. 5849-5855, 2004.

FERREIRA, G. D. G. et al. Valor nutritivo de co-produtos da mandioca. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 8, n. 4, p. 364-374, 2007.

FUKUDA, W. M. G. **Variedades**. In: (Ed). EMBRAPA, Mandioca o produtor pergunta a EMBRAPA responde: p. 42, 2006.

GALANAKIS, C. M. Olive fruit dietary fiber: components, recovery and applications. **Trends in food science & technology**, v. 22, n. 4, p. 175-184, 2011.

GIORDANI JUNIOR, R.. et al. R. Resíduos agroindustriais e alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 93-104, 2015.

GONÇALVES, J.A.G. et al. Composição químico-bromatológica e perfil de fermentação da silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca. **Bioscience Journal**, v.30, n.2, p.502-511, 2014.

GOMEZ, G.; VALDIVIESO, M. Cassava foliage: chemical composition, cyanide content and effect of drying on cyanide elimination. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 36, n. 6, p. 433-441, 1985.

GÓMEZ-GONZÁLEZ, S.; RUIZ-JIMÉNEZ, J.; DE CASTRO, M. D. L., Fatty acid profiling of the main tissues of Spanish olive fruit: effect of the oil extraction method. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 87, n. 12, p. 1413-1423, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores IBGE Estatística da Produção Agrícola**. Jan. 2016. Disponível em: <http://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201601.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2016.

LONGHI, R. M.; DOMINGUES, F. N.; MOTA, D. A. et al. Composição bromatológica e pH da silagem de diferentes frações da parte aérea da mandioca tratada com doses crescentes de óxido de cálcio. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 4, p. 337-341, 2013.

LOURES, D. R. S. et al. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1851-1858, 2003.

MARTÍN GARCÍA, A.I. et al. Chemical composition and nutrients availability for goats and sheep of two-stage olive cake and olive leaves. **Animal Feed Science and Technology**, v. 107, n. 1, p. 61-74, 2003.

MATEOS, G. G.; REBOLLAR, P. G.; MEDEL, P. **Utilización de grasas y productos lipídicos en alimentación animal**: grasas puras y mezclas. In: Memorias XII Curso de especialización FEDNA, 1996.

MCDONALD, P. et al. **Animal Nutrition**. 7. ed. Canadá: Pearson, 2010. p. 499-517.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2. ed. Marlou: Chalcome, 1991. p. 340.

NAPASIRTH, V. et al. Microbial population, chemical composition and silage fermentation of cassava residues. **Animal Science Journal**, v. 86, n. 9, p. 842-848, 2015.

NASOPOULOU, C.; ZABETAKIS, I. Agricultural and Aquacultural Potential of Olive Pomace: A Review. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n.7, p.116-128, 2013.

NICOLODI, M. et al. **Solo**. In: (Ed). EMBRAPA, Sistemas de produção, Cultivo de Oliveira (*Olea europaea L.*): p. 29-34, 2009.

OLIVA. Associação Brasileira de Produtores, Importadores e Comerciantes de Azeite. **Conhecendo o azeite**. 2016. Disponível em: <<http://www.oliva.org.br/azeite>>. Acesso em: 01 fev. 2016.

OMAR, J. M. A.; DAYA, R.; GHALEB, A. Effects of different forms of olive cake on the performance and carcass quality of Awassi lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.171, p.167-172, 2012.

PEREIRA, R. G. A. et al. **Processos de ensilagem e plantas a ensilar**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2008.

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

PIO, R. et al. Enraizamento de diferentes tipos de estacas de oliveira (*Olea europaea L.*) utilizando ácido indolbutírico. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 562-567, 2005.

SAGRILO, E. et al. Efeito da época de colheita no crescimento vegetativo, na produtividade e na qualidade de raízes de três cultivares de mandioca. **Bragantia**, v. 61, n. 2, p. 115-125, 2002.

SCHONS, A. et al. Emissão de folhas e início de acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, 2007.

SENA, L. S. 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, J. C. P. M.; VELOSO, C. M. **Mandioca na alimentação do bovino leiteiro**. 1. ed. Viçosa, MG: Aprenda Fácil Editora, 2011. p. 235.

SOUZA, L. D; SOUZA, L.S. **Clima e solo**. In: (Ed). EMBRAPA, Mandioca o produtor pergunta a EMBRAPA responde: p. 27-38, 2006.

SOUZA, A. S. de. 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, p. 441-455, 2011.

SOUZA, L. C. et al. Development of microorganisms during storage of wet brewery waste under aerobic and anaerobic conditions. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 41, n. 1, p. 188-193, jan. 2012.

TOLENTINO, D. C. et al. The quality of silage of different sorghum genotypes. *Acta Scientiarum. Animal Science*, v.38, n.2 p.143-149, 2016.

VERA R. et al. Feeding dry olive cake modifies subcutaneous fat composition in lambs, noting cake resistance to degradation and peroxidation. **Chil. J. Agric. Res.**, v. 69, n. 4, p. 548–559, 2009.

ZAMBOM, M. et al. Características da silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca adicionada de níveis de ureia. **Archivos de Zootecnia**, v. 63, n. 244, p. 677-688, 2014.

ZANINE, A. de M. et al. Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava scrapings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 12, p. 2611-2616, 2010.