

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS
MEDICINA VETERINÁRIA
GABRIELE FLAVIANE PEREIRA**

**QUALIDADE DA SILAGEM DE MILHO ACRESCIDA DE DIFERENTES NÍVEIS DE
MANDIOCA *IN NATURA* TRITURADA E AVALIADA EM DOIS TEMPOS DE
ARMAZENAMENTO**

VARGINHA- MG

2021

GABRIELE FLAVIANE PEREIRA

**QUALIDADE DA SILAGEM DE MILHO ACRESCIDA DE DIFERENTES NÍVEIS DE
MANDIOCA *IN NATURA* TRITURADA E AVALIADA EM DOIS TEMPOS DE
ARMAZENAMENTO**

Trabalho apresentado ao curso de Medicina Veterinária do
Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito
para obtenção do grau de Bacharel, sob orientação do
Profa. Dra. Luciane Tavares da Cunha.

VARGINHA- MG

2021

GABRIELE FLAVIANE PEREIRA

**QUALIDADE DA SILAGEM DE MILHO ACRESCIDA DE DIFERENTES NÍVEIS DE
MANDIOCA *IN NATURA* TRITURADA E AVALIADA EM DOIS TEMPOS DE
ARMAZENAMENTO**

Monografia apresentada ao curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção do grau de Bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em 22/ 05/ 21

Prof. Dra. Luciane Tavares da Cunha
Orientadora

Prof. Me. Sávio Tadeu Almeida Júnior

Prof. Me. Vinícius José Moreira Nogueira

OBS.:

Dedico este trabalho a Deus, por ter me acompanhado ao longo de minha vida e de forma especial, durante minha trajetória acadêmica. E também aos meus pais, pois é graças ao esforço deles que posso concluir este curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir a realização do meu sonho, por estar comigo em todos os momentos, pelas oportunidades e pelas pessoas que colocou em meu caminho. Agradeço também a minha intercessora, Sta. Terezinha do Menino Jesus, ela sempre me socorreu nos momentos de angústia. Agradeço aos meus amados papai e mamãe Edenisio e Siomara, que sempre me apoiaram, mesmo distantes, que me ensinaram o valor do abraço, do sorriso, da família, do “Deus te abençoe” e do “eu te amo” sincero. Aos meus irmãos Galdiani e Wilquer, por serem meus grandes amigos e companheiros para todas as horas. Eu os amo infinitamente! E também aos meus cunhados, tios, primos, padrinhos e afilhados. Agradeço aos amigos de Córrego do Ouro por estarem comigo desde a infância e por permanecerem ainda hoje. E também aos amigos que fiz durante esses cinco anos de faculdade, durante esses anos, eles foram uma excelente família. Os levarei sempre no coração e nas orações. Aos meus professores que compartilharam o conhecimento, por serem atenciosos e por se dedicarem a arte de ensinar, agradeço de forma especial a Profa. Luciane pela dedicação e esforço para me ajudara concluir este trabalho. A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigada!

“As pessoas que vencem neste mundo são as que procuram as circunstâncias de que precisam e, quando não as encontram, as criam.”

George Bernard Shaw

RESUMO

A composição bromatológica dos alimentos, principalmente os alternativos, deve ser bem conhecida para atender as exigências nutricionais do animal. Além do milho, a mandioca é um produto que tem ótimas características químicas, é palatável e tem boa aceitação pelos animais, assim, pode ser uma boa alternativa para incrementar a qualidade da silagem de milho. O objetivo deste trabalho foi avaliar, por meio de análise bromatológica, a qualidade da silagem de milho acrescida de diferentes níveis de mandioca *in natura* triturada, em dois tempos de armazenamento, aos 30 e 60 dias. Os experimentos foram realizados no Sítio Ponte do Açude, localizado no distrito de Córrego do Ouro, município de Campos Gerais, MG, no período de fevereiro a maio de 2021. Para realização dos experimentos, silos experimentais foram construídos utilizando-se tubos PVC e uma mistura foi feita em diferentes proporções de silagem e raízes de mandioca triturada, em duplicata, conforme os tratamentos: tratamento 1 – silagem de milho sem acréscimo de mandioca (controle); tratamento 2 - silagem de milho (85%) com acréscimo de mandioca (15%); tratamento 3 - silagem de milho (70%) com acréscimo de mandioca (30%). As amostras foram enviadas para o Laboratório 3rlab®, Lavras, MG e os resultados dos parâmetros químicos submetidos à análise de variância e teste de Tukey ao nível de 5% de significância. Dentre os parâmetros avaliados, a Matéria Seca (MS) apresenta grande importância nutricional, assim, a mistura em que foi incluída mandioca em maior proporção na silagem de milho apresentou uma maior porcentagem de MS (47,9%) aos 30 dias, quando comparado com os outros tratamentos, contudo, não foram observadas diferenças significativas ($p>0,05$) para MS nas misturas de silagem de milho e mandioca ao comparar os tempos de 30 e 60 dias. Conclui-se que a abertura do silo com 30 dias e a inclusão de raiz de mandioca *in natura* triturada em até 30% na silagem de milho podem ser viáveis em propriedades que tem condições de cultivar esta raiz tuberosa e que realizam ensilagem de milho para, assim, aumentar a qualidade do produto final.

Palavras-chave: análises químicas, alimento conservado, fermentação, tubérculo.

ABSTRACT

The chemical composition of foods, especially alternatives, must be well known to meet the nutritional requirements of the animal. In addition to corn, cassava is a product that has excellent chemical characteristics, is palatable and has good acceptance by animals, so it can be a good alternative to increase the quality of corn silage. The objective of this work was to evaluate, through chemical analysis, the quality of corn silage added with different levels of fresh crushed cassava, in two storage times, at 30 and 60 days. The experiments were carried out at Sítio Ponte do Açude, located in the district of Córrego do Ouro, municipality of Campos Gerais, MG, from February to May 2021. To carry out the experiments, experimental silos were built using PVC tubes and one mixture was made in different proportions of silage and crushed cassava roots, in duplicate, according to the treatments: treatment 1 – corn silage without addition of cassava (control); treatment 2 - corn silage (85%) with addition of cassava (15%); treatment 3 - corn silage (70%) with addition of cassava (30%). The samples were sent to the Laboratory 3rlab®, Lavras, MG and the results of the chemical parameters were submitted to analysis of variance and Tukey's test at a 5% significance level. Among the evaluated parameters, the dry matter (DM) has great nutritional importance, thus, the mixture in which cassava was included in greater proportion in the corn silage had a higher percentage of DM (47.9%) at 30 days, when compared with the other treatments, however, no significant differences were observed ($p>0.05$) for DM in the mixtures of corn silage and cassava when comparing the times of 30 and 60 days. It is concluded that the opening of the silo after 30 days and the inclusion of in natura crushed cassava root in up to 30% in the corn silage can be viable in properties that are able to cultivate this tuberous root and that carry out corn silage to, thus, increasing the quality of the final product.

Keywords: chemical analysis, preserved food, fermentation, tuber.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Silo tipo trincheira revestido por alvenaria.....	17
Figura 2. Preparo dos materiais utilizados neste trabalho e ensilagem experimental. (a) Picadeira utilizada no corte do milho; (b) Moagem das raízes de mandioca; (c) Raízes de mandioca in natura triturada adicionada à silagem de milho; (d) Compactação do material misturado em silos experimentais de tubos de PVC; (e) Vedação dos silos.	25
Figura 3. Ensilagem experimental e armazenamento. (a) Tubos de PVC com os respectivos tratamentos e material ensilado; (b) Pesagem de amostra coletada após abertura do silo; (c) Embalagem de amostras conforme instruções do Laboratório; (d) Envio de amostras para o laboratório para posteriores análises.	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição bromatológica das amostras de silagem de milho (controle) (T1) e das misturas de silagem de milho (SM) e raiz de mandioca triturada (M) nas proporções 85%SM +15%M (T2) e 70%SM+30%M (T3), aos 30 e 60 dias de fermentação, analisadas pelo Laboratório 3rlab®, Lavras, MG.	27
Tabela 5. Comparações estatísticas ($*p<0,05$) entre controle (T1) e as médias entre os tratamentos 85%SM +15%M (T2) e 70%SM+30%M (T3), com 30 dias (A) e 60 dias (B); e comparação das médias entre T1 e T2 e entre os diferentes tempos 30 e 60 dias (C), para os principais parâmetros avaliados.....	3027

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EE – Estrato Etéreo

FDA – Fibra em Detergente Ácido

FDN – Fibra em Detergente Neutro

MM – Matéria Mineral

MS – Matéria Seca

NDT – Nutrientes Digestíveis Totais

PB – Proteína Bruta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Ensilagem de milho	14
2.1.1 Compactação e vedação.....	15
2.1.2 Fermentação	17
2.1.3 Perdas no processo de ensilagem	19
2.2 Silagem de mandioca	20
2.3 AVALIAÇÕES COMUNS DE DETERMINAÇÃO DA QUALIDADE DA SILAGEM	
21	
2.3.1 Composição bromatológica	21
2.3.1.1 Matéria mineral	22
2.3.1.2 Extrato etéreo	22
2.3.1.2 Proteína Bruta.....	22
2.3.2 Outras determinações laboratoriais.....	22
2.3.2.1 Análise sensorial, cor, temperatura, odor, textura	22
2.3.2.2 Fibra detergente neutro, Fibra detergente ácida, Nutrientes digestíveis totais, Lignina, Carboidratos solúveis.....	23
2.3.2.3 Potencial hidrogeniônico	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5 CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

As criações extensivas, em bovinocultura, são mantidas à pasto para tornar a alimentação menos onerosa. Devido às características climáticas brasileiras, as pastagens não ficam disponíveis igualmente durante todo ano, em que há períodos marcados de excesso e outros de escassez de pastagens, o que acarreta em dificuldades para os pecuaristas (GEREI, 2018). Os efeitos sazonais das pastagens levam a ineficiências do processo produtivo e a uma inconstância no preço dos animais de abate, reposições, valor final do leite, dentre outros (NOVAES, 2004).

Uma das alternativas de alimentação é o fornecimento de silagem para suprir a demanda de alimentos volumosos, principalmente em períodos de escassez, e manter os animais com um escore corporal desejável e uma produção menos instável (LEHMEN, 2014). A silagem é um alimento produzido por meio de fermentação anaeróbica em que bactérias acidificam o material e, ao prepará-la de forma correta, apresenta características nutricionais semelhantes ao material que lhe deu origem (NOVAES, 2004).

É muito importante que as propriedades possuam silagem de boa qualidade, pois é considerada uma das melhores alternativas de reserva de alimento para períodos de estiagem e que auxilia no manejo das pastagens com a utilização do excedente de forragem e no balanço nutricional das dietas (COWAN, 2000).

Dentre as plantas que podem ser ensiladas destaca-se o milho, devido às suas boas características de fermentação, produção de massa verde, teor de matéria seca e boa aceitação pelos animais (CAETANO, 2001). Outras culturas também podem ser ensiladas como sorgo, cana-de-açúcar (CÂNDIDO, 2020), capim elefante (OLIVEIRA et al., 2011), girassol (REGO et al., 2010) e mandioca (OLIVEIRA et al., 2011). O fornecimento de mandioca para os animais pode ser uma boa alternativa, por ser um alimento popular e muito consumido pela população, uma planta rústica e adaptável às condições adversas de solo e clima, além de ter múltiplos usos e de fácil cultivo (SOUZA, 2018). O cultivo da mandioca na propriedade pode ser viável por ser uma cultura de baixo custo de produção e uma boa alternativa para incrementar a qualidade da silagem e nutrição de bovinos.

A silagem é um alimento conservado em que a maioria dos pecuaristas tem interesse em produzir devido à qualidade final do produto, facilidade de cultivo da planta a ser ensilada, rendimento, aceitação pelos bovinos e possibilidade de mecanização (VALENTE, 1992). Existem possibilidades de acréscimo de aditivos e ingredientes no processo de ensilagem, que é comumente feita pela planta do milho, com a finalidade de aumentar a qualidade do produto final, desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar, por meio de parâmetros laboratoriais, a qualidade da silagem

de milho acrescida de diferentes níveis de mandioca *in natura* triturada, em dois tempos de armazenamento, aos 30 e 60 dias.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Ensilagem de milho

A silagem é um alimento conservado produzido por um processo de fermentação. Geralmente o material que é ensilado é picado, compactado e selado em uma estrutura chamada silo, para que o material permaneça na ausência de oxigênio, o que promove a fermentação e que mantém o valor nutricional do alimento (PEREIRA, 2001).

A ensilagem deve ser planejada com antecedência para minimizar problemas no processo de produção, que vai desde o cultivo até a colheita, transporte, armazenamento e distribuição, o qual requer investimentos em instalações e maquinários (BERNARDES, 2005). O processo de ensilagem é relativamente de fácil implementação na propriedade e é uma ótima alternativa para os produtores em termos de quantidade a ser produzida e do maquinário que é necessário (CÂNDIDO, 2020).

O estágio de maturação das plantas desempenha um papel fundamental na produção de silagens de alta qualidade, assim, recomenda-se que a ensilagem seja realizada em até 48 horas. A conservação de forrageiras, desde o momento do corte, mantém o valor nutritivo do alimento que será fornecido aos animais (CÂNDIDO, 2020). Os teores de matéria seca (MS) devem ser adequados para a silagem de milho e a forrageira deve ser ensilada quando apresentar grãos de textura pastosa, ponto de pamonha à farináceo duro, e apresentar entre 30% e 35% de MS (CRUZ, 2001). À medida que a maturação da planta avança, há maior produção de MS, o que leva a um aumento de hemicelulose, celulose e lignina e uma diminuição do conteúdo celular que são os carboidratos e proteínas, comprometendo o material que será ensilado (VAN SOEST, 1994).

Com o envelhecimento da planta há diminuição da relação folha/colmo, modificando sua estrutura, e plantas mais velhas possuem menos nutrientes que serão aproveitados pelos animais (CÂNDIDO, 2020), pois a digestibilidade da porção estrutural diminui com o avanço da maturação (CRUZ, 2001). Além dos fatores nutricionais prejudicados pela maturidade da planta, a silagem de milho feita com MS acima de 35% dificulta o processo de compactação, o que aumenta a quantidade de ar no silo e facilita o aumento de bactérias aeróbicas não desejáveis para a fermentação (CRUZ, 2008).

O corte da planta do milho de forma manual, geralmente, é realizado por meio de foice, facão ou quaisquer outros objetos cortantes de fácil manipulação, contudo, o corte mecânico é o

mais usado e deve ser feito com a ensiladeira, que pode ou não possuir dispositivo para trituração da planta, e, também, pode ser feito através de tração animal ou roçadeiras costais (CÂNDIDO, 2020).

Para o milho, a altura de corte varia entre 15 e 20 cm do solo, contudo, com 30 a 50 cm pode aumentar o valor nutricional da silagem e da digestibilidade, pois a maior porcentagem de xilema e potássio está no terço inferior da planta. Porém, quanto maior a altura do corte, menor o volume colhido por hectare (PEREIRA, 2015). A ensilagem antecipada também pode levar a problemas relacionados à qualidade da silagem, podendo interferir tanto no percentual de MS quanto na porcentagem de grãos de milho presentes no produto final (GEREI, 2018).

A partícula de silagem deve ser picada entre 1,0 e 2,0 cm, para facilitar a compactação, a retirada e a distribuição do alimento para os animais. O tamanho da partícula influencia na mastigação dos animais, ruminação e, também, aumenta o aproveitamento dos nutrientes quando o alimento é degradado no rúmen (EVANGELISTA, 2002). O efeito positivo da redução do tamanho das partículas no processo de fermentação é, geralmente, observado em forragens com maior teor de MS. A redução do tamanho dos fragmentos de forragem pode ser uma alternativa para minimizar a produção de ácido butírico na fermentação, pois promove maior compactação e maior contato do substrato com as bactérias fermentadoras, o que resulta em maior produção de lactato e o abaixamento rápido do pH (MAYNE, 1999).

A redução do tamanho da partícula da silagem também diminui a proporção de grãos inteiros, fator importante para a digestibilidade dos animais, contudo, é preciso acompanhar o processo da ensilagem, pois grãos de tamanho inferior a 5 mm, podem causar uma diminuição na digestibilidade da fibra e problemas metabólicos. Ao contrário, muitos grãos inteiros na silagem, podem ser excretados pelos animais em grandes quantidades nas fezes, indicando redução do aproveitamento do amido a partir dos grãos (CRUZ, 2001).

2.1.1 Compactação e vedação

A compactação deve ser realizada de forma vigorosa, rápida e contínua para retirar ao máximo o oxigênio da massa de silagem e estimular a proliferação de bactérias ácido-láticas que promovem de forma mais eficaz a redução do pH e, também, reduz a respiração da planta, fator que faz gerar perdas de carboidratos solúveis. Da mesma forma, a vedação do silo deve ser rápida e bem executada para manter as bactérias anaeróbias viáveis. A vedação tardia do silo aumenta o tempo de permanência de oxigênio no material e reduz a degradação de carboidratos pelas bactérias láticas, alterando negativamente a fermentação anaeróbica, o que, conseqüentemente,

diminui, no alimento, o teor de carboidratos degradados disponíveis para o aproveitamento animal (MUCK, 1988).

A velocidade de enchimento e a densidade da forragem com o fechamento do silo determinam a quantidade de oxigênio residual na silagem, que afetam a qualidade final do produto e as perdas durante o processo de fermentação. Os fatores que afetam a densidade da silagem acumulada em um silo trincheira e de superfície são os teores de MS da alimentação, tamanho das partículas, altura da camada distribuída no silo durante o processo de enchimento, peso do veículo que está compactando o material e seu efeito na pressão e tempo de compactação e altura do silo (BERNARDES, 2005).

Uma silagem de alta qualidade deve manter sua temperatura entre 20 e 30°C, pois apresentando a temperatura neste intervalo é a condição ideal de crescimento para as bactérias que fazem a fermentação ácido-láctica. O empilhamento da forragem picada por um longo tempo ao ar livre ou em um veículo de transporte, como 8 a 12h, irá atrasar o decréscimo do valor do pH da silagem dentro do silo e atividade microbiana, o que pode causar o superaquecimento e a reação de Maillard no material, tornando um alimento com alterações indesejáveis para os animais, principalmente com relação ao aproveitamento de proteína bruta (MUCK, 1998; MCDONALD, 1991).

De acordo com Cândido (2020), silos tipo trincheira (Figura 1), devem ser compactados até atingir a borda superior do silo ou com altura máxima não ultrapassando 5 a 10 cm. Recomenda-se que, quando o material compactado ultrapassar a borda superior do silo, seja compactado de forma curva, concentrando o material no alto do centro e mais baixo nas bordas, para que a água possa fluir para o lado com maior facilidade. Silagem compactada corretamente e o silo fechado de forma rápida, aumentam as condições anaeróbias fazendo com que a qualidade do produto final seja semelhante à da forrageira de origem.



Fonte: DEMARCHI, 2002

Figura 1. Silo tipo trincheira revestido por alvenaria

A qualidade da silagem depende da concentração de carboidratos estruturais e não estruturais e da relação entre eles (SENGER et al., 2005). A perda de carboidratos, proteínas e minerais no material ensilado é causada pela água residual produzida pela silagem a partir de matéria-prima com alto teor de umidade, e o volume deste fluído é afetado pela compactação. O produto altamente compactado com baixo teor de MS, irá fazer com que o escoamento da água retire nutrientes e minerais do material de silagem (SENGER et al., etc., 2005). Segundo Johnson et al., (1999), o principal fator que pode afetar a qualidade da silagem é o ponto de colheita, pois nesta fase, qualquer erro pode fazer com que o investimento seja perdido pela perda de nutrientes.

Em situações em que ocorre a diminuição da produção de ácido láctico, o valor de pH da silagem pode aumentar e levar à multiplicação de bactérias nocivas como *Enterobacter* e *Clostridium* que ocasionam a podridão da silagem (MCDONALD et al., 1991). Assim, para a proteção e conservação da silagem, o silo deve ser revestido e a cobertura de lona é a mais utilizada, 4,63% são revestidos com tijolos e muitos dos produtores não revestem o silo, indicando a falta de compreensão dos benefícios do revestimento de silo (VILELA, 1998).

A principal função da lona é evitar que o ar entre na silagem e, por isso, devem ser impermeáveis ao oxigênio e de espessura mínima de 200 microns. Existem no mercado pelo menos três tipos de lonas, pretas, amarelas e dupla face, sendo uma branca e outra preta. A lona impermeável dupla face é mais cara, porém, protege a silagem de forma mais eficaz. Qualquer lona preta vai aquecer ao sol, portanto, é mais provável que se rompa, assim sua permeabilidade ao ar será aumentada, tornando-se necessário cobrir com terra ou areia, para evitar grande exposição ao sol (RESENDE, 2017).

A lona dupla face facilita a cobertura e, quando em uso, a face branca deve estar sempre do lado de fora do silo, pois reflete muita radiação solar e não é aquecido como a lona preta. Desta forma, são colocados pneus velhos, pedaços de madeira e sacos de areia ou outro objeto para impedir de voar (RESENDE, 2017).

2.1.2 Fermentação

A fermentação de um material ensilado é afetada pela qualidade da planta, pelas condições de operação durante e após a ensilagem e pela presença dos micro-organismos presentes na massa ensilada, classificados como ideais e indesejáveis (CRUZ, 2001). Os micro-organismos ideais são responsáveis pela produção de ácido láctico, enquanto os indesejáveis são responsáveis pela degradação anaeróbia ou aeróbia, pois, além de afetar a qualidade da silagem, muitos podem afetar negativamente a saúde animal e a qualidade do leite (CRUZ, 2001). Após armazenar os materiais

frescos, compactar e selar para retirar o ar, o processo de ensilagem pode ser dividido em fases (WEINBERG, 1996; CÂNDIDO, 2020).

A primeira fase, também chamada de aeróbica, é de curta duração e o oxigênio presente na silagem é rapidamente consumido pela atividade de micro-organismos aeróbios exclusivos ou facultativos, leveduras e enterobactérias. O pH é mantido dentro da faixa normal, entre 6,5 e 6,0, e enzimas de diferentes plantas como proteases e carboidratos, realizam atividades importantes como processos de degradação (CÂNDIDO, 2020). A fase aeróbia não é desejável, mas é necessária durante o processo de ensilagem, e é preciso minimizá-la ao máximo, assim, o material a ser ensilado deve ser colhido o mais rápido possível, triturado, compactado e o silo vedado (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2014). Quanto maior o tempo de ensilagem, maior vai ser a perda de MS na forma de carboidratos ricos em energia, que farão falta para bactérias produzirem ácido láctico e os animais usarem os carboidratos como energia (NASCIMENTO, 2013).

A ação prolongada da fase aeróbica promove uma produção excessiva de calor que pode comprometer a integridade e disponibilidade da proteína da forragem. Acima de 49°C, a proteína pode reagir com carboidratos vegetais, tornar-se parte da fibra em detergentes ácidos (FDA) e tornar-se indigesta (reação de Maillard) (NASCIMENTO, 2013). Após o fechamento do silo, o oxigênio residual será utilizado para a respiração celular da massa ensilada até seu esgotamento, iniciando-se a fase anaeróbia (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2014).

A fase anaeróbica, também chamada de fase de fermentação, inicia-se com o consumo de oxigênio da silagem, para que a atividade e a população de bactérias aeróbias sejam reduzidas a zero. Esta fase tem duração de 24 a 72 horas, em que se formam ácido acético, etanol, ácido láctico e dióxido de carbono. Com o acúmulo de ácidos orgânicos, principalmente ácido acético, o valor do pH do meio abaixa e o número de bactérias é alterado. Desde então, as bactérias homofermentativas mais eficazes dominam a produção de ácido láctico, o que faz com que o pH abaixe mais rapidamente. O tempo de fermentação geralmente leva de 10 a 14 dias, dependendo do teor de carboidratos solúveis, da capacidade tampão e do teor de umidade da forragem (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2014).

Com a fermentação, a atividade de bactérias produtoras de ácido láctico aumenta e prevalecerá no silo e com a produção de outros ácidos, o pH diminui ficando de 3,8 a 5,0 (CÂNDIDO, 2020), e ainda, quanto mais rápido o término desta fase, melhor será o valor nutricional da silagem (CRUZ, 2001).

A silagem, então, entra na fase de estabilização, em que o material que está fermentando mantém-se dentro do silo em um ambiente livre de oxigênio, sem alterações, e a maioria dos micro-organismos produzidos na fase anaeróbica diminui lentamente (NASCIMENTO, 2013). Com o abaixamento do pH e diminuição do número de bactérias, o processo de fermentação é

interrompido e a estabilidade continua até a abertura do silo. Neste ponto, apenas as bactérias produtoras de ácido láctico mantêm-se ativas e em atividade reduzida (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2014).

O tempo de estabilização do processo de fermentação é de 21 a 27 dias, com a silagem de pH 4,2 e pronta para o consumo. Com este tempo, possíveis mofos podem surgir com partes escuras do material e com odor semelhante ao de álcool, devido à fermentação com produção de ácido butírico (NASCIMENTO, 2013). Um indicativo da boa qualidade da silagem é a presença do ácido láctico, responsável por 60% do ácido orgânico produzido, fazendo com que o material quase não apresente cheiro. O odor de vinagre na silagem indica problema de fermentação devido à presença de ácido acético (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2014).

O material fermentado, ainda, pode entrar na fase de deterioração aeróbica em que, após a abertura do silo, há exposição da silagem ao ar em que se inicia o processo de degradação dos ácidos orgânicos e aumento do pH. Há uma ação de leveduras e bactérias produtoras de ácido acético que se proliferam devido à presença de oxigênio, e um aumento da temperatura propiciando um ambiente favorável à presença de micro-organismos que deterioram a silagem. Quase toda silagem exposta ao ar sofre deterioração e a taxa dependerá da concentração e da atividade dos micro-organismos presentes (CÂNDIDO, 2020).

O silo deve ser aberto após 30 dias de vedação com aproveitamento integral do material por meio de cortes diários (CÂNDIDO, 2020), e uso de no mínimo 20 cm de espessura todos os dias. Com as retiradas da silagem do silo, a área não deve permanecer exposta por muito tempo devido à oxidação e perdas de qualidade do alimento (CRUZ, 2001). A desensilagem deve ser feita com pá mecânica ou enxada, no sentido de cima para baixo para evitar desmoronamentos, e após cada corte, a lona deve ser colocada novamente na abertura do silo e vedada por um objeto para evitar que a lona suba e a silagem fique exposta ao ar (CÂNDIDO, 2020).

2.1.3 Perdas no processo de ensilagem

Algumas perdas de material ensilado acabam ocorrendo após o corte. Devido à atividade respiratória residual da planta, por exemplo, ocorrem perdas rápidas de alguns nutrientes, em geral de 1 a 2% do material ensilado. A completa ausência de ar é outro fator importante que diminui perdas, pois a presença de ar estende o tempo de respiração e faz com que o teor de carboidratos solúveis seja reduzido, aumente a perda de nutrientes e reduza o teor de ácido láctico no produto final (PEREIRA et al., 2015).

O teor de umidade do material compactado também deve ser considerado para minimizar a perda e tem grande influência na reação química que ocorre durante o armazenamento. Materiais

com muita umidade ocasionam perdas devido aos efluentes, levando à lixiviação de nutrientes, a qual contribui para uma fermentação pobre, sendo que perdas por efluentes devem ficar entre 5 a 7% no máximo (PEREIRA et al., 2015). A fermentação que é dependente do ambiente do silo, do teor de MS da planta e da adaptabilidade da cultura ao processo de preservação, são fatores de perdas evitáveis que podem chegar a 5% (PEREIRA et al., 2015).

Durante o processo de ensilagem, também ocorrem perdas por degradação aeróbia que podem danificar até 15% do material da silagem. Este tipo de perda ocorre devido ao tempo maior utilizado para o enchimento, descarregamento da forragem, densidade da silagem e vedação no processo de estocagem (PEREIRA et al., 2015). Uma deterioração aeróbia durante o processo de ensilagem pode chegar a 10% pela falta de cuidado com o enchimento do silo (PEREIRA et al., 2015), contudo, pode ser prevenida.

2.2 Silagem de mandioca

A mandioca desempenha um papel central na produção agrícola, tanto no cenário brasileiro quanto mundial, sendo não apenas fonte de carboidratos para consumo humano e animal, e sua atividade, uma grande geradora de empregos e renda, segundo Cardoso (2003). O Brasil é o quarto maior produtor mundial de mandioca ficando atrás da Nigéria, Tailândia e Indonésia (MORETO et al., 2018). A maior parte do cultivo da mandioca no Brasil vem da agricultura familiar e os produtores usam pequenas áreas para cultivá-la. A mandioca é classificada como uma cultura perene, com ciclo variando entre 9 a 12 meses em áreas de alta temperatura, e até 24 meses em áreas de clima frio e seco (PERSARINI, 2019). Para a colheita, a mandioca não tem período específico, podendo ser colhida de acordo com a necessidade do produtor (SOUZA et al., 2018). A cultura da mandioca apresenta produtividade baixa, porém, seu potencial produtivo pode variar de 25 a 60 t/ha (COCK, 1990).

Uma das utilizações da mandioca é na alimentação animal sob a forma de silagem. A silagem de mandioca é feita por meio das raízes saudáveis, recém-colhidas, limpas e cortadas em pequenos pedaços para facilitar a compactação. Da mesma forma que em outros processos de ensilagem, o enchimento do silo deve ser feito de forma rápida e o material compactado a cada camada de 20 cm para escoamento do ar, pois o processo de fermentação ideal é o realizado sem oxigênio e bem compactado. Após o enchimento e compactação, o silo é vedado hermeticamente com uma lona plástica ou material similar para garantir que o material não tenha contato com ar e água. A fermentação ocorre entre 18 a 21 dias após o armazenamento, em que a fermentação ácida atinge o seu máximo e inicia-se o processo de fermentação anaeróbia, não havendo grande

alteração de valor nutritivo e palatabilidade após o processo (ALMEIDA; FERREIRA FILHO, 2005).

2.3 Avaliações comuns de determinação da qualidade da silagem

2.3.1 Composição bromatológica

A determinação da qualidade nutricional de um alimento é um método, geralmente, laboratorial (BARROCAS et al., 2017). A qualidade nutricional da silagem também deve ser avaliada, principalmente para avaliar a degradabilidade do material e determinar uma dieta balanceada de proteínas, energia e minerais para os animais (MROGINSKI, 2019). Para avaliar o valor nutricional da silagem, a matéria-prima deve ser analisada quimicamente, fresca ou após a abertura do silo (GEREI, 2018). Poucos produtores, cerca de 10% somente, realizam análise laboratorial de material ensilado, o que indica que a maioria não conhece ou não entende os benefícios do planejamento alimentar (PEREIRA, 2013).

Para a realização de análises em laboratório, as amostras do material devem ser coletadas e processadas corretamente, para que o valor nutricional do alimento não seja alterado. Assim, após a abertura do silo, é feita a coleta em vários pontos da superfície exposta (GEREI, 2018), evitando-se limites superiores, inferiores e bordas laterais (MROGINSKI, 2019), para evitar incluir na amostra partes do material degradado. Utiliza-se utensílio limpo para a coleta, e o material é homogeneizado e acondicionado em saco plástico, hermeticamente fechado, congelado para ser preservado e enviado ao laboratório. Geralmente, para silagens são feitas as análises de matéria seca (MS), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), proteína bruta (PB) (CRUZ, 2001), cinzas ou matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) (FONSECA et al., 2002).

A porcentagem de MS é um parâmetro cuja aferição faz a previsão do consumo correto dos principais nutrientes pelo animal e, ainda, pode caracterizar as condições de fermentação do material. A forragem colhida com um teor ótimo de MS pode resultar em uma silagem de alta qualidade, o que minimiza perdas na colheita e no silo (LANES et al., 2006). Também, a partir da porcentagem de MS na silagem, é possível calcular a dieta alimentar, pois o alimento consumido pelo animal geralmente é baseado em quilogramas de MS e no material anidro, isto é, sem água, assim, quanto menor o teor de MS maior a quantidade de nutrientes consumida pelo animal (BACKES et al., 2001). Costa et al., (2017) estabelece que uma silagem de alta qualidade possui de 33% a 35% de MS.

2.3.1.1 Matéria mineral

A matéria mineral (MM) ou teor de cinzas corresponde a todos os minerais contidos na silagem e são os nutrientes não orgânicos. Quando se tem teores maiores de MM na silagem, o teor de energia será menor (PIONEER, 2020). Um menor teor de cinzas indica uma melhor preservação da forragem, pois quando a fermentação é insuficiente, há perda de matéria orgânica, o que aumenta o teor relativo de cinzas na MS (ASHBELL, 1994; EINSFELD, 2016). O teor médio de MM deve estar entre 6 e 9%, e quando superior a 10%, indica possível presença de terra na silagem (MROGINSKI, 2019).

2.3.1.2 Extrato etéreo

O extrato etéreo (EE) é o conteúdo lipídico dos alimentos e é uma substância insolúvel em água, e solúvel em éter, clorofórmio, benzeno e outros solventes orgânicos chamados extratores. Na dieta de ruminantes, o EE não deve ultrapassar 5%, pois altos teores podem ocasionar danos aos micro-organismos do rúmen, levando à redução da digestão das fibras e do consumo de alimento (COSTA, 2017).

2.3.1.2 Proteína Bruta

A proteína é um nutriente extremamente importante para bovinos, e a proteína bruta (PB) deve ser medida na silagem, pois é preciso verificar se há necessidade de suplementação do animal com alimentos concentrados (LANES et al., 2006). A quantidade de PB é encontrada no alimento por meio da multiplicação do conteúdo de nitrogênio por um fator de correção 6,25, pelo fato de que a maior parte do nitrogênio presente nas plantas está envolvida com a proteína. Em média, 16% do peso da proteína refere-se ao nitrogênio ($100/16 = 6,25$) (ALVES et al., 2011) e segundo Mroginski (2019), o valor de PB na silagem de milho deve ser entre 5 a 8%.

2.3.2 Outras determinações laboratoriais

2.3.2.1 Análise sensorial, cor, temperatura, odor, textura

Após a abertura do silo, a camada superior do material é descartada e são analisados no silo, inicialmente, cor, cheiro, temperatura e textura (OLIVEIRA, 1998). É importante que a silagem apresente odor mínimo, cor verde ou amarelo clara, e baixa temperatura após estabilização

(GEREI, 2018), pois cores diferentes, por exemplo, podem significar a presença de bolor ou fermentação inadequada, causada por respiração celular excessiva ou ar e água que penetraram durante a fermentação (OLIVEIRA, 1998). Degradações são muito comuns próximos à vedação, e como algumas lonas comercializadas não apresentam as características indicadas no rótulo, podem ocasionar pouca vedação ou possível infiltração de ar devido à presença de furos na lona (OLIVEIRA, 1998).

A silagem deve estar fria, após abertura do silo, pois quando são observadas altas temperaturas, pode indicar fermentação indesejada. Uma boa silagem apresenta um suave odor de vinagre devido à presença de ácido acético e fraco para ácido láctico. Quando não são percebidos odores, sugere-se que o pH abaixou de forma rápida e o tempo não foi o suficiente para ocorrer a fermentação acética (OLIVEIRA, 1998).

A textura da silagem é outro parâmetro a ser observado, em que o material deve apresentar-se firme, parecido com o material que lhe deu origem, pois texturas pegajosas, semelhantes a lodo ou com aspecto ressecado são indicativos de apodrecimento e presença de fungos (OLIVEIRA, 1998).

2.3.2.2 Fibra detergente neutro, Fibra detergente ácida, Nutrientes digestíveis totais, Lignina, Carboidratos solúveis

Determinações de fibras nos alimentos para ruminantes são muito importantes, pois implica na ingestão, degradação e aproveitamento pelo animal. Quanto maior o valor de fibra detergente neutro (FDN) no alimento, menor o consumo pelo animal, por ser uma fração composta de celulose, hemicelulose e lignina. Normalmente, o valor de FDN na MS deve estar entre 40 e 50%, e valores superiores indicam que a quantidade de grãos na massa ensilada é menor, possuindo menor conteúdo de energia (MROGINSKI, 2019).

A fibra detergente ácida (FDA) é composta por celulose e lignina, que são frações que tem pouca ou nenhuma digestão pelos bovinos. O valor ideal de FDA presente no alimento é até 30%, pois é quantidade de fibra indigerível que será ingerido pelo animal, pois vai conter uma grande proporção de lignina. A FDA é um indicador da digestibilidade e de valor energético da silagem, e quanto menor a FDA, maior será o valor energético da silagem (SILVA e QUEIROZ, 2002).

Os nutrientes digestíveis totais (NDT), é um parâmetro que informa a digestibilidade dos nutrientes e é a forma primária de determinação do valor energético dos alimentos (MELO et al., 2003). Costa (2017) estabelece que silagens de alta qualidade devem conter de 60 a 75% de NDT.

A quantidade de carboidratos solúveis da planta reflete diretamente na formação dos ácidos orgânicos. Estes compostos conservam a silagem e são produzidos pela fermentação dos açúcares

solúveis (CRUZ et al., 2001). Os principais carboidratos solúveis na forragem, responsáveis pela boa fermentação são glicose, frutose, galactose e sacarose (ZAGO e POZAR, 1991). A recomendação mínima para que haja uma boa fermentação do material ensilado é um teor entre 6 e 12% de carboidratos solúveis na MS. Silagens produzidas com forragem contendo MS acima de 35% podem conter baixo teor de carboidratos solúveis no material, o que reduz a fermentação e aumenta a instabilidade após a abertura do silo, obtendo-se uma silagem de baixa qualidade (CRUZ et al., 2001).

A lignina é um componente da parede celular das plantas e desempenha um papel importante, pois participa de processos como o transporte de água, nutrientes e metabólitos, além de proteger os tecidos do ataque de patógenos e auxiliar na resistência mecânica dos vegetais (FENGEL; WEGENER, 1984). A lignina precisa ter seu uso limitado como nutriente para herbívoros por ser pouco digestível, pois age como barreira mecânica aos micro-organismos ruminais (MEDEIROS, 2015). O conteúdo de lignina dos alimentos para ruminantes deve variar de 4 até 20% da MS, assim, plantas mais fibrosas ou com maior maturidade (GOES et al., 2010) tem um menor aproveitamento pelo animal.

2.3.2.3 Potencial hidrogeniônico

O potencial hidrogeniônico (pH) é um parâmetro químico, muito utilizado nos laboratórios e indicativo dos ácidos produzidos em uma fermentação. Quanto menor o valor de pH, indica maior acidez da silagem, o que torna um bom indicador da atividade microbiana e do processo de fermentação do material ensilado. Porém, deve-se ter atenção à quantidade de MS da silagem, pois um aumento do teor de MS faz aumentar o valor do pH, tornando o processo incerto (CRUZ, 2000). O pH baixo de alimentos contribui, inclusive, no aumento da vida útil dos alimentos, e fornece mudanças sensoriais ideais (GAVA, 2008).

2.3.2.4 Amido

As fontes de amido mais comumente utilizadas na alimentação animal são de cereais como aveia, trigo, sorgo e do milho que sempre teve destaque, não só devido pelo valor nutritivo, mas pela sua tradição em cultivo, principalmente na região Sudeste. Na maioria dos grãos, o amido é o nutriente que corresponde de 60 a 72% da MS e constitui a principal fonte de energia para a maioria dos rebanhos bovinos (SCOTON, 2003). Para elevar o teor de energia das dietas de ruminantes, geralmente aumenta-se as fontes de amido, o que pode elevar o desempenho animal (MEDEIROS, 2015).

Devido ao comportamento atípico de alta no preço do milho nos últimos anos (TORESAN, 2021), os pecuaristas tem buscado outras fontes de energia alternativas para seus rebanhos o preço do milho continua com comportamento atípico de alta, substituindo, por exemplo, o milho por raízes, tubérculos e outros subprodutos do agronegócio (SCOTON, 2003). A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) é uma boa alternativa para ser acrescentada como ingrediente na nutrição animal por ter alto teor de amido, cerca de 72 a 91% de amido na matéria seca (ZEOULA, 2002). Também, a raiz da mandioca sem a casca possui alta digestibilidade devido aos grânulos de amido não serem revestidos por cutículas, fazendo com que os animais tenham um grande aproveitamento deste alimento (SILVEIRA, 2002).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Sítio Ponte do Açude, localizado no distrito de Córrego do Ouro, município de Campos Gerais, MG, no período de fevereiro a maio de 2021. Foram coletadas amostras de silagem de milho, que foi produzida na própria propriedade na mesma época, e, também, foram utilizadas raízes de mandioca *in natura* triturada cultivada na mesma propriedade. As raízes de mandioca foram colhidas, lavadas para a retirada do excesso de terra, expostas ao sol para diminuição do excesso de umidade e imediatamente moídas em um triturador elétrico. A mandioca triturada foi misturada à silagem de milho contendo partículas de aproximadamente 1 a 2 cm de comprimento (Figura 2).



Figura 2. Preparo dos materiais utilizados neste trabalho e ensilagem experimental. (a) Picadeira utilizada no corte do milho; (b) Moagem das raízes de mandioca; (c) Raízes de mandioca *in natura* triturada adicionada à silagem de milho; (d) Compactação do material misturado em silos experimentais de tubos de PVC; (e) Vedação dos silos.

Para realização do experimento, silos experimentais foram construídos utilizando-se tubos PVC com 10 cm de diâmetro e 60 cm de comprimento. Uma mistura foi feita nas devidas proporções de silagem e raízes de mandioca triturada, conforme os tratamentos a seguir: tratamento 1 – silagem de milho sem acréscimo de mandioca (controle); tratamento 2 - silagem de

milho (85%) com acréscimo de mandioca (15%); tratamento 3 - silagem de milho (70%) com acréscimo de mandioca (30%). Todos os tratamentos foram confeccionados em duplicata.

Foi feita a compactação do material dentro dos tubos por meio de um soquete de madeira (Figura 2d), a cada camada de 10 cm de espessura, até atingir uma compactação aproximada de $4,7 \text{ kg/cm}^3/\text{silo}$. Os tubos foram fechados hermeticamente e bem vedados para evitar a entrada de ar. Uma extremidade do silo foi fechada com tampa própria à vedação e a outra, com duas lonas plásticas, e lacradas com fita plástica (Figura 2e). Após a ensilagem, os silos experimentais foram guardados em pé em local coberto, sob temperatura ambiente (Figura 3a). Após fermentação, os silos foram abertos para coleta de material, respectivamente, em dois tempos, aos 30 e 60 dias, para a realização de análises laboratoriais.

Foram coletadas 400g de amostras (Figura 3b), retiradas de cada silo experimental, embrulhadas em papel filme perfurado com um palito de madeira e pressionadas para máxima retirada de ar, vedadas e alocadas em sacos plásticos (Figura 3c). Todas as amostras foram mantidas à temperatura ambiente e enviadas para o laboratório (Figura 3d) em que foram avaliados diferentes parâmetros químicos (Tabela 1) através do método de espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS). As amostras foram identificadas segundo orientações do laboratório, em formulário e analisadas pelo Laboratório 3rlab®, situado no município de Lavras, MG.

Os resultados das análises laboratoriais foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk para verificação da normalidade dos erros, à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o programa estatístico PAST®



Fonte: O próprio autor.

Figura 4. Ensilagem experimental e armazenamento. (a) Tubos de PVC com os respectivos tratamentos e material ensilado; (b) Pesagem de amostra coletada após abertura do silo; (c) Embalagem de amostras conforme instruções do Laboratório; (d) Envio de amostras para o laboratório para posteriores análises.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises laboratoriais completas estão apresentados na Tabela 1 e serão discutidos sobre os principais parâmetros analisados.

Tabela 1. Composição bromatológica das amostras de silagem de milho (controle) (T1) e das misturas de silagem de milho (SM) e raiz de mandioca triturada (M) nas proporções 85%SM +15%M (T2) e 70%SM+30%M (T3), aos 30 e 60 dias de fermentação, analisadas pelo Laboratório 3rlab®, Lavras, MG.

PARÂMETROS	CONTROLE		85%SM +15%M		70%SM+30%M	
	30 DIAS	60 DIAS	30 DIAS	60 DIAS	30 DIAS	60 DIAS
UMIDADE (%)	66,6	67,4	66,0	63,9	52,1	65,7
MATÉRIA SECA (%)	33,6	32,6	34,0	36,1	47,9	34,3
FDA %MS	27,7	27,8	23,1	20,0	21,9	21,2
FDN %MS	45,6	45,6	39,1	34,0	35,0	35,7
FDNMO %MS	44,5	44,2	38,2	33,5	34,1	34,6
LIGNINA %MS	5,0	5,1	4,2	3,9	4,3	4,1
AMIDO	24,2	24,8	33,4	41,6	41,0	39,2
PROTEÍNA BRUTA %MS	6,9	6,6	6,1	5,7	5,5	5,4
PROTEÍNA SOLÚVEL %PB	63,4	64,2	60,6	56,3	58,3	59,2
PROTEÍNA DISPONÍVEL %MS	6,4	6,1	5,7	5,3	5,2	5,0
PIDA %MS	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4
PIDA %PB	7,2	8,0	7,0	6,8	6,1	7,5
PIDN %MS	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7
EXTRATOE TERE O %MS	2,4	2,2	2,0	1,8	1,8	1,6
CINZAS %MS	3,6	3,9	3,0	3,0	2,9	3,2
CÁLCIO %MS	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2
FÓSFORO %MS	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
MAGNÉSIO %MS	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
POTÁSSIO %MS	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9
ENXOFRE	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
PH	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	3,9
ÁCIDOLÁCTICO	4,2	4,5	4,5	4,4	4,2	5,0
ÁCIDOACÉTICO %MS	1,1	1,5	0,5	0,4	0,1	0,3
ÁCIDOBUTÍRICO %MS	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
PERDASPORFERM. %MS	2,4	2,6	2,2	1,8	0,9	1,9
DFDNT 30H %FDN	50,0	50,8	49,2	49,6	45,4	49,0
DFDNT 48H %FDN	59,8	58,7	56,2	54,2	52,4	53,0
DFDNT 120H %FDN	64,7	63,4	67,1	56,9	58,3	56,3
DFDNT 240H %FDN	67,6	67,0	70,5	70,4	66,2	69,2
DFDNTMO30H %FDNMO	53,6	54,2	52,9	53,0	49,2	52,5
DFDNTMO120H %FDNMO	67,6	66,2	69,7	60,0	61,5	59,4
DFDNTMO240H %FDNMO	70,3	69,6	74,5	72,8	68,9	71,7
DFDNP 24H %FDN	25,3	26,5	25,0	24,6	19,1	25,0
DFDNP 30H %FDN	30,2	31,3	30,9	32,2	27,3	31,8
DFDNP 48H %FDN	47,3	48,5	46,3	46,4	42,7	46,4
UFDN 30H %MS	22,8	22,4	19,9	17,2	19,1	18,2
UFDN 240H %MS	14,8	15,0	15,6	10,1	11,8	11,0
DIG. IN SITU DO AMIDO 0H %AM	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1,6	3,4	1,2
DIG. IN SITU DO AMIDO 3H %AM	58,1	65,6	59,9	64,7	59,0	68,3
DIG. IN SITU DO AMIDO 7H %AM	72,8	74,5	75,5	76,3	77,9	78,4
DIG. IN SITU DO AMIDO 16H %AM	86,3	89,0	90,5	49,0	96,0	96,0
KD DOFDN %/H	4,7	4,9	4,3	4,3	4,3	4,4
KD DO AMIDO %/H	18,2	18,9	19,7	20,0	21,2	21,3
TINDFD %FDN	40,6	41,5	40,1	40,2	37,3	40,1
CNF %MS	42,4	42,6	50,6	56,3	55,6	54,9
NDT %MS (GADODE LEITE)	64,0	64,2	67,8	72,1	67,6	70,1
MILK 2006 L/T ON	1385,1	1390,4	1532,2	1700,0	1533,4	1620,8
ELLMCAL/KG	1,4	1,4	1,5	1,6	1,5	1,5

O percentual da MS contido na amostra é um primeiro parâmetro que deve ser conhecido, pois é com base neste dado que se estabelece o cálculo da dieta e o consumo do alimento pelos animais. Observa-se que a mistura em que foi incluída mandioca em maior proporção na silagem de milho apresentou uma maior porcentagem de MS (47,9%) aos 30 dias, quando comparado com os outros tratamentos. De acordo com Deminicis et al. (2009), a faixa ideal de MS para silagem está entre 30 a 37%, o que garante um alimento de qualidade. Nas condições deste experimento, os 30 dias podem ter propiciado diferentes transformações bioquímicas do material ensilado, em que a mandioca, por ser um alimento altamente fermentescível, favoreceu o aumento de MS. Aos 60 dias, o processo de fermentação se estabiliza, o que pode ter interrompido as transformações. Ao contrário, aos 30 dias, verificou-se um menor teor de umidade (52,1%) na amostra de maior proporção de mandioca adicionada, inferindo-se que, com este tempo de fermentação, os conteúdos líquidos da mandioca podem ter sido utilizados no processo.

Quanto à PB, para os valores encontrados por Mroginski (2019) e Pôssas (2013), em que avaliaram o valor nutritivo de silagens de milho, obtiveram uma variação de 5,18 a 8,06% de PB, sendo que Giombelli (2018) encontrou um valor mais baixo, 7,5%, e Oliveira et al. (2010) encontrou 6,1%. Os resultados encontrados neste estudo estão próximos aos dados de teores de PB reportados na literatura. Contudo, a raiz da mandioca é um alimento energético e apresenta quantidades mínimas de proteínas, vitaminas, minerais, fibra, e é pobre em aminoácidos essenciais, como metionina e triptofano, segundo (ALMEIDA; FERREIRA FILHO, 2005), e a adição de mandioca na silagem pode ter diminuído discretamente os valores de PB deste experimento, com uma variação de médias de 6,7% (T1), 5,9% (T2) e 5,5% (T3)

O pH é um bom indicador de atividade microbiana ou da extensão da fermentação que ocorre dentro do silo. Neste estudo, a média entre os tratamentos foi de pH 3,8, variando de 3,8 a 3,9, indicando a presença de ácidos no material provenientes da fermentação. Oliveira et al., (2010) e Tomich et al. (2006) relatam que os valores de pH considerados adequados para uma silagem bem conservada deve ser 3,8 a 4,2, e Mroginski (2019) também reporta que silagens de fermentação adequada devem ter pH entre 3,81 e 4,2, e silagens de alta qualidade devem ter pH inferior à 3,8.

A adição de raiz de mandioca triturada na silagem propiciou uma diminuição dos valores médios de FDN (Fibra Detergente Neutro) de 35,9% e FDA (Fibra Detergente Ácido) de 21,5%, quando comparado ao controle, 45,6 e 27,7%, respectivamente.

Na literatura, são relatados valores ideais entre 39,0 e 48,6% de FDN para silagens de milho, segundo Zopollatto e Sarturi (2009), e 26,3% de FDA, de acordo com Novinski, Souza e Schmidt (2013). A FDA está contida na FDN e representa frações de celulose e lignina, e quanto maior o teor de FDA no alimento, menor será a qualidade e a digestibilidade da silagem. Para os

valores de FDN e FDA, encontrados neste trabalho, foi observado uma diminuição destas fibras nas amostras dos tratamentos, indicando que poderá levar à uma melhora na digestibilidade pelos animais ao consumirem a silagem adicionada de mandioca

Para os resultados da fração de lignina determinada separadamente, observou-se uma diminuição dos teores nas amostras em que foram adicionadas diferentes proporções de mandioca com médias entre 30 e 60 dias de 5,0% (T1), 4,1% (T2) e 4,2% (T3), sendo que o controle apresentou valores mais altos, aos 30 e 60 dias (5%), contudo, em experimentos realizados por Pôssas (2013), encontrou valores entre 3,27 e 4,69% de lignina na silagem. A lignina tem a função de dar resistência ao caule, contudo não é uma parte digestível da planta, assim, incluir mandioca na silagem pode também melhorar o aproveitamento do alimento pelo animal devido à diminuição de nutrientes de baixa digestibilidade.

Neste estudo, as porcentagens de Extrato Etéreo (EE) das amostras de silagem foram menores (valor médio de 1,8%), para todas as proporções de mandioca adicionadas, quando comparado ao controle (2,3%). Para Costa (2017), o valor ideal de EE na silagem de milho é 2,5%, podendo variar de 2 a 3%. Giunt (2016) encontrou, em silagens de milho, teores de 2 a 3% de EE na MS, e Moraes et al. (2013) encontrou 1,49% de EE na MS utilizando diferentes híbridos de milho. A fração de EE está relacionada com os lipídeos que estão presentes no alimento e que compõe o teor de óleo proveniente dos ingredientes usados na ensilagem. A cada grama de óleo tem 2,25 vezes mais energia que um grama de carboidrato, como amido ou açúcares, assim, geralmente em silagens de planta inteira os níveis de óleo são normalmente baixos, e a adição de mandioca na silagem não interfere na qualidade total do produto final.

A média de cinzas ou MM variaram de 2,9 a 3,9% da MS, resultados que divergem da literatura, onde Mroginski (2019) cita que o teor de MM deve estar entre 6% e 9%. Os resultados de MM também não são compatíveis com os valores encontrados por Possenti et al., (2005), que encontrou valores de 5,8% em silagens de milho. Entretanto, menor teor de cinzas indica melhor preservação da forragem, pois quando a fermentação é insuficiente, há perda de matéria orgânica, aumentando o teor relativo de cinzas na MS (ASHBELL, 1994; EINSFELD, 2016)

Na Tabela 2 encontram-se os valores de *p* dos principais parâmetros avaliados estatisticamente. As médias dos valores dos parâmetros aferidos das amostras, em que foi feita a adição de raiz de mandioca triturada, quando comparadas ao controle, sem adição de mandioca, verificou-se que aos 30 dias, houve diferença estatística para os teores de FDA, FDN, PB e Cinzas, e não teve diferença para umidade, MS, lignina, amido, extrato etéreo e pH. Diferentemente, aos 60 dias, as diferenças foram para umidade, amido e MS, quando foram comparados com o controle.

A MS é a massa total descontada da umidade e representa a fração do alimento a qual são encontrados todos os nutrientes. A adição de mandioca à silagem aumentou a MS, comparado ao

controle, com o maior tempo de fermentação, propiciando maior qualidade à silagem. Silagens com porcentagem abaixo de 30% de MS geram muitas perdas por efluentes, menor valor nutritivo, menor produção de silagem por área e propiciam fermentações indesejáveis, menor energia e maior o consumo pelo animal. Acima de 40% de MS leva à maior dificuldade na compactação pela desuniformidade de partículas, maior deterioração aeróbica, produção de álcool, atuação de fungos e leveduras e redução na digestibilidade, principalmente do amido, pelo animal (PEREIRA et al., 2015).

Não houve diferença significativa para pH, mesmo com adições de mandioca em diferentes proporções na silagem. Sabe-se que valores de pH, geralmente, aumentam à medida que o teor de MS do material ensilado aumenta (CRUZ, 2000). A mandioca proporciona o aumento da disponibilidade de carboidratos solúveis, favorecendo a fermentação láctica (CÂNDIDO, 2020), mantendo o valor ideal de pH. Assim, mesmo o valor médio do teor de MS ter tido um aumento com a adição de 30% de mandioca na silagem, o pH manteve-se constante, indicando pode ser viável a adição de uma quantidade maior de mandioca a ser ensilada junto com a planta de milho, havendo este produto disponível com fartura na propriedade.

Tabela 2. Comparações estatísticas ($*p<0,05$) entre controle (T1) e as médias entre os tratamentos 85%SM +15%M (T2) e 70%SM+30%M (T3), com 30 dias (A) e 60 dias (B); e comparação das médias entre T1 e T2 e entre os diferentes tempos 30 e 60 dias (C), para os principais parâmetros avaliados.

PARÂMETROS	Valores de <i>p</i>		
	A	B	C
UMIDADE (% MS)	0,3241*	0,0033***	0,2800*
MATÉRIA SECA (%)	0,2526*	0,0033***	0,4391*
FDA (%MS)	0,0164***	0,0008***	NS
FDN (%MS)	0,0084***	0,0050***	NS
LIGNINA	0,0519*	NS	0,01656***
AMIDO	NS	0,0036***	0,03777***
PB (%)	0,0241***	NS	0,02255***
EXTRATO ETÉRO	NS	NS	0,08404*
CINZAS	0,0409***	NS	NS
pH	NS	NS	NS

SM=Silagem de milho; M=Milho; ***= significativo; *= não significativo; NS = não significativo.

Ainda, não foram observadas diferenças significativas ($p>0,05$) para umidade e MS nas misturas de silagem de milho e mandioca ao comparar os tempos de 30 e 60 dias. De acordo com Souza et al. (2018), em que analisaram a qualidade bromatológica da silagem em diferentes tempos de abertura do silo, verificaram que houve, para MS, uma redução de 30,88% para 29,05% após 34 dias de armazenamento, e relatam que o desaparecimento de percentual de MS é devido ao processo fermentativo, pela respiração das células vegetais e metabolismo dos micro-organismos

anaeróbios, durante a ensilagem, em que são responsáveis pelo consumo de açúcares no processo e produção de CO₂ e água do seu metabolismo.

5 CONCLUSÕES

A ensilagem é o método mais adequado para a conservação de alimentos volumosos para manter as características nutricionais e atender de forma adequada as exigências de animais de produção. A qualidade do alimento fornecido aos bovinos é de extrema importância dentro de uma produção zootécnica, desta forma, a composição bromatológica deve ser conhecida periodicamente pelos profissionais e produtores, principalmente, quando há possibilidades de inclusão de alimentos alternativos no material ensilado. Tanto a abertura do silo a partir dos 30 dias quanto a inclusão de raízes de mandioca *in natura* triturada em até 30% na silagem de milho, podem ser viáveis em propriedades que tem condições de fazer o cultivo, a colheita e processo de trituração adequada para aumentar a qualidade do produto final. Outros estudos devem ser realizados para comprovar a eficiência da utilização da mandioca como aditivo na silagem de milho e assim estabelecer seu padrão de qualidade.

REFERÊNCIAS

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

ASHBELL, G. **Basic Principles of Preservation of Forage, by Products and Residues as Silage Or Hay**. Volcani Center, 1994.

ALVES, A.A.; MOREIRA FILHO, M.A.; SILVA, D.C.; AZEVEDO, D.M.M.R. Avaliação de alimentos para ruminantes no nordeste do Brasil. Actas do I Congresso Brasileiro de Nutrição Animal. Passaré, Fortaleza 2011.

BACKES, A.A.; SANCHEZ, L.M.B.; GONÇALVES, M.B.F. Desempenho de novilhos Santa Gertrudis confinados submetidos a dietas com diferentes fontes protéicas e silagem de milho, com ou sem inoculante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n.6, p.2121-2125, 2001.

BARROCAS, G.E.G.; TANURE, J.P.M.; GOMES, R. C. Análises bromatológicas para determinação da qualidade nutricional de forrageiras? Compêndio de POPs. **Embrapa Gado de Corte-Documents (INFOTECA-E)**, 2017.

BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R.; REIS, R. A. Importância do planejamento na produção e uso da silagem. In: **EVANGELISTA, A. R.; AMARAL, P. N. C.; PADOVANI, R. F. (ed.). Forragicultura e pastagens: temas em evidência**. 5. ed. Lavras: UFLA, 2005. p. 121-176.

CAETANO, H. **Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para produção de silagem**. 2001.

CÂNDIDO, M. J. D.; FURTADO, R. N. **Estoque de forragem para a seca: produção e utilização da silagem**. 2020. p. 18-132.

CARDOSO, C. E. L. **Competitividade e inovação tecnológica na cadeia agroindustrial de fécula de mandioca no Brasil**. 188 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2003.

COCK, J. H. **La yuca, nuevo potencial para un cultivo tradicional**. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1990.

COSTA, C. et al. **Guia do Campo Sementes Agroceres Milho & Sorgo: Silagem**. 2017.

COWAN, T. et al. Uso de forragens ensiladas em sistemas de produção animal em larga escala. **PAPÉIS DE PRODUÇÃO E PROTEÇÃO DE PLANTAS DA FAO**, p. 31-40, 2000.

CRUZ, G.M. Interpretação dos resultados de análises bromatológicas de silagens e outros ingredientes para ração. In: **Embrapa Pecuária Sudeste-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: **SEMANA DO ESTUDANTE**, 14., 2000, São Carlos, SP. anais... São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2000. p. 144-156., 2000.

CRUZ, J.C; FILHO. I.A.P. Qualidade da silagem de milho em função do teor de matéria seca na ocasião da colheita. **Circular técnica 112**. Sete Lagoas, p. 4-5, 2008.

CRUZ, J.C. et al. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. **Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas**, v. 1, p. 11-410, 2001.

DEMARCHI, J. J. A. A. Estruturas para armazenamento de silagens, 2002. Disponível em: <https://www.milkpoint.com.br/artigos/producao-de-leite/estruturas-para-armazenamento-de-silagens-parte-22-8188n.aspx>. Acesso em 4 de junho de 2021.

DEMINICIS, B. B. et al. Silagem de milho-Características agronômicas e considerações. **REDVET. Revista electrónica de Veterinaria**, v. 10, n. 2, p. 1-6, 2009.

EINSFELD, Viviann Yndiana. **Milho consorciado ou não com forrageiras tropicais para produção de silagem**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. **Silagens: do cultivo ao silo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2002. 210 p.

FENGEL, D., WEGENER, G. **Wood, chemistry, ultrastructure, reactions**. New York : Waster & Grugter, 1984. 613p.

FONSECA, A. et al. Desempenho de cultivares de milho em relação às características agronômicas, químicas e degradabilidade da silagem. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 49, n. 282, p. 109-122, 2002.

GAVA, A.J.; SILVA, C.A.B.D.; FRIAS, J.R.G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Editora Nobel, 2008. 512.

GEREI, J. C. **Qualidade da silagem de milho na produção de leite no município de Pitanga-PR**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GIOMBELLI, L. C. D. **Monitoramento qualitativo da silagem de milho em função do descarregamento de silos tipo trincheira**. Chapecó, UDESC 2018.

GIUNTI, O. D. **Parâmetros agronômicos e bromatológicos de variedades de milho grão e silagem em sistema orgânico**. Dissertação de Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural. Universidade Federal de São Carlos, 2016.

GOES, R. H. de Tonissi et al. Técnicas laboratoriais na análise de alimentos. **Coleção Cadernos Acadêmicos**, 2010.

JOHNSON, L. et al. Nutritive value of corn silage as affected by maturity and mechanical processing: a contemporary review. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.2813-2825, 1999.

LANES, E. CM et al. Silagem de milho como alimento para o período da estiagem: como produzir e garantir boa qualidade. **CES Revista**, p. 1-14, 2006.

LEHMEN, R. I. et al. Rendimento, valor nutritivo e características fermentativas de silagens de cereais de inverno. **Ciencia rural**, v. 44, n. 7, p. 1180-1185, 2014.

MAYNE, C.S.; BUCHANAN-SMITH, J.G. Manejo pós-colheita da silagem de gramíneas-Efeitos no consumo e valor nutritivo. **Proc. Int. Grassl. Congr., 18th, Winnipeg, ON e Saskatoon, SK. 8-17 de junho de 1997**, 1999.

- McDONALD, P. et al. **The biochemistry of the silage**. Edinburg: J. Wiley and Sons Ltda, 1991.
- MEDEIROS, S. R.; MARINO, C. T. **Carboidratos na nutrição de gado de corte**. Embrapa Gado de Corte-Capítulo em livro científico (ALICE), p.47, 2015.
- MELO, A. A. S. et al. Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação: I. Desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 727-736, 2003.
- MORAES, S. D. et al. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 4, p. 624-634, 2013.
- MORETO, V.B.; APARECIDO, L.E.O.; ROLIM, G.S.; MORAES, J.R.S.C. Agrometeorological models for estimating sweet cassava yield. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.48 n.1, p. 43-51, 2018.
- MROGINSKI, R. A. **Qualidade bromatológica e produção de biomassa de milho silagem em diferentes sucessões culturais de inverno**. UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, Ijuí, 2019.
- MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 11, p. 2992-3002, 1988.
- NASCIMENTO, M.C.O. et al. Armazenamento de forragem para caprinos e ovinos no semiárido do Nordeste. **Agropec. Cient. Semiárido**, v. 9, p. 20-27, 2013.
- NOVAES, L. P.; LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. C. Silagens: oportunidades e pontos críticos. **Embrapa Gado de Leite-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2004.
- NOVINSKI, C. O.; SOUZA, C. M.; SCHMIDT, P. **Caracterização bromatológica das silagens de milho no Brasil**. Centro de Pesquisas em Forragicultura (CPFOR) – Universidade Federal do Paraná, 2013.
- OLIVEIRA, J. S. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. **Embrapa Gado de Leite-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 1998.
- OLIVEIRA, P.S.; OLIVEIRA, J. S. Produção de silagem de milho para suplementação do rebanho leiteiro. **Embrapa Gado de Leite-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2014.
- OLIVEIRA, R. V. et al. Manual de criação de caprinos e ovinos. Coordenação de Paulo Sandoval Júnior. **Revisão técnica de Izabel Maria de Araújo Aragão, Rosângela Soares Matos e Willibaldo Brás Sallum**. Brasília: Codevasf, 2011. 142 p.
- OLIVEIRA, L.B., Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.61-67, 2010.
- PASA, C.; PASA, M. C. Zea mays L. e a produção de massa seca. **Biodiversidade**, v. 14, n. 3, 2015.
- PEREIRA, B. M. **Avaliação da qualidade da silagem de híbridos de milho (*Zea mays*. L.) cultivados no Distrito Federal**. 2013.

PEREIRA, J. R. A.; REIS, R. A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. **Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas**, v. 1, p. 64-86, 2001.

PEREIRA, L. E. T.; DA SILVA BUENO, I. C.; HERLING, V. R. **Tecnologias para conservação de forragens: fenação e ensilagem**. Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) Universidade de São Paulo, Pirassununga. 2015.

PERSARINI, D. **Níveis de desfolha artificial na simulação do dano de Mandarová (*Erinnyis ello L.*) em genótipos de mandioca (*Manihot esculenta crantz*)**. Dissertação de mestrado. Maringá, 2019.

PIONEER. **Silagem de milho: análise bromatológica**. Disponível em:<<http://www.pioneersementes.com.br/blog/191/silagem-de-milho-analise-bromatologica>>. Acesso em 20 de out. 2020.

PÔSSAS, F. P. **Valor nutritivo das silagens de três genótipos de milho em três estádios de maturação**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte, 2013.

POSSENTI, R.A.; FERRARI JR., E.; BUENO, M.S. et al. **Parâmetros bromatológicos e fermentativos das silagens de milho e girassol**, *Ciência Rural*, v.35, n.5, p.1185-1189, 2005.

REGO, M. M. T. et al. **Silagem de Girassol e Sorgo na alimentação de ruminantes. Natal: EMPARN, 34p. (Circuito de tecnologias adaptadas para a agricultura familiar, 7)**, 2010.

RESENDE, H. et al. **Tecnologia e custo da silagem de milho. Embrapa Gado de Leite-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2017.

SCOTON, R. A. **Substituição do milho moído fino por polpa cítrica peletizada e/ou raspa de mandioca na dieta de vacas leiteiras em final de lactação**. 2003. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SENGER, C.C.D. et al., **Composição química e digestibilidade ‘in vitro’ de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação**. Santa Maria, RS, v. 35, n. 6, p. 1394, 2005.

SILVA, J.S.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVEIRA, E. B.; RODRIGUES, U. J. L.; GOMES, A. M.; et al. **Pó de coco como substrato para produção de mudas de tomateiro**. *Horticultura Brasileira*. Brasília, v. 20, n. 2, p. 211-216, junho 2002.

SOUZA, K. O. C. et al. **Competição de cultivares de mandioca tipo mesa (*Manihot esculenta crantz*), cultivadas em dois sistemas de plantio**. UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS, RIO LARGO, AL, 2018.

TOMICH, T.R. et al. **Valor nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão em comparação ao de outros volumosos utilizados no período de baixa disponibilidade das pastagens**. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 6, p. 1249-1252, 2006.

TORESAN, L., PADRÃO, G. A. JUNIOR, R. G., ALVES, J.R. MANDARDO, M. Indicadores de desempenho da agropecuária e do agronegócio de Santa Catarina: 2019-2020. **Boletim Técnico**, n. 198, 2021.

VALENTE, J.O. **Manejo cultural do sorgo para forragem**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, p. 5-7, 1992.

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

VILELA, D.; RESENDE, J.C.; ASSIS, A.G. Custos das perdas que ocorrem durante a produção e utilização de silagem. **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, v. 35, p. 583-584, 1998.

WEINBERG, Z.'G; MUCK, R.E. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 19, n. 1, p. 53-68, 1996.

ZAGO, C.P.; POZAR, G. Época de corte de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) e sua influência sobre a porcentagem de matéria seca e de panícula. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira De Zootecnia**, v. 28, p. 61, 1991.

ZEOULA, L. M. et al. Mandioca e resíduos das farinheiras na alimentação de ruminantes: pH, concentração de N-NH₃ e eficiência microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 3, p. 1582- 1593, 2002.

ZOPOLLATO, M.; SARTURI, J.O. Optimization of the animal production system based on the selection of corn cultivars for silage. **In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 1., São Pedro, 2009. Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2009. p.73-90.

ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J. L. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. spe, p. 170-189, 2009.