



FÁBIO JACOBS DIAS
ROGÉRIO PERIN

GRAZIELA APARECIDA SANTELLO
LUCIANA SOUZA DE AGUIAR E SOUZA

THIAGO CARVALHO DA SILVA
CLÓVES CABREIRA JOBIM

II ANAIS DO SIMPÓSIO PRODUÇÃO, QUALIDADE E SUSTENTABILIDADE DE FORRAGENS CONSERVADAS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL



II PQS FCAO 20
21

MANAUS - AMAZONAS
2021



Copyright © 2021 para os autores

Organizador Fábio Jacobs Dias

Revisão textual e gramatical Resposanbilidade dos respectivos autores

Capa Carlos Adriel Oliveira de Castro

Projeto Gráfico/Diagramação Marcela Costa de Souza

Todos os direitos reservados 2021

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação de direitos autorais (Lei 9.610/98).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Simpósio Produção, Qualidade e Sustentabilidade de Forragens Conservadas na Amazônia Ocidental (2.: 2021: Manuas, AM) II Anais do Simpósio Produção, Qualidade e Sustentabilidade de Forragens Conservadas na Amazônia Ocidental [livro eletrônico] / [organização] Fábio Jacobs Dias...[et al.]. — Manaus, AM: Ed. dos Autores, 2021.

Outros organizadores: Rogério Perin, Graziela Aparecida Santello, Luciana Souza de Aguiar e Souza, Thiago Carvalho da Silva, Clóves Cabreira Jobim. Vários autores.

ISBN 978-65-00-35369-3

1. Alimentos - Conservação 2. Amazônia - Aspectos ambientais 3. Engenharia de produção 4. Grãos - Armazenamento 5. Forragem 6. Processamento de alimentos 7. Sustentabilidade ambiental I. Dias, Fábio Jacobs. II. Perin, Rogério. III. Santello, Graziela Aparecida. IV. Souza, Luciana Souza de Aguiar e. V. Silva, Thiago Carvalho da. VI. Jobim, Clóves Cabreira. VII. Titulo.

21-91823

CDD-630

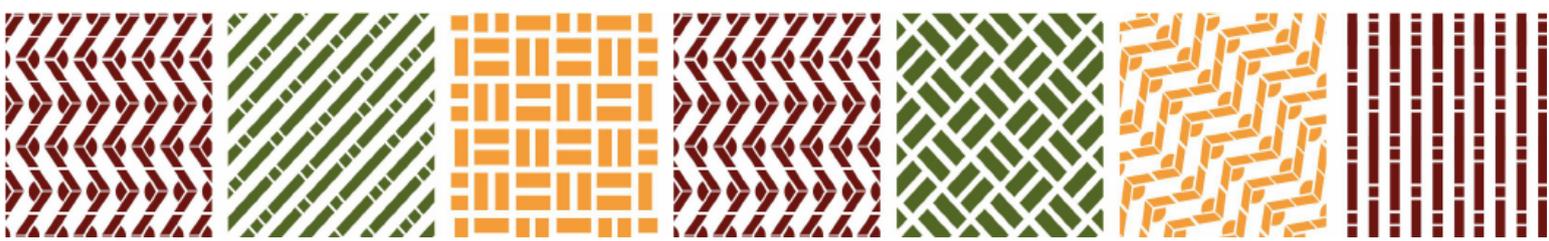
Índices para catálogo sistemático:

1. Alimentos : Agricultura 630

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

APOIO

Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM)

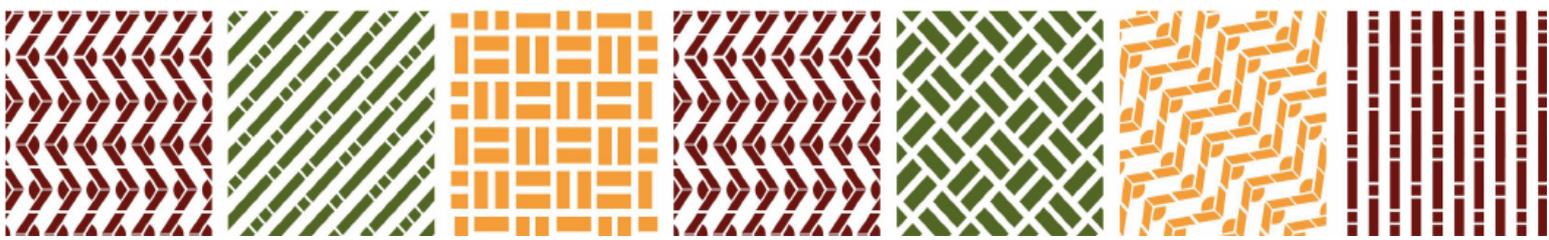


PREFÁCIO

O II Simpósio - **PRODUÇÃO, QUALIDADE E SUSTENTABILIDADE DE FORRAGENS CONSERVADAS NA AMAZÔNIA OCIDENTAL - IIPQSFCOA2021** traz a continuidade do anseio em melhorar a produção animal no Estado. Nestes dois anos que decorreram após a primeira edição PQSFCOA2019, vem ocorrendo volumes significativos de precipitação e as cheias dos rios tem sido maiores e permanecido por mais tempo, o que têm obrigado os pecuaristas manter seus animais mais tempo em áreas de terra firme e pouco nas áreas de várzea. Neste cenário, os desafios para nutrir melhor os ruminantes estão ainda mais dependentes de um planejamento forrageiro mais consistente, onde a conservação de alimentos, forragens ou grãos, pode exercer um papel importante. A ensilagem é um método de conservação que visa preservar os nutrientes existentes na matéria original para guardar volumosos e utilizá-los estrategicamente visando obter produtividade animal e qualidade de seus produtos e derivados.

Neste Anais do II PQSFCOA2021 contêm textos, apresentados na forma de palestras, das mais diversas experiências de ensilagem e utilização de silagens no Brasil, da região sul ao norte do país. Renomados pesquisadores da área tiveram profundo cuidado e respeito a que se propõem a produzir e alimentar ruminantes no que se traduz como fonte proteica na maioria das vezes de qualidade, leite e carne e por vezes com sustentabilidade no aproveitamento de coprodutos agroindustriais.

É uma oportunidade do leitor pecuarista, técnico, profissional, acadêmico e docente do Brasil e da região, de obter conhecimentos e vivências com alguns dos melhores especialistas sobre conservação



de volumosos do país, além de um incentivo aos acadêmicos das ciências agrárias à leitura e à investigação científica.

O ANAIS do II PQSFCAO2021 visa expandir o acesso às tecnologias, aos conhecimentos e às inovações na conservação de forragens/grãos, contribuindo não só com o setor primário, mas com o ensino, a pesquisa e a extensão na Amazônia Ocidental.

Prof. Fábio Jacobs Dias



SUMÁRIO

- 8** DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A PRODUÇÃO DE SILAGENS NA AMAZÔNIA
- 33** SILAGEM DE GRÃOS REIDRATADOS: DA ENSILAGEM AO COCHO
- 62** INDICADORES DE EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE SILAGENS
- 86** CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS EM PEQUENAS PROPRIEDADES LEITEIRAS
- 102** BOAS PRÁTICAS NA ENSILAGEM DE MILHO - DA COLHEITA AO DESCARREGAMENTO
- 114** REALOCAÇÃO DE SILAGENS DE MILHO
- 125** VIABILIDADE DE PRODUÇÃO E USO DE SILAGENS DA BRS CAPIAÇUÇÃO DE ENSILAGEM DE MILHO
- 167** SILAGEM DE GRÃO DE MILHO REIDRATADO COM SORO DE LEITE
- 204** RESUMOS





DESAFIOS E PERSPECTIVAS PARA A PRODUÇÃO DE SILAGENS NA AMAZÔNIA

Aníbal Coutinho do Rêgo^{1*} | Lorena Maués Moraes² |
Deyvid de Menezes Melo³ | Juliana Schuch Pitirini² |
Cristian Faturi¹ | Thiago Carvalho da Silva¹

¹ Docente do Instituto da Saúde e Produção Animal da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Belém, Pará, Brasil.

² Discente do Programa de Pós-graduação em Saúde e Produção Animal na Amazônia da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Belém, Pará, Brasil.

³ Discente do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal na Amazônia da Universidade Federal do Pará, Campus de Castanhal, Pará, Brasil.

* Autor correspondente: anibal.cr@ufra.edu.br



Introdução

O sistema de produção de bovinos está inserido de forma significativa na Amazônia Legal. Essa região representa quase 60% do território nacional e detém aproximadamente um quarto do efetivo de bovinos do Brasil (IBGE, 2021). Dividida em Amazônia Oriental e Ocidental, a região apresenta variação nas condições edafoclimáticas que determinam diretamente a produção de forragens. A porção Oriental é formada pelos estados do Amapá, Maranhão, Mato Grosso, Pará, e Tocantins, e a porção Ocidental é composta pelos estados do Acre, Amazonas, Rondônia e Roraima.

Segundo a classificação de Köppen a região amazônica possui os tipos climáticos conhecidos como tropical equatorial (Af), tropical de monção (Am) e tropical de savana (Aw), distribuídos por toda a extensão do território (ALVARES et al., 2013). Esses climas compõem o grupo tropical, com precipitação anual média de pelo menos 1.500 mm e temperatura média superior a 18 °C em todos os meses do ano. Apesar da grande diversidade de classes de solos na região, as mais predominantes são os Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos, Latossolos Amarelos distróficos e os Argissolos Vermelhos Alíticos (SANTOS et al., 2011).

Assim, as variadas características edafoclimáticas denotam a necessidade de compreender as particularidades de cada ambiente para o cultivo forrageiro, quer seja para pastejo ou ensilagem. Mesmo marcada pelos maiores volumes de precipitação do país, a região apresenta estacionalidade na produção de forragem que podem oscilar em decorrência de fenômenos climáticos (MUÑOZ et al., 2016) e do tipo de clima (Af, Am ou Aw). Considerando as características edafoclimáticas da região, observamos que, apesar da elevada precipitação e elevadas temperaturas, algumas peculiaridades como o excesso de umidade no solo podem influenciar diretamente a produção de forragens.

Por outro lado, algumas mesorregiões apresentam déficit hídrico bastante acentuado. A desconsideração dessas peculiaridades e a adoção direta de protocolos desenvolvidos em outras regiões tem resultado na

baixa produtividade animal em alguns casos. Com isso, constatamos que um grande desafio da produção animal na Amazônia é o suprimento de alimentos em quantidade e qualidade aos rebanhos. Portanto, o uso de práticas como ensilagem surge como estratégia para suprir o déficit na oferta de forragem aos rebanhos, principalmente ao longo do período seco. A ensilagem também pode auxiliar no manejo de pastagens, quer seja pela colheita do excedente produzido ou pela redução da carga animal em época de baixa oferta de forragem. Ademais, a ensilagem pode ser uma estratégia alimentar para intensificar sistemas de produção principalmente em regiões em que o custo de oportunidade da terra é alto; pode fornecer alimento aos rebanhos em regiões sujeitas a enchentes no período chuvoso; dentre outros.

No contexto atual, a produção de silagem assume fundamental importância com objetivo de garantir a segurança alimentar do rebanho. Independentemente da razão, busca-se manter o suprimento de alimento em quantidade e qualidade ao longo do ano, em função das inúmeras intempéries que possam ocorrer. Dessa forma, a utilização de silagem tem possibilitado a melhoria geral dos sistemas de produção animal na região amazônica através da intensificação da produção e do uso eficiente da terra.

Diante do exposto, temos como objetivo no presente texto discutir os desafios e as perspectivas da produção de silagens na Amazônia. Mesmo com parte do Maranhão e do Mato Grosso inseridos na Amazônia Legal, nossos exemplos e os aspectos gerais aqui abordados serão direcionados principalmente para os estados da região Norte. Serão discutidos o histórico do uso de silagens na Amazônia brasileira, os desafios inseridos nas particularidades para produção de silagens das principais culturas anuais de ciclo curto e capins tropicais usados na região, assim como nas silagens produzidas a partir de alimentos alternativos. Além disso, fatores ligados ao manejo no silo e perspectivas também serão levantados.

Histórico do uso de silagens na Amazônia

Para falar de desafios e perspectivas é importante, sobretudo,

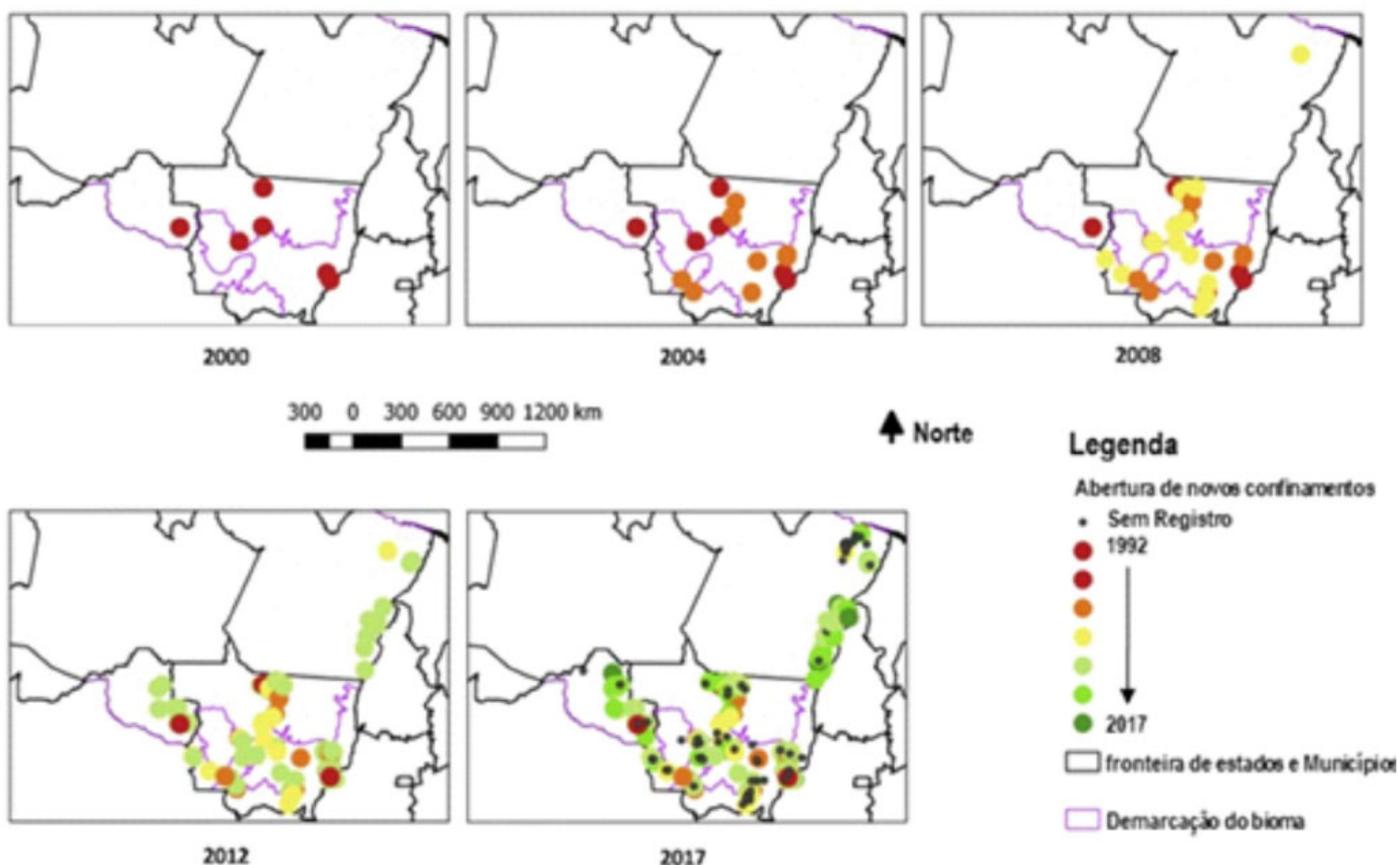
entender o histórico desse processo. O uso de silagens na região amazônica basicamente acompanhou o crescimento da demanda das cadeias pecuárias e a aptidão da região em produzir forragens ou outros alimentos. Entretanto esse fenômeno é recente, uma vez que o pasto sempre prevaleceu como alimento nos sistemas produtivos. A utilização de silagens se acentuou sobretudo nos últimos anos em sistemas que usaram principalmente o confinamento para bovinos de corte como estratégia para intensificação da produção. Nesse caso, pelo menos uma fase da produção passa pelo confinamento, sendo que a terminação ainda predomina nas fazendas que usam tal método. Mas não se fundamenta apenas nisso.

É importante considerar que a demanda também é influenciada pelas características e peculiaridades de cada cadeia pecuária. O uso de silagens está diretamente relacionado ao sistema de produção adotado, mas também ao perfil das cadeias, como bovinocultura de leite, bubalinocultura ou bovinocultura de corte, sendo a última de maior representatividade na região. Sendo assim, é importante conhecer onde as atividades estão inseridas na região para verificar as potencialidades do uso de silagens nas dietas de cada rebanho. Por exemplo, a bovinocultura de corte é uma atividade que se destaca nos estados do Pará, Tocantins e Rondônia. A bovinocultura de leite tem mais evidência no estado de Rondônia, maior produtor da região Norte. A bubalinocultura tem maior rebanho no Pará, especificamente no arquipélago do Marajó e nos estados do Amapá e Amazonas (IBGE, 2021).

Considerando o rebanho de bovinos de corte, Vale et al. (2019) conduziram uma pesquisa sobre a expansão dos sistemas intensivos de produção de bovinos de corte na Amazônia brasileira, e observaram que o número de confinamentos cresceu substancialmente entre 2008 e 2017, destacando-se o Pará na região Norte (Figura 1). Com o fortalecimento do mercado da carne nos últimos três anos (CEPEA, 2021) a tendência é que o processo de intensificação avance cada vez mais na região e conseqüentemente o uso de silagens nas dietas aumente. Na pesquisa citada os autores já reportaram o uso de silagens nas dietas em sistema que trabalhavam com animais confinados. Portanto, é

possível considerar que existe um espaço para o crescimento do uso de silagens na cadeia produtiva, principalmente na bovinocultura de corte, levando em consideração que essa expansão perdurará por alguns anos. Isso é reflexo da própria exigência do mercado, principalmente o mercado externo, que requer animais mais jovens e com uma qualidade melhor de acabamento. A demanda do mercado força o setor produtivo a aumentar a eficiência do sistema que busca maior desfrute dos rebanhos com a intensificação da terminação de animais em confinamentos.

Figura 1. Distribuição de confinamentos de bovinos de corte no espaço e no tempo.



Fonte: Vale et al. (2019)

Ainda na bovinocultura de corte, o uso de estratégias como ‘sequestro’ de bezerros ou outras categorias no período seco, tem aumentado o uso de silagens nas propriedades rurais (Silvestre; Millen, 2021). Nessas situações a utilização de silagens de capins tropicais

tem sido impulsionada, principalmente aquelas produzidas a partir do excedente de pasto do período chuvoso. Portanto, nessa atividade, temos observado que pelo menos uma fase do processo produtivo tem uso silagens. Em outros casos, a adoção de semiconfinamento ou a suplementação volumosa tem promovido o uso desse alimento.

Na bovinocultura leiteira a intensificação dos sistemas produtivos também foi um dos responsáveis pela crescente no uso de silagens. Contudo, é a necessidade em manter a produtividade das vacas em lactação que faz com que os produtores busquem volumosos de boa qualidade e em quantidade suficiente para os períodos de déficit de forragem. Assim sendo, em dietas de vacas em lactação, mais do que um aporte de fibra, as silagens são produzidas para contribuir também com carboidratos de alta degradabilidade como o amido (FERRARETTO et al., 2018) e reduzir custos com concentrado. Por essa razão, nesses sistemas é mais comum observar o uso de silagens de milho ou sorgo em detrimento a silagens de capins tropicais em dietas para vacas de alta produção. Entretanto, é possível afirmar que os capins tropicais podem ser incluídos parcialmente em dietas para vacas de alta produção visando o estímulo da ruminação e a redução do custo da dieta sem comprometer a produção de leite. Além das razões supracitadas, silagens de capins tropicais apresentam potencial de utilização em dietas para vacas de média e baixa produção, bem como para outras categorias do rebanho leiteiro, como bezerros e vacas secas.

Na Amazônia o uso de silagens na bovinocultura de leite ainda é tímido, mas é concentrada nos estados onde a cadeia tem mais destaque. Em estudo conduzido por Bernardes & Rêgo (2014) que avaliaram as práticas da produção e uso de silagens em fazendas leiteiras no Brasil, os autores relataram que somente produtores dos estados do Amazonas, Amapá e Roraima não responderam à pesquisa. Aqui destacamos dois fatores, a cadeia produtiva do leite nesses estados ainda é muito restrita e a representatividade de produtores que usam a silagem como alimento na dieta desse tipo de rebanho não era significativa.

Mesmo com a vasta extensão de áreas de pastagens, principalmente nos estados do Pará, Tocantins e Rondônia, a elevação do

custo de oportunidade da terra em algumas mesorregiões desses estados tem forçado a intensificação dos sistemas produtivos e conseqüentemente o uso de silagens (GARCIA et al., 2017). Isso normalmente é observado nas proximidades dos centros urbanos maiores ou em áreas que passam por pressões de outras atividades como agricultura ou mineração (VALE et al. 2019). Nessas áreas o uso de silagens tem crescido consideravelmente e tende a continuar em ascensão.

Quando consideramos o uso da ensilagem em pequenas propriedades, percebemos que a frequência dessa prática ainda é muito reduzida. Existe uma heterogeneidade no perfil dos pequenos produtores da Amazônia. De acordo com o ambiente em que estão inseridos as condições e condições para produção de silagem irão variar. Comunidades ribeirinhas, por exemplo, são susceptíveis em parte do ano a períodos de enchentes que obrigam o produtor em muitas situações a manter os rebanhos em marombas (currais suspensos sobre o rio, apoiados em estacas e toras de madeira) (CASTRO et al., 2009). Nesse caso a alimentação dos animais passa a ser um desafio e o uso de silagens poderia ser uma opção. Ensilar alimentos mais secos e densos em tambores poderia suprir as necessidades dos rebanhos nesses períodos difíceis.

O uso de silagens na Amazônia está também associado à aptidão agrícola das mesorregiões de cada estado em produzir forragens ou outros alimentos. É comum observar a predominância do uso de silagens de culturas anuais em fazendas que estejam inseridas nos polos agrícolas dessas regiões. Na região Norte, o estado do Pará e Tocantins foram os que apresentaram as maiores safras de milho em 2020 (IBGE, 2021). Próximo aos celeiros agrícolas desses estados é comum o uso de silagens de planta inteira dessas culturas nos confinamentos de bovinos de corte e em algumas fazendas de bovinos de leite.

Assim, é com base nessas aptidões e potenciais para produzir silagens que iremos abordar nos próximos tópicos as principais culturas e alimentos que podem ser ensilados e usados nos sistemas produtivos na região.

Silagens de culturas anuais de ciclo curto

O cultivo de culturas anuais como o milho, sorgo e milheto para produção de silagem na região Amazônica basicamente segue os mesmos padrões dos cultivos direcionados a produção de grãos. Obviamente que normalmente a escolha de materiais genéticos de cada cultura é feita e direcionada no momento do plantio para a correta aptidão da produção de silagens de planta inteira dessas culturas, considerando a adaptação às condições edafoclimáticas da região. Como dito anteriormente, a produção de silagem a partir das culturas supracitadas ainda estão mais concentradas principalmente nas proximidades de áreas de produção de grãos. Isso acontece devido à facilidade de parcerias agrícolas na condução das safras e pela maior disponibilidade de insumos e maquinários nessas regiões, sendo estes fatores determinantes para o cultivo. As culturas mais dominantes ainda são o milho e sorgo, com ocorrência muito restrita do milheto (IBGE, 2021).

Nos estados da região norte o cultivo de grãos avançou bastante, mas assim como a pecuária esse avanço foi recente e aconteceu de forma mais intensa nos últimos 20 anos (IBGE, 2021). De maneira geral, na maioria das regiões onde é possível a produção de grãos, o período chuvoso mais longo permite a obtenção de duas safras. Nesse caso, milho, sorgo ou milheto podem ser opção na safra e safrinha. Um dos maiores desafios, principalmente nas condições climáticas Af e Am, é que períodos chuvosos mais longos dificultam o ajuste do plantio para que a colheita não seja prejudicada pela ocorrência de chuva, com possíveis prejuízos na ensilagem.

É importante destacar que, a ocorrência de chuvas na colheita tanto causa problema de compactação do solo, em especial aqueles mais argilosos, como causar perdas durante a fermentação no silo (BATEY et al., 2009; BORREANI et al., 2018). Trabalhar com materiais genéticos de ciclo fenológico mais longo e o plantio escalonado em talhões pode atenuar os problemas de janelas de colheita mais curta. Dessa forma, o produtor deve ponderar os contextos: plantar no início do período chuvoso e colher no meio do período chuvoso, ou realizar o plantio de segunda safra para colheita no final do período chuvoso.

Isso dependerá principalmente do regime pluviométrico da região. Além das dificuldades ligadas ao clima, problemas ligados aos solos também podem exigir atenção na condução de cultivos de ciclo curto na Amazônia. Mesmo nessas condições adversas, com solos arenosos, como em algumas porções do estado do Tocantins, pesquisas direcionam que é possível produzir silagens com valor nutritivo aceitável (AVELINO et al., 2011).

O uso de sistemas de integração lavoura de ciclos curto com pecuária tem ocorrido, em especial nos grandes centros agrícolas da região. Nessas situações, o plantio consorciado de culturas agrícolas com capins tropicais possibilita, por exemplo, a produção de silagem de planta inteira de milho com pastejo subsequente à colheita. Diante disso, colher o milho com um resíduo mais alto pode facilitar a operação de colheita e aumentar a disponibilidade de biomassa para animais em pastejo, bem como aumentar a ciclagem de nutrientes. Além do mais, altura de colheita maior (40 cm) pode aumentar o valor nutritivo da silagem (MENDONÇA et al., 2020) e reduzir problemas de acúmulo de amido no milho em regiões mais quentes, pois aumenta a proporção de grão na massa ensilada (DANIEL et al., 2019). Outra opção para o pasto formado em sistemas de ILP é ser utilizado para a produção de silagem, principalmente quando a altura do capim não é mais adequada ao pastejo eficiente.

Condições climáticas com alta temperatura em baixa altitude nas áreas de cultivo podem limitar o acúmulo de amido nos grãos de milho (THITISAKSAKUL et al., 2012). Por outro lado, tanto a precipitação como luminosidade da região Amazônica podem favorecer a produtividades na cultura do milho. Por mais que limitações no acúmulo de amido possam acontecer em comparação a outras regiões, a produtividade alcançada em lavouras de milho na região norte ainda tem sido bastante competitiva e tem atendido as necessidades do mercado local. Tal fato evidencia a necessidade do desenvolvimento e validação de tecnologias adaptadas à região de forma que conhecendo-se os desafios e limitações de uma determinada tecnologia é possível adaptá-la para uma produção eficiente.

Quanto aos fatores ligados ao manejo na ensilagem de forrageiras na região amazônica, alguns pontos, como o monitoramento do ponto de colheita de culturas de ciclo curto devem ser observados. O simples acompanhamento do teor de matéria seca (MS) da cultura em alguns casos ainda é negligenciado, muitas vezes por falta de acesso a informação. A observação da linha do leite, no caso do milho, associado a determinação do teor de MS com uso de micro-ondas ou fritadeiras do tipo “airfryer”, podem auxiliar na tomada de decisão para iniciar a colheita da lavoura. O conhecimento dos teores de MS também irá auxiliar na estimativa mais acurada da produtividade da lavoura e da capacidade de armazenamento dos silos em toneladas de MS. A disponibilidade de tais informações possibilitará o correto ajuste de alimento disponível aos rebanhos durante o período de oferta.

Ainda sobre a colheita de culturas de ciclo curto, existe um avanço no uso de prestadores de serviço, que na maioria das vezes são de outras regiões do Brasil. Normalmente tais prestadores iniciam seus serviços no Sul do país no final do ano e vão se deslocando em direção ao norte acompanhando a maturação das lavouras. Quanto ao processamento de grãos no momento da ensilagem, grande parte dessas empresas utiliza colhedoras automotrizes que tem maior rendimento na colheita e capacidade de processar grãos, principalmente de milho. Todavia, assim como no acompanhamento do teor de MS da cultura, ainda é reduzida a preocupação por parte dos produtores em acompanhar a qualidade do processamento de grãos. Como maior parte dos serviços prestados na colheita são acertados com base na área colhida, muitos prestadores buscam aumentar o rendimento da colheita e dão pouca importância ao processamento do material. Além das culturas anuais, os capins tropicais compõem o leque de opções de culturas para produção de silagem e apresentam grande potencial para serem utilizados na região amazônica.

Silagens de capins tropicais

A produção de silagens de capins tropicais é uma opção interessante para compor dietas das mais diversas espécies e categorias de

ruminantes. Altamente responsivos à disponibilidade de luz e temperatura, a capacidade de acúmulo de biomassa é evidente quando nutrientes e água não são limitantes. Assim, os tipos climáticos da região Amazônica proporcionam condições de cultivo que favorecem o cultivo de capins tropicais, além de uma maior distribuição sazonal da produção em algumas regiões de período chuvoso prolongado. Portanto, no período chuvoso, se práticas como adubação forem adotadas, o acúmulo de forragem acentuado permite a produção de biomassa que pode ser colhida e conservada para suprir a demanda dos rebanhos.

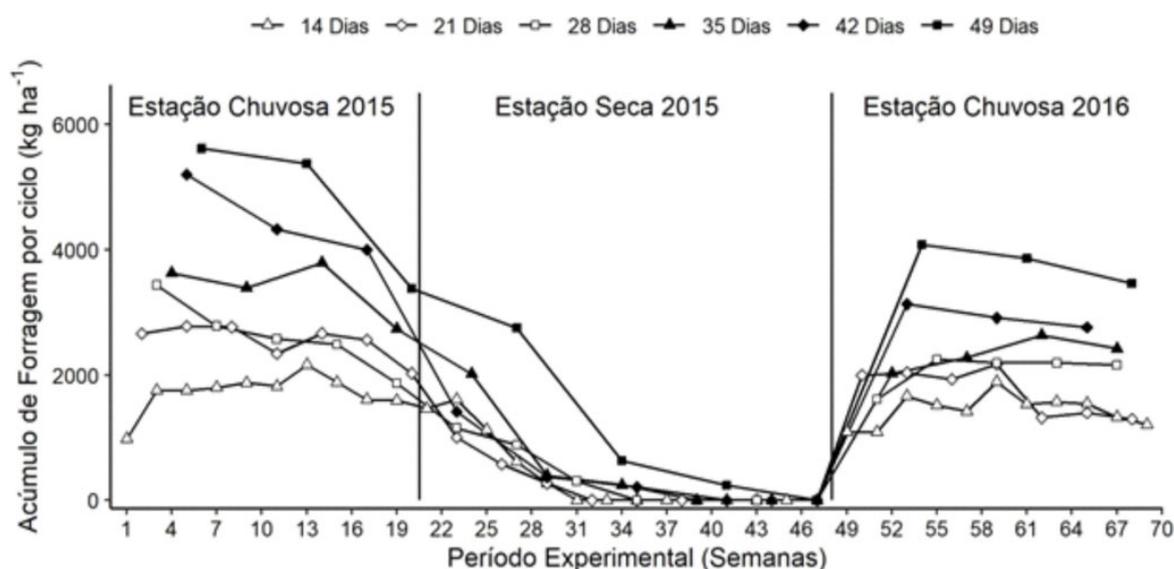
Resposta da adubação foram observadas em pesquisa realizada por Oliveira et al. (2020), onde os autores avaliaram capim Mombaça cultivado em clima Af, adubado com doses de nitrogênio (0; 10; 20; 30; 40 e 50 kg N ha⁻¹), ao longo do ano. Os autores observaram que o aumento na dose de N proporcionou efeitos quadráticos no acúmulo diário de forragem, com valores entre 52,4 kg MS ha⁻¹ dia⁻¹ e 98,3 kg MS ha⁻¹. Os autores verificaram ainda que nas condições de clima tropical úmido ou equatorial, a utilização da adubação nitrogenada não modifica a estrutura do capim Mombaça. Contudo, a adubação influencia positivamente as características morfogênicas e químicas, ocasionando assim, um maior acúmulo de forragem em menor tempo por conta da maior regularidade das chuvas. Nessa situação, a ensilagem pode auxiliar no manejo da pastagem pela colheita do excedente produzido. Aqui, nos deparamos com um desafio que é a colheita desse excedente. Como em algumas mesorregiões o período chuvoso é intenso e longo, entraves na ensilagem, como solos mais úmidos e o abastecimento dos silos podem limitar o processo.

Na pesquisa realizada por Macedo et al. (2020) avaliando frequências de desfolhação de 14, 21, 28, 35, 42 e 49 dias, do capim Tanzânia, cultivado em clima Am em três estações (chuvosa de 2015, seca 2015 e chuvosa de 2016) no bioma Amazônia, os autores destacam as respostas produtivas. Foi observado nessa pesquisa que as variações na frequência de desfolha e a disponibilidade de água entre as estações promovem mudanças estruturais e na produção de biomassa do capim Tanzânia. Dessa forma, foi constatado que o maior acúmulo de forragem

foi observado na frequência de desfolha aos 49 dias, com menores valores de acúmulo de forragem na estação seca e posterior aumento com a início da estação chuvosa novamente (Figura 2). Portanto, com base nos dois trabalhos considerados, dependendo de onde a região esteja inserida na Amazônia legal, a estacionalidade da produção de forragem pode ser mais ou menos acentuada e a ensilagem passa a ser promissora, principalmente na intensificação de sistemas.

Conhecer a distribuição sazonal da produção de forragem para as diferentes cultivares de capins tropicais pode ser considerada uma das limitações à produção de silagem na região Amazônica devido à carência de dados gerados na própria região. Dadas as características edafoclimáticas previamente descritas, a simples extrapolação de dados gerados em outros biomas pode não se aplicar de forma acurada à região, sendo necessária a realização de pesquisas *in loco* para a avaliação das cultivares de capins tropicais. Nesse contexto, trabalhos vêm sendo realizados com a avaliação de cultivares para produção de silagem pelo grupo de pesquisa autor desse texto.

Figura 2. Efeito da frequência de desfolhação no acúmulo de forragem de capim Tanzânia cultivado em clima Am na Amazônia Oriental



Fonte: Macedo et al. (2021)

Como já definido na literatura, capins tropicais apresentam características que limitam a aptidão da cultura para ser ensilada (SILVA et al., 2019). Dentre tais características, o baixo teor de MS quando a planta associa produtividade e valor nutritivo, é um dos principais limitantes para se obter silagens de qualidade. Além de entraves observados no processo fermentativo em decorrência dos teores de MS, perdas por efluente são comuns quando os teores de umidade são elevados. Nesse caso, preocupação ambientais veem à tona, pois efluentes de silagens tem um alto poder poluente em decorrência da concentração de nutrientes (GEBREHANNA et al., 2014). Em especial na região Amazônica que possui o maior volume de água doce do mundo, a poluição de cursos de água deve ser fortemente evitada e, portanto, o uso de técnicas que possam reduzir o teor de umidade dos alimentos deva ser adotado.

A redução no teor de MS em capins tropicais pode ser feita basicamente de três formas, emurchecimento, uso de aditivos ou colheita da forragem em estágio mais avançado de desenvolvimento. O emurchecimento é uma prática extremamente dependente das condições climáticas. Como em grande parte da região Amazônica ocorrem chuvas significativas quando as plantas estão aptas ao corte, as demais estratégias citadas são preferíveis. Portanto, pelo emurchecimento apresentar tais limitações operacionais, o uso de aditivos absorventes de umidade, como a adição de subprodutos desidratados da agroindústria podem contribuir na redução dessa umidade, melhorar o perfil fermentativo e conseqüentemente reduzir perdas por efluente.

O uso de subprodutos da agroindústria como aditivos absorvente de umidade já foi bastante estudado, e existe um vasto conjunto de dados disponíveis na literatura ao redor do Mundo. Contudo, é importante destacar, que tais aditivos são intrínsecos e disponíveis de acordo com cada região. Na Amazônia, estudos foram conduzidos com o uso de subprodutos da extração do óleo de oleaginosas, assim como, subprodutos do processamento de frutas.

Em pesquisa conduzida por Queiroz et al. (2021), os autores observaram que a inclusão do farelo de patauá na ensilagem de capim elefante aumentou os teores de MS, matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), extrato etéreo (EE) e carboidratos não fibrosos (CNF) das silagens. O aditivo também foi efetivo em reduzir as perdas por efluentes. Dessa forma, os autores constataram que o farelo de patauá na silagem de capim elefante contribui para minimizar os impactos negativos no meio ambiente causado pela produção de efluentes durante a ensilagem de gramíneas tropicais, viabilizando o aproveitamento do resíduo da produção do óleo que seria descartado no meio ambiente.

No trabalho conduzido por Ferreira et al. (2020), os autores também constaram a redução na produção de efluente à medida que foi incluído torta de murumuru na ensilagem de capim elefante. Os autores observaram que a adição de farelo de murumuru proporcionou efeitos positivos na composição química das silagens, observando aumento do teor de MS e no teor de CNF e redução no teor de fibra em detergente neutro (FDN). Sendo assim, foi possível observar com os resultados que o farelo de murumuru melhora a composição química e não afeta as características fermentativas da silagem de capim elefante, ao mesmo tempo que reduz as perdas por efluentes.

Em pesquisa avaliando a inclusão de farelo de dendê na ensilagem de capim elefante, Santos et al. (2014) verificaram efeitos sobre as características fermentativas da silagem. A inclusão de farelo de dendê possibilitou a redução na concentração de nitrogênio amoniacal da silagem, inibiu o crescimento leveduras e fungos filamentosos, aumentando a estabilidade aeróbia da silagem. Os autores concluíram que a inclusão de 10 a 15% de farelo de dendê na silagem de capim elefante possibilitou menores perdas de MS, inibiu fermentação indesejável e tornou-as mais estáveis. Entretanto, foi salientado que teores acima destes valores podem prejudicar o valor nutritivo da silagem pelo alto teor de lignina do aditivo.

Quando consideramos a colheita em estágios mais avançados para aumentar o teor de MS alguns aspectos devem ser considerados.

A colheita de capins tropicais em estágio mais avançado deve ser vista com cautela, principalmente quando o objetivo é usar como alimento em dietas para animais com alta exigência nutricional, como vacas leiteiras em lactação. Entretanto, se o uso for na bovinocultura de corte, quer seja para categorias menos exigentes ou para servir como fonte de fibra em dietas de animais em terminação, por exemplo, esse alimento passa a ser bastante interessante e competitivo com outros volumosos. Em estágios de desenvolvimento mais avançado os ganhos em biomassa colhida normalmente reduzem os custos de produção da tonelada de silagem produzida. Além disso, possíveis aumento nos teores de carboidratos solúveis em água (CSA), em algumas espécies, pode melhorar a fermentação no silo. Na região tem aumentado a prestação de serviço na colheita de capins tropicais com máquinas automotrizes, no entanto o espaço ainda é amplo para a expansão desse tipo de serviço.

A ensilagem de outras espécies de capins tropicais com ocorrência na região, principalmente em áreas alagadas, como as do gênero *Echinochloa* ou *Urochloa*, também apresentam os mesmos entraves dos capins supracitados. Em algumas situações os entraves são até agravados, pois tais capins estão em áreas onde a mecanização é limitada pelo alagamento ou encharcamento dos solos, o que torna a colheita no processo de ensilagem totalmente dependente de mão de obra. Nessas regiões, o uso de alimentos alternativos ensilados pode ser uma opção para suprir as necessidades dos rebanhos.

Silagens de alimentos alternativos

A Amazônia é conhecida pela biodiversidade tanto em fauna como flora. Essa última proporciona a disponibilidade de produtos para o extrativismo responsável realizado por comunidades locais, como a produção de óleo a partir de oleaginosas de plantas silvestres. Essa produção gera resíduos que podem ser usados como aditivos na ensilagem de capins tropicais, como abordado no tópico anterior. Entretanto culturas já consolidadas, como a mandioca, onde o cultivo já movimentava a economia da região, apresentam um grande potencial

para serem aproveitadas na alimentação animal. Tanto o produto principal, no caso as raízes, como os subprodutos gerados a partir do beneficiamento dessa cultura podem ser inseridos em dietas para animais. Aqui a ensilagem entra como tecnologia capaz de agregar valor aos produtos e garantir a oferta de alimento ao longo do ano. Senão vejamos a importância dessa cultura.

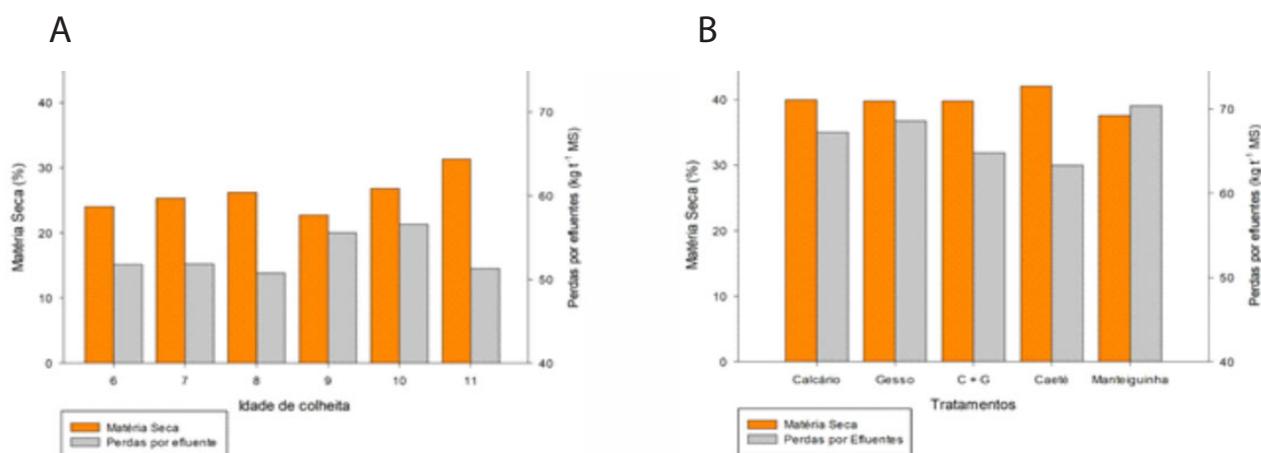
A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) possui mais de dois terços da produção total concentrada em regiões tropicais e subtropicais. Segundo o IBGE (2021), a produção brasileira dessa cultura foi de aproximadamente 17,5 milhões de toneladas, tendo como protagonista a região Norte, com cerca de 6,2 milhões de toneladas. Na região, o Pará (3,70), Amazonas (0,88) e Acre produzem respectivamente 3,7; 0,88; e 0,63 milhões de toneladas ano⁻¹. Atualmente o preço dos insumos mais tradicionais usados na alimentação animal, como a soja e o milho, tem superado os R\$100,00 a saca de 60 kg (CEPEA, 2021). Assim, a busca por fontes alternativas de alimentos proteicos e energéticos certamente tenderá a crescer. Dessa forma a mandioca se torna uma cultura promissora, pois chega a produzir por exemplo 70 toneladas de matéria natural considerando a planta inteira (MELO, 2021). Com base em dados da literatura, é possível observar que a parte aérea dessa cultura apresenta teores de proteína bruta variando de 20 a 34% na MS (LI et al., 2018; MORAES, 2021). Já as raízes de mandioca, concentram elevados teores de amido, cerca de 80% na MS, e de CNF que variam de 87% a 89% da MS (PITIRINI et al., 2021).

A ensilagem da mandioca pode auxiliar a conservação desse alimento que quando úmido torna-se susceptível a deterioração. Além disso o método de conservação é uma forma de mitigar, através da fermentação, o ácido cianídrico (HCN) presente na mandioca (LOC et al., 1997; SUDARMAN et al. 2016). Entretanto atenção deve ser dada as características de ensilabilidade da cultura para que o processo fermentativo não seja prejudicado. Dessa forma, quando observamos o teor de MS, trabalhos na literatura indicam que a mandioca apresenta na parte aérea teores de MS entre 24 e 30% (MORAES, 2021) e de 37 a 42%

nas raízes (Pitirini et al., 2021). Embora as raízes apresentem um teor de matéria seca elevado ao preconizado para culturas forrageiras, a silagem da raiz de mandioca possui alta produção de efluentes (Figura 3), devido principalmente a característica higroscópica e a baixa porcentagem de FDN, que varia de 3,7 a 5,0% na MS (Pitirini et al., 2021). Portanto, é um produto que tem baixa capacidade de reter água em sua estrutura. Ainda segundo esses últimos autores a raiz de mandioca possui baixos teores de extrato etéreo (3%) e de proteína (2%).

Quando observamos dados na literatura sobre características fermentativa de silagens de mandioca temos que o pH apresenta valores dentro da faixa recomendada (3,9 e 3,7) para silagens, tanto da parte (Moraes, 2021) como das raízes (Pitirini et al. 2021). A silagem da planta de mandioca possui ainda outras características que possibilitam a produção de silagem a partir dessa. Os substratos, principalmente CSA, presentes na planta possibilitando o crescimento das BALs, bactérias ácido lácticas responsáveis pela produção de ácido láctico que conserva a massa ensilada (Kung et al., 2018; Mota et al., 2011). Dados na literatura indicam que silagens produzidas a partir dessa cultura apresentam estabilidade aeróbia de 6,3 dias para silagens de parte aérea (Moraes, 2021) e 5,45 dias para silagem de raízes (Pitirini et al., 2021).

Figura 3. Teores de matéria seca (%) e perdas por efluente (kg t⁻¹ MS) de silagem de parte aérea (A) e raízes de mandioca (B).



Fonte: (PITIRINI et al., 2021; MORAES, 2021)

Além dos produtos primários provenientes da produção de mandioca, como o uso da parte aérea e da raiz de mandioca, há também a possibilidade de uso de subprodutos que possuem elevado potencial na alimentação de ruminantes. Dentre os subprodutos da mandioca comumente utilizadas na alimentação animal, destacam-se o bagaço, a raspa integral ou farinha integral (pedaços de raiz secos ao sol), raspa residual (subproduto da raiz triturada, retirado o amido) e a casca como a principal fonte alternativa na região (ALMEIDA e FERREIRA FILHO, 2005). Portanto, o uso de produtos e subprodutos da cadeia produtiva da mandioca é extremamente promissora para ser explorado em dietas para ruminantes.

Ainda considerando os alimentos alternativos, na região existem polos de agroindústrias que processam frutas. Essas por sua vez geram subprodutos que podem ser aproveitados na alimentação animal. Como boa parte desses são gerados na forma úmida, a ensilagem é um método que ganha destaque para conservação. Um exemplo desse subproduto é o resíduo do úmido do abacaxi. Cutrim et al. (2013) avaliando a silagem desse subproduto na dieta de ovinos verificaram como composição química valores de 165,9 g kg⁻¹ de MS, 73,2 g kg⁻¹ de MM, 78,2 g kg⁻¹ de PB, 13,2 g kg⁻¹ de EE, 496,2 g kg⁻¹ de FDN, 525,0 g kg⁻¹ de FDA e 99,4 g kg⁻¹ de lignina. O estudo demonstrou que a fonte de fibra como o capim elefante pode ser totalmente substituída pela silagem do subproduto de abacaxi, uma vez que a substituição aumentou a digestibilidade da MS das dietas, não alterou o consumo e o desempenho dos ovinos.

Fatores ligados ao manejo no silo

Alguns fatores ligados ao manejo de silos precisam ser considerados. Mas antes disso, a simples orçamentação forrageira nas fazendas da região continua sendo um desafio e deve ser considerada. Ainda existe por parte de uma parcela dos produtores rurais a resistente em adotar práticas como o controle do que é demandado e produzido na fazenda. Essas determinações são fundamentais no caso da produção de silagem, pois influencia diretamente no dimensionamento de silos,

independente do tipo utilizado, e evita práticas corriqueiras como o superabastecimento desses.

Nas regiões da Amazônia com maior dificuldade de acesso a assistência técnica e a informação, tem-se observado dificuldades na adoção de técnicas de manejo que reduzam perdas no processo de produção de silagens. Uso de filmes plásticos de qualidade, regulagem de máquinas, afiamento de facas, dimensionamento correto de silos, descarte de porções deterioradas, avanço no painel são aspectos muitas vezes negligenciados nas fazendas. Se pegarmos esse último fator como exemplo podemos perceber isso. Já é do conhecimento da maioria dos técnicos da área, que a literatura clássica que aborda a ciência da produção de silagem no Mundo faz referência ao avanço no desabastecimento do silo, com recomendações de avanço de pelo menos 30 cm por dia nas épocas mais quentes do ano. Se observamos o livro clássico *The Silage Fermentation* de Woolford (1984) e o livro *The Biochemistry of Silage* de McDonald et al. (1991), em ambas, referências já eram feitas sobre a necessidade em se desabastecer um silo em épocas de temperaturas mais elevadas, como no verão, numa taxa de avanço de pelo menos 30 cm por dia. Nos anos 2000 alguns trabalhos foram conduzidos no Mundo que confirmaram a necessidade das preocupações com avanços, principalmente considerando a temperatura ambiental como fator determinante no avanço e conseqüentemente no dimensionamento dos silos (BORREANI e TABACO et al. 2012). Portanto estamos diante de uma informação com aproximadamente 37 anos, onde produtores em grande parte das regiões ainda enfrentam dificuldade em acesso à informação ou atentar e adotar esse critério na fazenda.

Fatores ligados ao manejo de silos são intrínsecos no sucesso dessa prática. Por fim, não menos importante é a preocupação ambiental com uso de plásticos. Assim como nas demais regiões do Mundo, o uso da ensilagem como tecnologia para conservar alimentos aumenta o uso de plásticos na pecuária. No sentido de reduzir impactos ambientais, atenção deve ser dada ao descarte correto desses materiais para que problemas ambientais não sejam causados. Na região o que se observa ainda no mercado é o domínio de filmes plásticos (lonas) convencionais.

Considerações finais

A produção de silagens de alimentos na Amazônia é uma tecnologia promissora que pode reduzir impactos ambientais em decorrência das possibilidades de se intensificar sistemas produtivos e diminuir as pressões sobre a abertura de novas áreas de floresta. Entretanto, como já mencionado anteriormente, preocupações ligadas a produção de efluentes e descarte de plástico sempre devem ser consideradas para evitar outros problemas ambientais.

O mercado de insumos na região ainda carece de produtos de qualidade, como filmes plásticos e aditivos adequados para as especificidades dos diferentes alimentos ensilados. A perspectiva é que empresas inseridas nos grandes centros do país olhem mais para o potencial dessa região e passem a oferecer de forma mais fácil esses produtos. A disponibilidade de acesso a insumos de qualidade aquecerá o mercado de venda de silagens, principalmente nas regiões mais próximas ao Nordeste.

Atualmente a extensão territorial da região dificulta em algumas mesorregiões o acesso a assistência técnica, em especial aos pequenos e médios produtores rurais. A expansão das instituições de pesquisa e universidades locais nos últimos 10 anos tem alavancado as perspectivas de uso de silagens, como pode ser visto por várias pesquisas apresentadas no presente texto. Entretanto, com as atuais ferramentas de difusão de tecnologias, e a perspectiva de expansão da internet 5G no país, o acesso à informação certamente acelerará o processo.

Referências

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

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, p. 711-728, 2013.

AVELINO, P. M.; NEIVA, J. N. M.; ARAÚJO, V.L; BONFIM, M. A. D.; RESTLE, J. Composição bromatológica de silagens de híbridos de sorgo cultivados em diferentes densidades de plantas. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, p. 199-207, 2011.

BATEY, T. Soil compactation and soil management – a review. *Soil Use and Management*, v. 25, p. 335 – 345, 2009.

BERNARDES, T. F.; RÊGO, A. C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. *Journal of Dairy Science*, v. 97, p. 1852-1861, 2014.

BORREANI, G.; TABACCO, E. Effect of silo management factors on aerobic stability and extent of spoilage in farm maize silages. In: Proc. XVI Int. Silage Conf. K. Kuoppala, M. Rinne, and A. Vanhatalo, ed. MTT Agrifood Research Finland, University of Helsinki, Helsinki, Finland. p. 71-72. 2012.

BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHIMIDT, R. J.; HOLMES, B. J.; MUCK, R. E. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *J. Dairy sci.*, v. 101, p. 3952 – 3979, 2018.

CASTRO, A. P.; FRAXE, T. J. P.; SANTIAGO, J. L.; MATOS, R. B.; PINTO, I. C. Os sistemas agroflorestais como alternativa de sustentabilidade em ecossistemas de várzea no Amazonas. *Acta Amazonica*, v. 39, n. 2, p. 279 – 288, 2009.

CEPEA, DATA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Disponível em: < <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/indicador/boi-gordo.aspx> > Acesso: 08 nov. 2021.

CSR – CENTRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. Cenários para intensificação da bovinocultura de corte brasileira. Disponível em <https://csr.ufmg.br/brasilpec/wp-content/uploads/2020/01/cenarios_pecuaria_corte.pdf>, acessado em 8 de novembro de 2021.

CUTRIM, D. O; ALVES, K. S; NEIVA, J. N. M; OLIVEIRA, L. R. S; MEZZOMO, R.; SILVA ELIAS, A. K.; GOMES, D. I. Replacement levels of elephant grass by moist pineapple by-product silage in diets of Santa Inês crossbred sheep: performance and digestibility. *Tropical Animal Health and Production*, v. 45, p. 585-592, 2013.

DANIEL, J. L. P.; BERNARDES, T. F.; JOBIM, C. C.; SCHMIDT, P.; NUSSIO, L. G. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. *Grass and Forage Science*, v. 74, p. 188-200, 2019.

FERRARETTO, L. F.; SHAVER, R. D.; LUCK, B. D. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. *Journal of dairy science*, v. 101, p. 3937-3951, 2018.

FERREIRA, C. M. S.; SOUZA, A. G. F.; MENDONÇA, R. C. A.; SOUZA, M. S.; LOPES FILHO, W. R. L.; FATURI, C.; DOMINGUES, F. N.; RÊGO, A.C. Murumuru meal as an additive to elephant grass silage. *Revista colombiana de ciências pecuárias*, v. 33, p. 264-272, 2020.

GARCIA, E.; RAMOS FILHO, F. S. V.; MALLMANN, G. M.; FONSECA, F. Coast, Benefits and Challenges of Sustainable Livestock Intensification in a major Deforestation Frontier in the Brazilian Amazon. *Sustainability*, v. 9, n. 1, p. 158, 2017.

GEBREHANNA, M. M.; GORDON, R. J.; MADANI, A.; VANDERZAAG, A. C.; WOOD, J. D. Silage effluent management: A review. *Journal of Environmental Management*, v. 143, p. 113-122, 2014.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA. Disponível em < <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2020> >, acessado em 08 nov. 2021.

KUNG, L.; SHAVER, R. D.; GRANT, R. J.; SCHMIDT, R. J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, v. 101, p. 4020-4033, 2018.

LI, M.; ZI, X.; TANG, J.; ZHOU, H.; CAI, Y. Silage fermentation, chemical composition and ruminal degradation of king grass, cassava foliage and their mixture. *Grassland Science*, v. 65, n. 4, p. 210-215, 2019.

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

MACEDO, V. H. M.; CUNHA, A. M. Q.; CÂNDIDO, E. P.; DOMINGUES, F. N.; SILVA, W. L.; LARA, M. A. S.; Rêgo, A. C. Canopy structural variations

affect the relationship between height and light interception in Guinea Grass. *Field crops research*, v. 271, p. 108249-10, 2021.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. *The biochemistry of silage*. Chalcombe publications. 1991

MENDONÇA, R. C. A.; CARDOSO, M. V. S. B.; SOUSA, S. O.; SOUZA, M. S.; DOMINGUES, F. N.; FATURI, C.; SILVA, T. C.; RÊGO, A.C. Effects of cutting height and bacterial inoculant on corn silage aerobic stability and nutrient digestibility by sheep. *Revista brasileira de zootecnia*, v. 49, p. 1-15, 2020.

MELO, D. M. A idade de poda afeta as características agronômicas e produtivas de plantas de mandioca cultivadas em clima tropical. 2021. 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Pará. Belém, 2021.

MORAES, L. M. Qualidade fermentativa da silagem da parte aérea e de raiz de mandioca em função da idade de colheita e tempos de armazenamento. 2021. 69 f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Produção Animal na Amazônia) - Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2021.

MOTA, Á. D. S.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; SOUZA, A. S. D.; REIS, S. T. D.; TOMICH, T. R.; CALDEIRA, L. A.; COSTA, M. D. D. 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.

MUÑOZ, J. C. J.; MATTAR, C.; BARICHIVICH, J.; SANTAMARÍA, A. A., TAKAHASHI, K., MALHI, Y.; VAN DER SCHRIER, G. Record breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015–2016. *Relatórios científicos*, v. 6, p. 1-7, 2016.

OLIVEIRA, J. K. S.; CORREA, D. C. C.; CUNHA, A. M. Q.; RÊGO, A.C.; FATURI, C.; SILVA, W. L.; DOMINGUES, F. N. Effect of Nitrogen Fertilization on Production, Chemical Composition and Morphogenesis of Guinea Grass in the Humid Tropics. *Agronomy-Basel*, v. 10, p. 1840, 2020.

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

QUEIROZ, A. C. M.; SANTOS, W. M.; MENDONÇA, R. C. A.; SANTOS, R. I. R.; SILVA, T. C.; DOMINGUES, F. N.; RÊGO, A.C. Effects of inclusion of patauá, *Oenocarpus bataua* meal on elephant grass silage. *Acta amazonica*, v. 50, p. 101-107, 2020.

SANTOS, I. A. P.; DOMINGUES, F. N.; RÊGO, A. C.; SILVA, N. S.; BERNARDES, T.F.; BARATA, Z. R. P.; MORAES, C. M. Palm kernel meal as additive in the elephant-grass silage. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v. 15, p. 592-603, 2014.

SANTOS, H. G.; CARVALHO JUNIOR, W.; DART, R. O.; AGLIO, M. L. D.; SOUSA, J. S.; PARES, J. G.; FONTANA, A.; MARTINS, A. L. S.; OLIVEIRA, A. P. O novo mapa de solos do Brasil: legenda atualizada escala 1:5.000.000. *Embrapa Solos*, v.1, p. 1-67. 2011. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/123772/1/DOC-130-O-novo-mapa-de-solos-do-Brasil.pdf>>. Acesso: 08 nov. 2021.

SILVA, T. C.; SANTOS, R. I. R.; SANTOS, E. M.; RODRIGUES, J. P. P.; RÊGO, A.C. Challenges and perspectives of tropical grasses silages. *International Symposium on Forage Quality and Conservation*. 6ed. Piracicaba: Esalq, 2019, v. 6, p. 247-270.

SILVESTRE, A. M.; MILLEN, D. D. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v. 50, p. e20200189, 2021,

SUDARMAN, A.; HAYASHIDA, M.; PUSPITANING, IR; JAYANEGARA, A.; SHIWACHI, H. The use of cassava leaf silage as a substitute for concentrate feed in sheep. *Tropical animal health and production*, v. 48, n. 7, p. 1509-1512, 2016.

THITISAKSAKUL, M.; JIMÉNEZ, R. C.; ARIAS, M. C.; BECKLES, D. M. Effects of environmental factors on cereal starch biosynthesis and composition. *Journal of Cereal Science*, v. 56, n. 1, p. 67 – 80, 2012.

VALE, P.; GIBBS, H.; VALE, R.; CHRISTIE, M.; FLORENCE, E.; MUNGER, J.; SABAINI, D. The expansion of intensive beef farming to the Brazilian Amazon. *Global Environmental Change*, v. 57, p. 101922, 2019.

WOOLFORD, M. K. *The Silage Fermentation*. Marcel Dekker, Inc., 1984.



SILAGEM DE GRÃOS REIDRATADOS: DA ENSILAGEM AO COCHO

GERVÁSIO, J. R. S
DA SILVA, N. C.
SIQUEIRA, G. R.



Os grãos de milho e de sorgo estão entre os ingredientes mais utilizados em dietas de ruminantes, sendo uma das principais fontes de energia. Nos últimos anos, temos observado tendência de aumento do processamento desses grãos. Alguns fatores contribuem para esse movimento, como: maior preço dos grãos, busca por tecnificação, menores lucros líquidos das atividades pecuárias e maior difusão do conhecimento sobre técnicas de processamento de grãos.

O tipo de milho predominante no Brasil é o *flint* que apresenta alta vitreosidade do endosperma, refletindo em uma menor degradabilidade do amido (PHILIPPEAU et al., 2000; CORREA et al., 2002). No endosperma vítreo a matriz proteica hidrofóbica que recobre os grânulos de amido é mais espessa e desenvolvida, agindo como uma barreira física que dificulta a digestão do amido no rúmen pelos microrganismos (OWENS et al., 1986).

A ensilagem de grãos de milho úmido e reidratado e de grãos de sorgo reidratado apresentou bons resultados no aumento da digestibilidade do amido (Da SILVA et al., 2018; Da SILVA et al., 2019; FERRARETTO et al., 2013; GERVÁSIO, 2021; MORAIS et al., 2017). Durante o processo de ensilagem a matriz sofre proteólise por enzimas proteolíticas dos microrganismos e da própria planta (JUNGES et al., 2017). Em consequência disso, pode ser observado aumento da digestibilidade ruminal do amido, melhoria da eficiência alimentar de bovinos de corte em terminação consumindo silagem de grãos de milho úmido ou reidratados (CORRIGAN et al., 2009; Da SILVA, 2016; MORAIS et al., 2017) e aumento da produção de leite por ingestão de matéria seca de vacas leiteiras consumindo silagem de sorgo reidratado (MORAIS et al., 2017).

Contudo, é necessário ficar atento a uma série de particularidades que envolvem a técnica de ensilagem de grãos, a fim de ampliar a digestibilidade do amido e minimizar as perdas durante o processo de ensilagem e de fornecimento aos animais. Alguns desses pontos serão discutidos mais profundamente nos tópicos abaixo.

Processo de ensilagem de milho grão úmido

Na ensilagem de milho grão úmido os grãos devem ser colhidos ao atingir o estágio de maturação fisiológica, quando é formada a linha negra do grão, nesse ponto os grãos estão com aproximadamente de 35% de umidade. Portanto, a colheita para ensilagem será antecipada em relação à colheita para grãos secos (umidade por volta dos 19%), reduzindo perdas no campo e permitindo liberação da área mais cedo para semeadura de outras culturas. Para determinar o momento correto da colheita, o agricultor deve selecionar algumas espigas de diferentes pontos da lavoura, quebrá-las ao meio e observar nos grãos centrais da espiga a formação da camada preta na base do grão. Isso indica que a umidade está entre 32 e 35%. O grão é colhido inteiro, sendo necessário passar por um processo de quebra antes da ensilagem.

Devido à falta de homogeneidade da secagem da panícula que contém os grãos de sorgo a técnica de ensilagem de sorgo úmido se torna mais inviável. Uma vez que os grãos não entram em maturação fisiológica ao mesmo tempo não é possível colher todos com umidade entre 32 e 35%. Nessas condições há também dificuldade de quebra dos grãos de sorgo pelos moinhos.

Processo de ensilagem de grão de milho ou sorgo reidratado

A ensilagem de grão reidratado consiste basicamente na reidratação do grão maduro moído até chegar próximo dos 35% de umidade. A reidratação e ensilagem dos grãos de milho é uma alternativa à ensilagem de milho grão úmido, pois permite a compra estratégica em momentos de baixa nos preços do milho, além de contornar o problema da estreita janela de colheita dos grãos e falta de áreas nas propriedades para plantios desses grãos. Um dos grandes problemas com a ensilagem de milho grão úmido é a pequena janela para colheita deste material. É possível usar a técnica de reidratação de forma estratégica para fazer ajustes na matéria seca da silagem de milho grão úmido, quando este apresenta teor de umidade abaixo do desejável.

A homogeneização da água ao grão moído pode ser realizada através de uma adaptação de canos ao moinho para reidratação simultânea à moagem próxima ao silo, por mistura da água ao grão já triturado em um vagão misturador ou por adição de água a uma rosca sem-fim após moagem (PEREIRA e PEREIRA, 2013). Um ponto de destaque nesse processo antes da ensilagem é o tamanho de partícula do grão na moagem, mas isso será discutido posteriormente. O cálculo da quantidade de água para reidratação deve levar em consideração a produtividade do moinho (t/h), que vai variar de acordo com o tipo de moinho e crivo das peneiras, e o ajuste da quantidade de água necessária ou vazão, dependendo do método de hidratação.

A reidratação de grãos de sorgo segue os mesmos princípios da técnica de reidratação de grãos de milho. Porém um cuidado maior tem que ser dado ao tamanho do crivo da peneira. Devido ao pequeno tamanho do grão de sorgo sua moagem em peneiras com crivo grande ou em moinhos de rolo desregulados pode não atingir a quebra adequada dos grãos.

População microbiana e perfil de fermentação

As mudanças ocorridas ao longo do processo de ensilagem modificam a composição microbiana da massa ensilada. Diversos microrganismos são encontrados nas plantas antes da ensilagem como bactérias ácido lácticas, enterobactérias, leveduras e fungos filamentosos, clostrídios, bacilos, bactérias ácido acéticas e ácido propiônicas (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991; PAHLOW et al., 2003). Muitos microrganismos como as bactérias aeróbias facultativas desaparecem após o estabelecimento de um ambiente anaeróbio no silo. Outros grupos como as bactérias ácido lácticas apresentam ótimo poder de colonização e se adaptam bem a esse ambiente (PAHLOW et al., 2003). A produção de ácido láctico pelo processo fermentativo das bactérias ácido lácticas auxilia na queda rápida do pH da silagem. Essa queda do pH é responsável pela conservação da massa ensilada e pela redução de perdas do material armazenado (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Diversos fatores influenciam a sucessão de populações de

microrganismos durante a ensilagem, como teores de carboidratos solúveis, matéria seca da cultura no momento do corte e população epífita de microrganismos. Essas características juntamente com outros fatores, como capacidade tampão da cultura, podem culminar em uma maior ou menor capacidade fermentativa da silagem (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

A capacidade de fermentação já foi um fator de preocupação em relação à ensilagem de grãos de milho reidratado. Devido principalmente a baixa concentração de carboidratos solúveis (CARVALHO et al., 2016; Da SILVA et al., 2018; Da SILVA et al., 2019). Porém, Carvalho-Estrada et al. (2020) observaram dominância das bactérias ácido lácticas após a ensilagem de grãos de milho úmido e grãos de milho reidratados. Comportamento similar ao encontrado por Carvalho et al. (2016) na ensilagem de grãos de milho reidratados. O que pode beneficiar a rápida redução do pH das silagens e uma boa capacidade de fermentação.

Há poucos trabalhos como os de Carvalho et al. (2016) e Carvalho-Estrada et al. (2020) comparado diretamente as populações de microrganismos ao longo do processo de ensilagem de milho grão úmido e milho reidratado. Esses trabalhos indicam que os produtos de fermentação presentes nas silagens podem ser usados como indicadores da presença de grupos de microrganismos e da qualidade do processo de ensilagem. Satisfatória redução do pH das silagens observadas nos trabalhos de Morais et al. (2017), Da Silva et al. (2018), Da Silva et al. (2019) e Gervásio (2021) são relacionadas diretamente a produção de ácido láctico pelas bactérias ácido lácticas, sendo adequada para inibir o desenvolvimento de microrganismos indesejados na silagem. Carvalho-Estrada et al. (2020) observaram maior população do gênero *Clostridium* nas silagens de grãos de milho reidratado em comparação à silagem de grãos de milho úmido. Contudo, em diversos trabalhos foram observadas concentrações pequenas de ácido butírico, o que é um indício de baixo desenvolvimento de clostrídios em silagens de grãos de milho reidratado (Da SILVA et al., 2018; Da SILVA et al., 2019; GERVÁSIO, 2021). O total de produtos de fermentação foi similar entre silagens de grão úmido e reidratado sem inoculantes no trabalho de Da Silva et al. (2019).

Os pontos apresentados permitem concluir que ambas as silagens apresentam bom perfil de fermentação e que a ensilagem de grãos de milho reidratados podem ser uma boa alternativa a ensilagem de grãos úmidos de milho.

Umidade

A capacidade fermentativa da cultura é fundamental para uma adequada conservação da massa ensilada. Isso significa que a planta deve possuir fatores intrínsecos que auxiliem nesse processo, e são eles a matéria seca e concentração de açúcares solúveis em água adequados ao crescimento de bactérias ácido lácticas e baixo poder tampão. Essas características definem a velocidade em que o pH começa a cair assim que o silo é fechado e o oxigênio do meio é consumido. Quanto mais rápida essa queda, menores serão as perdas no processo fermentativo (Mc DONALDS et al., 1991). As culturas do milho e do sorgo planta inteira possuem alta capacidade de fermentação em virtude das características da própria planta (JOBIM; NUSSIO, 2013). Embora grãos de milho úmidos ou reidratados e grãos de sorgo reidratados não apresentem as mesmas características intrínsecas as culturas ensiladas na forma de planta inteira elas tem apresentado boa capacidade de fermentação, adequada queda de pH e baixas perdas de matéria seca (Da SILVA et al., 2019; FERRARETTO et al., 2013; GERVÁSIO, 2021; MORAIS et al., 2017; SANTOS et al., 2019). Todavia, um ponto que merece muito atenção tanto ao colher o grão úmido de milho quanto ao reidratar grãos de milho e sorgo é o teor de matéria seca.

O teor de matéria seca da silagem de grãos é importante para iniciar o processo fermentativo, sendo necessária atenção nesse ponto para proporcionar um teor adequado tanto na reidratação quanto no ponto de colheita do grão úmido como já visto no processo de produção dessas silagens, pois uma baixa umidade do material ensilado pode modificar o processo de fermentação e afetar a digestibilidade do grão. Gomes et al. (2020) avaliaram três teores de umidade em silagem de grão de milho reidratado e observaram uma maior concentração

de ácido láctico nas silagens com 35 e 40% de umidade quando comparado às silagens com 30% de umidade. Além disso, houve aumento de nitrogênio amoniacal nas silagens com 35 e 40% de umidade, significando maior quebra da matriz proteica do grão nessas silagens, o que resultou no aumento da degradabilidade da matéria seca dos grãos nas silagens acima de 35% de umidade principalmente a partir dos 60 dias de ensilagem. Degradabilidade do amido é correlacionado positivamente com a degradabilidade da matéria seca nas silagens de grãos.

Benton et al. (2005) avaliando silagens de grão de milho reidratado com 24 e 30% de umidade e silagens de grão úmido de milho com 28 e 35% de umidade observaram que nos primeiros 28 dias de estocagem os grãos ensilados com maior umidade tiveram um aumento significativo na degradabilidade da matéria seca. Ferraretto et al. (2014) constataram diminuição de 1,6 unidades percentuais na degradabilidade *in vitro* das silagens por unidade percentual de aumento no teor de matéria seca em silagens de grãos úmidos de milho. Além disso, observaram que houve uma relação quadrática do pH com o teor de matéria seca, sendo que, quando a silagem chegou a 80% de matéria seca o pH estava alto, provavelmente por falta de umidade para o crescimento de microrganismos produtores de ácido láctico e ácido acético na massa ensilada.

Influência do armazenamento na ensilagem de grãos

Um dos objetivos ao ensilar grãos é obter a máxima disponibilidade do amido para o animal. Para se obter este aproveitamento é necessário a quebra de uma matriz proteica que envolve os grânulos de amido, que impede o acesso dos microrganismos ruminais ao amido. Um conjunto de fatores é responsável por esse processo de proteólise da matriz proteica que ocorre durante o armazenamento da silagem, sendo que a maior parte é realizada pelas bactérias proteolíticas presentes (JUNGES et al., 2017). O tempo de armazenamento da silagem possui também um papel fundamental nesse processo, como veremos a seguir.

Grande parte dos híbridos de milho cultivados no Brasil possui endosperma vítreo (duro ou *flint*) (CORREIA et al., 2002) que possuem maior quantidade de prolamina, e este tipo de milho é utilizado por 97% dos nutricionistas brasileiros para bovinos de corte confinados (PINTO e MILLEN, 2016). Outro agravante é que a prolamina está presente em maior quantidade quando os grãos estão com alta maturidade. Muitos são os questionamentos sobre por quanto tempo se deve deixar as silagens de grãos estocadas e muitos trabalhos brasileiros estudam o tempo de armazenamento como forma de deixar o milho duro equiparado aos híbridos de milhos de textura macia em questão de degradabilidade.

Fernandes et al. (2021) confeccionaram silagens de milho grão úmido colhido com 50 ou 70% de MS e silagens de grãos de milho reidratados para atingir 70% de MS a fim de avaliar como o aumento no tempo de estocagem influenciou na degradabilidade do amido nessas silagens. As silagens de milho grão úmido com 50% de MS possuía a maior degradabilidade do amido dentre os tratamentos no momento da ensilagem, porém a partir dos 60 dias de estocagem as diferenças de degradabilidade do amido diminuíram entre os tratamentos. O mesmo ocorreu quando os autores compararam dois tipos de híbridos o IAC 8390 que possui endosperma duro e o AG1051 com endosperma farináceo, o aumento no tempo de estocagem eliminou o efeito negativo das características físico-químicas do híbrido duro, e os dois se igualaram em degradabilidade do amido aos 120 dias de estocagem.

No trabalho de Da Silva et al. (2019) silagens de grão úmido e reidratado de milho foram estocadas por 15, 30, 60, 90, 120, 180, 240 e 300 dias, sendo observada a diminuição gradual da quantidade de prolamina e o conseqüente aumento de nitrogênio amoniacal ao longo do tempo de armazenamento, justificado pela ação proteolítica de bactérias presentes na silagem (Figura 1). Estas variáveis foram associadas com a melhoria na degradabilidade ruminal *in situ* da matéria seca das silagens. As maiores taxas de ganho de aumento da degradabilidade nas silagens de grãos de milho reidratados foram observadas até 52 dias de ensilagem (aumento de 0,23% unidades percentuais ao dia), e nas silagens de grãos úmidos de milho até 71 dias (aumento de

0,30% unidades percentuais ao dia) após esses tempos os ganhos caíram para 0,03% unidades percentuais ao dia ambas as silagens, e continuaram constantes ao longo do tempo de estocagem (Figura 2). Essa diferença no tempo mínimo de estocagem entre os tipos de silagem se deu pela diferença no tamanho de partícula dos grãos ensilados.

Um trabalho recente de Gervásio (2021), visou responder qual o tempo mínimo de estocagem para se aproveitar o ganho em degradabilidade de silagem de grão de milho reidratado com diferentes granulometrias, e chegaram à conclusão de que silagens de grão de milho reidratado com maiores tamanhos de partícula precisam de mais tempo de estocagem para se ter o mesmo incremento de degradabilidade do amido que silagens de grão de milho reidratado com menores tamanhos de partícula (Figura 3). A recomendação do tempo mínimo de estocagem foi de: 36, 38, 39, 50, 54 e 46 dias para silagem de grão de milho reidratado com tamanhos médios de partícula de 0,97 mm; 1,11 mm; 1,35 mm; 1,51 mm; 1,69 mm e 1,75 mm respectivamente. O ganho médio em degradabilidade por dia foi de 0,7% unidades percentuais ao dia até a recomendação mínima para cada tamanho de partícula, e após esse período os ganhos foram de 0,08% unidades percentuais ao dia.

O tempo de estocagem também influencia no aumento da estabilidade aeróbia em silagens de grãos após a abertura das silagens (SILVA et al., 2019), devido ao gradual acúmulo de produtos da fermentação com propriedades antifúngicas, como o ácido acético e o ácido propiônico. As silagens mais estáveis não sofreram aumento de temperatura causada principalmente pelo crescimento de leveduras e fungos filamentosos levando ao processo de deterioração. Portanto, o tempo de armazenamento em silagem de grãos é um ponto chave para o aumento da disponibilidade do amido para os animais, bem como para a conservação do material.

Figura 1. Nitrogênio amoniacal (N-NH₃) (a) e prolamina (b) da silagem de milho grão úmido (MU) e silagem de milho reidratado (MR) ensiladas sem (Controle) e com *L. buchneri* (LB; 1×10⁵ ufc/g) em diferentes tempos de estocagem. Adaptado de Da Silva et al. (2019).

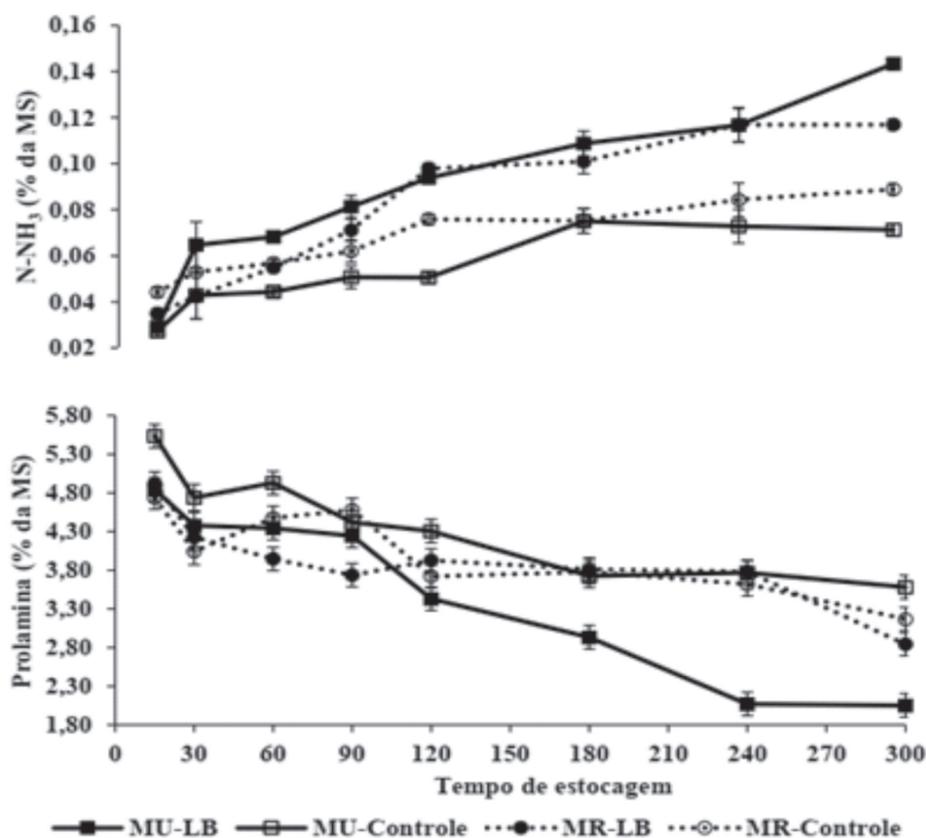


Figura 2. Degradabilidade *in situ* da MS da silagem de milho grão úmido (MU) e silagem de milho grão reidratado (MR) com dois tamanhos partícula em diferentes tempos de estocagem. Linhas demonstram os valores previstos pelo modelo *broken-line* (linear, linear) para incubação por 12 horas. Adaptado de Da Silva et al. (2019).

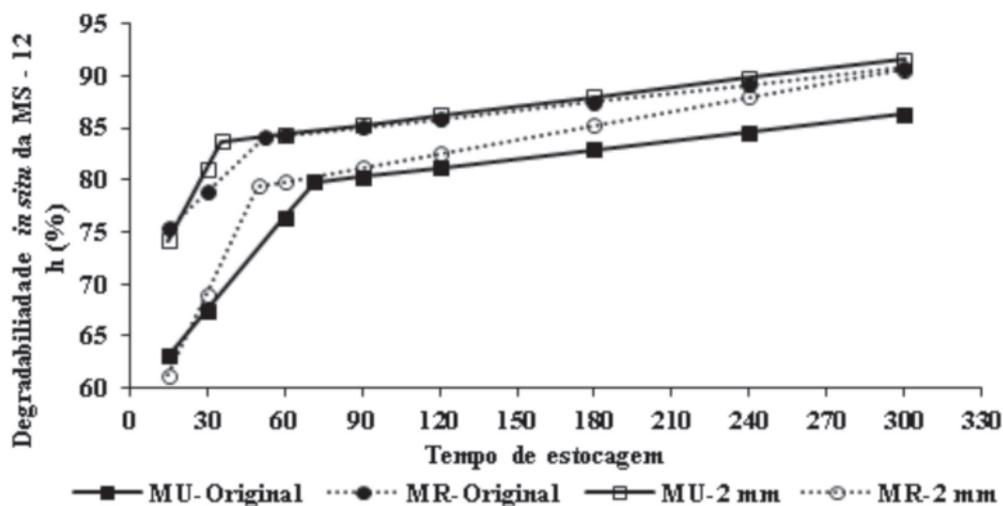
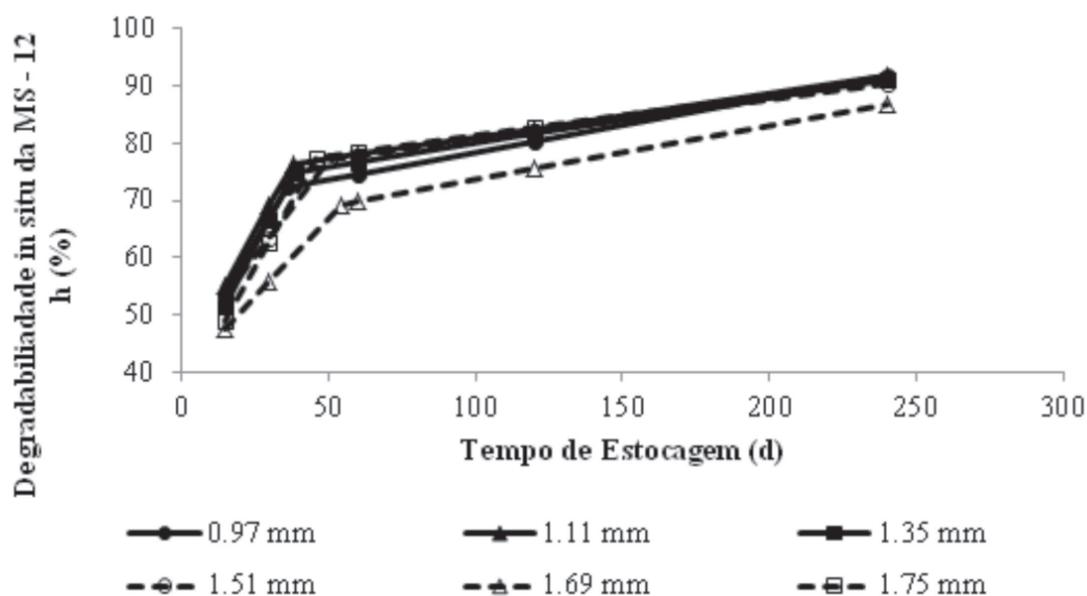


Figura 3. Degradabilidade in situ da MS da silagem de grão de milho reidratada com seis tamanhos de partícula em diferentes tempos de estocagem. Linhas demonstram os valores previstos pelo modelo *broken-line* (linear, linear) para incubação por 12 horas. Gervásio (2021).



Efeitos da moagem na ensilagem de grãos e na digestibilidade do amido

Visto que no Brasil o processamento do milho se faz indispensável, é preciso saber qual a melhor forma de se processar o milho para se ter melhor aproveitamento do amido pelos animais. Atualmente o principal método de processamento do milho ainda é a moagem do grão, o que permite gerar uma variedade de granulometrias.

Ao avaliar o desempenho de animais consumindo dieta com grão de milho inteiro sem volumoso ou dieta com inclusão de milho moído juntamente com silagem de milho planta inteira, Carvalho (2015) observou que animais Nelore tiveram menor eficiência alimentar que animais da raça Angus independente da dieta, o que foi justificado pela menor capacidade dos animais Nelore em aproveitar o amido comparado a animais Angus. Fato que corrobora ainda mais com a ideia de necessidade de buscar extrair a máxima disponibilidade do amido quando se trabalha com animais Nelore. Outro ponto observado foi o alto teor de amido fecal independente de dieta e de raça, mesmo com a baixa

excreção de fezes quando os animais consumiram a dieta com grão inteiro, e isso representa uma dificuldade em se aproveitar o amido que escapa da digestão no rúmen e vai para o intestino.

Por isso a moagem prévia ao processo de ensilagem dos grãos úmidos ou reidratados, são usadas para aumentar a digestibilidade do amido no trato digestivo total dos animais, disponibilizando mais energia metabolizável. No caso de silagem de milho grão úmido o processamento empregado é mais grosseiro devido ao conteúdo de umidade interna dos grãos ser alto. Isso impede que os grãos sejam moídos em moinhos com peneiras de crivo pequeno, devido à dificuldade de passagem pelo crivo, sendo mais comum o uso de moinhos do tipo rolo, que faz o esmagamento dos grãos. Já em silagem de grão de milho reidratado, a moagem se faz antes da reidratação dos grãos secos, permitindo uma gama maior de graus de moagem. É importante ressaltar que a moagem antes da ensilagem é fundamental também para o processo fermentativo adequado dos grãos. Ferraretto, Crump e Shaver (2013) realizaram meta análise com a finalidade de estimar os efeitos de diferentes métodos de processamento de grãos, observou que a redução no tamanho de partícula (> 2 mm para < 2 mm) na silagem de milho grão úmido aumentou a digestibilidade no trato digestivo total de 89,5% para 95,2%. Esse fato pode ser explicado pelo aumento da superfície de contato para a digestão bacteriana e enzimática (HUNTINGTON, 1997) de partículas mais finas e pelo aumento na taxa de passagem de partículas mais grosseiras e mais densas pelo trato gastrointestinal (NOCEK; TAMMINGA, 1991).

Os moinhos de martelos permitem a produção de moagens mais finas, ele realiza a redução de tamanho por impacto dos martelos com os produtos que entram no moinho. A distribuição do tamanho de partícula tem grande variação podendo haver na mesma moagem partículas grandes e pequenas, e geralmente são de forma esférica (KOCH, 2002). No moinho de rolo, a redução de tamanho é conseguida pela combinação de forças, principalmente compressão e cisalhamento. Se os rolos giram na mesma velocidade, a compressão é a principal força usada. Se os rolos giram em velocidades diferentes, o cisalhamento e

compressão são as principais forças usadas (KOCH, 2002), e as partículas produzidas tendem a ter tamanho uniforme, e são irregulares quanto à forma.

No trabalho de Gervásio (2021) as taxas de moagem do milho encontradas quando utilizadas peneiras de 3 mm, 5 mm, 8 mm, 10 mm, 12 mm e 15 mm do moinho de martelo para confecção de silagem de grão de milho reidratado foram 6,6; 8,4; 9,6; 11,4; 12,6 e 15 toneladas por hora respectivamente. Demonstrando uma relação positiva do crivo da peneira e do trabalho do moinho, o que resulta em menor desprendimento de energia na fazenda quando se trabalha com tamanhos de partícula maiores. Porém o que pode ocorrer no caso de silagem de milho reidratado é que, quando o milho é moído em peneiras com crivos maiores há um efeito de percolação da água quando adicionada, ou seja, pode escorrer pelo painel do silo ocasionando uma heterogeneidade de matéria seca da silagem, sendo que o topo do silo fica com uma matéria seca maior e a parte inferior fica mais úmida o que pode favorecer a deterioração da silagem mais rapidamente. Nos estudos de Gomes et al.,(2020) e Gervásio (2021) silagens de grão de milho reidratado com tamanho de partícula menor tiveram maior concentração de ácido acético do que silagens com maior tamanho de partícula, o que é desejável nas silagens devido à capacidade desse ácido de inibir o crescimento de leveduras e fungos filamentosos e melhorar a estabilidade aeróbia, além disso no trabalho de Gervásio (2021) houveram maiores perdas de matéria seca nas silagens com maior tamanho de partícula durante maior parte do tempo de armazenamento.

Outro ponto já visto anteriormente é que silagem de milho reidratado com tamanho de partícula maior necessita de um tempo de estocagem maior para se ter maior aproveitamento em degradabilidade do amido. Gomes et al. (2020) observaram que mesmo após 180 dias de estocagem a silagem de milho reidratado com diâmetro geométrico médio de 2,30mm processado em moinho de rolo não alcançou a mesma degradabilidade do amido da silagem de milho reidratado com 1,30mm, confeccionada em moinho de martelo. No trabalho de Gervásio (2021) é observado que em silagem de milho reidratado estocadas por pouco

tempo é preferível trabalhar com crivos menores de peneiras no moinho de martelo para atingir maiores digestibilidades.

Uso de aditivos na ensilagem de grãos de milho e sorgo

Ao explorar a ensilagem de grãos úmidos de milho e grãos reidratados de milho e sorgo é fundamental cuidar do manejo do processo de ensilagem para minimizar perdas fermentativas e prevenir a deterioração aeróbia. Um dos principais problemas observados na ensilagem de grãos de milho e sorgo é sua propensão a deterioração aeróbia nas áreas periféricas do silo e após a abertura durante a fase utilização da silagem (Da SILVA et al., 2018; Da SILVA et al., 2019; GERVÁSIO, 2021; MORAIS et al., 2017; Santos et al., 2019; SEBASTIAN et al., 1996). Existe uma grande diversidade de aditivos microbianos, também chamados de inoculantes, e químicos utilizados na melhoria do processo fermentativo e na redução de perdas por fermentações inadequadas e deterioração aeróbia. Alguns desses aditivos apresentam maior efetividade na ensilagem de grãos de milho e sorgo.

Os inoculantes bacterianos, classificados como estimuladores da fermentação, como as bactérias ácido lácticas heterofermentativas facultativas (chamadas também de homofermentativas), como *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus* e *Enterococcus faecium*, tem a capacidade de melhorar o processo fermentativo e acelerar a acidificação da silagem, o que reduz as fermentações secundárias e proporciona maior recuperação de energia. Entretanto, o uso desses aditivos em silagens de milho pode agravar ainda mais o problema da deterioração aeróbia após a abertura e nas áreas periféricas de silos horizontais. Em muitos trabalhos é possível observar decréscimo na estabilidade aeróbia, devido à menor produção de substâncias inibidoras de fungos, como o ácido acético, e maior contagem de leveduras (Da SILVA et al., 2018; KLEINSCHMIT, SCHMIDT e KUNG, 2005). Já Kung et al. (2004) não observaram diferença entre o controle e as silagens de milho grão úmido com inoculantes bacterianos (entre eles o *Lactobacillus plantarum*) na estabilidade aeróbia das silagens, embora as silagens inoculadas

apresentassem numericamente menor estabilidade aeróbica. A ensilagem de grãos de milho e sorgo tem demonstrado adequado perfil de fermentação, boa queda do pH (min. 3,7 e máx. 4,5), e baixas perdas de matéria seca (min. 18,3 g/kg e máx. 34,4 g/kg) (Da SILVA et al., 2018; Da SILVA et al., 2019; GERVÁSIO; 2021; MORAIS et al., 2017; SANTOS et al., 2019). Em um trabalho de meta análise com dados de ensilagem de grãos de milho úmidos, Morais et al. (2017) observaram que as perdas de MS foram similares entre silagens inoculadas com bactérias homofermentativas quando comparados às silagens controle, e ambas apresentaram baixas perdas fermentativas. Portanto, o uso de bactérias heterofermentativas facultativas como inoculante não gera benefícios ao processo fermentativo que justifiquem seu uso, quando o processo de ensilagem é bem executado.

A deterioração aeróbica, comum em silagens de grãos, pode ocorrer quando há entrada de oxigênio na massa ensilada. Essa entrada pode ocorrer por falhas na vedação, uso de lonas mais permeáveis ao oxigênio e durante a etapa de utilização da silagem. Com a entrada de oxigênio as leveduras iniciam a oxidação de ácido lático gerando aumento de pH da massa ensilada. O que torna o ambiente mais propício para o aparecimento de microrganismos deterioradores (PAHLOW et al., 2003). O processo de deterioração pode ser agravado em regiões de clima tropical, uma vez que as altas temperaturas podem aumentar a taxa de crescimento dos microrganismos deterioradores (ASHBELL et al., 2002). O processo de deterioração aeróbia está associado com altas perdas de nutrientes e matéria seca, diminuição da ingestão (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991; BOLSEN; WHITLOCK; URIARTE-ARCHUNDIA, 2002) e relação com problemas de saúde animal, uma vez que há riscos de contaminações por microrganismos patogênicos e produção de micotoxinas (QUEIROZ; RABAGLINO; ADESOGAN, 2011).

O uso de aditivos classificados com inibidores de deterioração aeróbia tem demonstrado resultados positivos no controle de deterioração em silagens de milho planta inteira. Dentre eles, o *Lactobacillus buchneri* vem sendo um dos mais estudados nos últimos

anos (KUNG; STOKES; LIN, 2003). O *Lactobacillus buchneri* é uma bactéria ácido láctica heterofermentativa obrigatória, capaz de produzir, pela fermentação de glicose e frutose, ácido láctico, ácido acético, manitol e etanol. A falta da enzima acetaldeído desidrogenase impede a redução do acetaldeído em etanol, aumentando a produção de ácido acético (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Cepas heterofermentativas obrigatória também aumentam o ácido propiônico, que pode ser produzido pela adição de *Propionibacterium* spp ou pela degradação de 1,2-propanodiol (KROONEMAN et al., 2002) resultante do metabolismo de *L. buchneri*. Justamente esses componentes, o ácido acético e ácido propiônico, proporcionam melhorias na estabilidade aeróbia das silagens, por suas características antifúngicas. Isso porque o pH da massa ensilada é inferior ao seu pKa desses ácidos, o que faz com que ele esteja na forma não dissociada. Nessa forma, ele entra na célula microbiana através da sua membrana via transporte passivo. Uma vez dentro da célula, o ácido é dissociado, em razão do pH interno ser próximo a 7,0 e ocorrer a liberação dos íons H⁺, acidificando o meio intracelular (LAMBERT; STRATFORD, 1999). Para manter a neutralidade da célula, os microrganismos eliminam os íons por transporte ativo, levando a um gasto de energia que prejudica seu crescimento e multiplicação, podendo levá-los à morte.

Em 26 resultados de experimentos com silagem de milho planta inteira sumarizando por Kleinschmit e Kung (2006) foi observado aumento na concentração de ácido acético, decréscimo no número de leveduras e aumento da estabilidade aeróbia das silagens tratadas com *L. buchneri*. Resultados semelhantes também foram encontrados por Morais et al. (2017), Da Silva et al. (2018) e Da Silva et al. (2018) em silagens de grãos inoculadas com bactérias heterofermentativas. O efeito positivo de aumento da estabilidade aeróbia, nas silagens de grão úmido de milho inoculadas com *L. buchneri* foi relatado no trabalho de Taylor e Kung (2002) com aumento de estabilidade de 84 para 208 horas nas silagens controle em relação às silagens inoculadas com a dose mais baixa de *L. buchneri* e enzimas aos 166 dias de estocagem. O mesmo ocorreu no trabalho de Kung Jr. et al. (2007) com aumento da

estabilidade aeróbia de 50 horas no controle para mais de 200 horas nas silagens inoculadas com *L. buchneri* e *L. buchneri* mais enzima. Com base nos trabalhos de Taylor e Kung (2002), Kung Jr. et al. (2007) e Basso et al. (2012), em média, o incremento na estabilidade aeróbia com a inoculação de *L. buchneri* nas silagens de milho grão úmido é de 250% em relação ao controle.

Taxas de inoculação dos aditivos microbianos e tempo de armazenamento são determinantes para repostas mais efetivas sobre a estabilidade aeróbia. Doses de 1×10^5 ufc/g aumentaram a estabilidade aeróbia em silagens de grãos de milho reidratado aos 124 dias de estocagem (Da SILVA et al., 2018) e em silagens de grãos de milho reidratado e úmido a partir de 30 e 60 dias de estocagem, respectivamente (Da SILVA et al., 2019). Sendo que as diferenças se tornaram maiores ao longo do tempo de estocagem (Da SILVA et al., 2019). Já na meta análise de Morais et al. (2017) com vários tipos de bactérias heterofermentativas, observaram maior eficiência com doses de $4,67 \times 10^5$ ufc/g.

O uso de aditivos químicos tem se mostrado eficazes na prevenção de perdas de MS e no aumento de estabilidade aeróbia de silagens de grãos de milho e sorgo. O aumento da estabilidade aeróbia é a resposta alcançada com maior frequência em função da redução de microrganismos deteriorantes, como leveduras (MORAIS et al., 2017; SANTOS et al., 2019). No conjunto de dados utilizado por Morais et al. (2017) a maioria das respostas positivas foi alcançada pelos aditivos com taxas de aplicação superiores a 3,0 g/kg. Já Santos et al. (2019) observaram aumento da estabilidade aeróbia e redução nas perdas de matéria seca com taxa de aplicação de 2 g/kg de silagens de grãos de sorgo reidratados.

Outro ponto a ser levantado é a influência do uso de inoculantes no aumento da degradação do amido. Segundo Junges et al. (2017), a atividade proteolítica das bactérias é responsável por 60,4% da degradação de proteína em silagens de grãos de milho reidratado. Portanto, o efeito dos inoculantes sobre o perfil microbiano das silagens possivelmente poderá influenciar a degradação de amido nas silagens

de milho reidratado e silagem de milho grão úmido. Da Silva et al. (2018) observou redução na concentração de prolaminas e aumento na digestibilidade *in situ* por 12 e 24 horas de silagens de milho reidratado inoculados com *Lactobacillus buchneri*.

Aspectos relacionados ao desempenho de animais consumindo silagens de grãos

Desde a década de 70 quando se iniciaram as pesquisas com silagem de grão, a resposta animal sempre era o foco de estudo, os pesquisadores buscavam responder quais os efeitos do processamento no desempenho e metabolismo dos bovinos de corte. Comparado ao milho seco moído ou não, a maioria dos resultados de pesquisa com animais consumindo silagens de grãos úmidos ou reidratados de milho já demonstravam na época uma queda de consumo de matéria seca sem afetar o ganho médio diário com conseqüente aumento da eficiência alimentar, porém os mecanismos por trás desses resultados não eram muito explorados ainda.

Em um estudo realizado em Nebraska (OWENS e BASALAN, 2013), dez híbridos de milho foram processados nas formas de laminado a seco, floculação, ou ensilagem de grãos úmidos, sendo comparados quanto à digestibilidade do amido no trato total e no rúmen de novilhas Holandesas. A digestibilidade do trato total nos híbridos na forma de laminação a seco variou de 89% a 95% devido principalmente à diferença de vitreosidade entre os híbridos, já nos outros tipos de processamentos úmidos a variação foi muito menor e os resultados foram de 99% a 100% de digestibilidade. Assim, mesmo nos híbridos mais digestíveis, somente o processamento a seco não alcançou os valores de digestibilidade total dos híbridos quando floculados ou ensilados úmidos. Outro ponto observado foi que quando o milho estava na forma de silagem de grão úmido e floculado o principal sítio de digestão do amido foi o rúmen, com um menor escape de amido para o intestino delgado, isto significa que o aumento de digestão do amido do rúmen está altamente relacionado com o aumento de digestão no trato total dos animais, portanto é importante não permitir o escape de amido

para o intestino. Ferraretto, Crump e Shaver (2013) demonstraram que fluxo duodenal de amido é inversamente correlacionado com a digestão no trato digestivo total, portanto o aumento do fluxo de amido para o duodeno reduz a digestão pós-ruminal do amido e, conseqüentemente, reduz a digestão total do amido. A redução na digestão pós-ruminal do amido em função do aumento do fluxo de amido no duodeno está relacionada à alta taxa de passagem através dos intestinos, que leva a um tempo insuficiente para completar a hidrólise do amido (OWENS, ZINN, e KIM, 1986) ou a insuficiente atividade da amilase pancreática (HUNTINGTON, 1997).

Diversos experimentos têm demonstrado o potencial da silagem de milho com alta umidade em aumentar a eficiência alimentar de bovinos confinados. Ladely et al. (1995), avaliando o efeito dos métodos de processamento sobre três híbridos de milho (lenta, média e rápida taxa de desaparecimento do amido *in vitro*), observaram aumento da eficiência alimentar de 11,3% nos bovinos em terminação alimentados com silagem de milho com alta umidade (inclusão de 83% da MS) em comparação com o grão seco moído. Aumento na eficiência alimentar de 15,4% foi observado por Costa et al. (2002), avaliando o desempenho de bovinos superprecoces alimentados com diferentes fontes de volumoso (silagem de milho e feno de aveia; relação volumoso/concentrado de 40:60 e 30:70, respectivamente) e grãos de milho ensilados ou secos. Henrique et al. (2007) compararam o efeito de dietas contendo milho úmido ou seco, e Huck et al. (1998), avaliando o efeito dos métodos de processamento do grão de milho observaram um aumento de eficiência alimentar de 9,7% e 3,4%, respectivamente. Resultados semelhantes também foram encontrados por Scott et al. (2003) e Corrigan et al. (2009) em bovinos alimentados com silagem de milho com alta umidade e subprodutos (glúten de milho úmido e grãos destilados), com o aumento na eficiência alimentar de 5,0% e 12,3%, quando comparados com as dietas que continham milho seco e os mesmos subprodutos.

Da Silva (2016) ao avaliar dietas contendo milho seco moído ou dietas onde foi totalmente substituído o milho seco por silagens de

grãos úmidos ou reidratados de milho, observou uma redução no consumo de matéria seca próximo a 22,4% para os bovinos Nelore consumindo dietas com silagens de grãos (Figura 4), sem afetar o ganho de peso dos animais. Nas dietas com silagens de grãos úmidos ou reidratados a digestibilidade do amido no trato total dos animais foi acima de 99% (Figura 5), e a produção dos ácidos orgânicos no rúmen foi maior em comparação com os animais que consumiram o milho seco, o que resultou em uma queda mais acentuada do pH no rúmen chegando a próximo de 5,8 com seis horas após a alimentação. Também com o consumo das silagens de grão a quantidade de propionato no rúmen foi aumentada e o nitrogênio amoniacal disponível foi rapidamente consumido, o que significa um melhor sincronismo de fontes de carbono e proteína para serem utilizadas pelas bactérias ruminais. Rápida absorção e elevadas taxas de metabolização do propionato podem estimular sua oxidação no fígado, aumentando o status energético dos hepatócitos, gerando um sinal de saciedade para o término da refeição. O aumento do fluxo de propionato para o fígado, principalmente em períodos curtos, pode levar à redução na ingestão de matéria seca (ALLEN et al., 2009).

Em uma metanálise realizada por Jovaci et al. (2020) reunindo 21 trabalhos comparando animais Nelore em confinamento consumindo dietas contendo milho seco moído ou inclusão de silagens de grão, foi observado que o consumo dos animais foi 14% menor quando alimentados com as silagens como fonte de milho sem afetar o ganho médio diário, e ainda houve um aumento de 18,3% em eficiência alimentar desses animais, o que significa menos gasto com dieta por arroba produzida. Um ponto abordado pelos autores é o nível de inclusão dessas silagens ao substituir o milho seco das dietas. Foi observado que animais que tinham baixa ingestão calórica diária, considerado por eles menor que 111 MJ/dia, melhoram o consumo de energia metabolizável (EM) quando há a substituição de milho seco por silagem de grão de milho úmido ou reidratado, mas quando já consomem dietas altamente energéticas, por exemplo dietas com alta inclusão de grãos, a adição dessas silagens faz com que haja um menor consumo de EM,

devido a uma queda brusca no consumo de MS. Nesse caso, a inclusão de FDN na dieta pode ser benéfica (OWENS e BASALAN, 2013) por haver um efeito de diluição.

Dietas com alta inclusão de grãos e maior processamento do milho geram um aumento na produção de ácidos graxos de cadeia curta no rúmen, ocorrendo alterações sobre o padrão de fermentação ruminal (ALLEN et al., 2009). Como consequência pode haver a elevação da produção de lactato, causando uma queda mais brusca do pH ruminal aumentando a incidência de doenças metabólicas, particularmente acidose ruminal (OWENS e ZINN, 2005). Evitar distúrbios metabólicos inclui estratégias que modifiquem o padrão de fermentação. O uso do milho seco junto a silagens de grão de milho úmido ou reidratados em dietas pode ser utilizado a fim de balancear a taxa de degradação do amido, evitando a queda do consumo de matéria seca. Outro ponto a ser considerado é a adequação do tipo e dose de aditivos usados nas dietas, a fim de promover a redução das chances de distúrbios metabólicos.

Além disso, como falado anteriormente, a escolha do tamanho da partícula dessas silagens é importante para o planejamento de abertura do silo, porém é preciso entender se a variação na moagem, como por exemplo, aumentar o tamanho de partícula pode atuar também como uma estratégia de amenizar a alta taxa de fermentação segurando o consumo dos animais. No estudo de Gervásio (2021), objetivou avaliar dois tamanhos de partícula de silagem de grão de milho reidratado (0,95 mm vs 1,72 mm) e inclusões na dieta, sendo dieta com 100% de SMR vs dieta com 50% de SMR + 50% de milho seco moído como fonte de milho para bovinos Nelore em terminação. Ao contrário da hipótese do trabalho de que maior tamanho de partícula de silagem de grão de milho reidratado poderia segurar mais o consumo e melhorar o desempenho, não houve efeito do tamanho de partícula da silagem no consumo e desempenho dos animais. Os tratamentos com 100% de inclusão de silagem de grão de milho reidratado independente do tamanho de partícula proporcionaram maior energia líquida da dieta, aumentando a eficiência alimentar de carcaça dos animais, podendo

então ser recomendado a inclusão total dessas silagens como fonte de milho sem afetar o desempenho. Contudo é importante se atentar ao período de adaptação dos animais à essas dietas com alta inclusão de silagens de grãos, e também a fonte e o teor de fibra na dieta.

Figura 4. Consumo de MS (kg/dia) de bovinos Nelore terminados em confinamento alimentados com milho grão seco moído (MSC), silagem de milho grão úmido (MU), silagem de milho grão úmido inoculado com *L. buchneri* (MUB; NCIMB 40788 na de 1×10^5 ufc/g), silagem de milho reidratado (MR), silagem de milho reidratado inoculado com *L. buchneri* (MRB; NCIMB 40788 na de 1×10^5 ufc/g). Adaptado de Da Silva (2016).

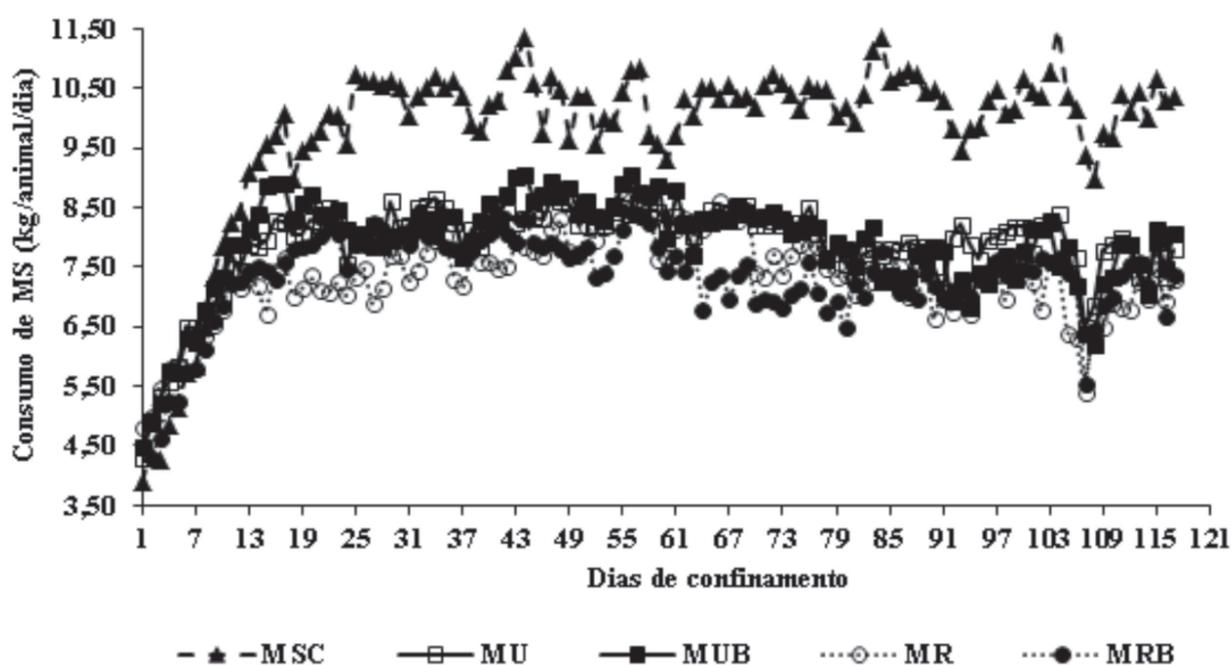
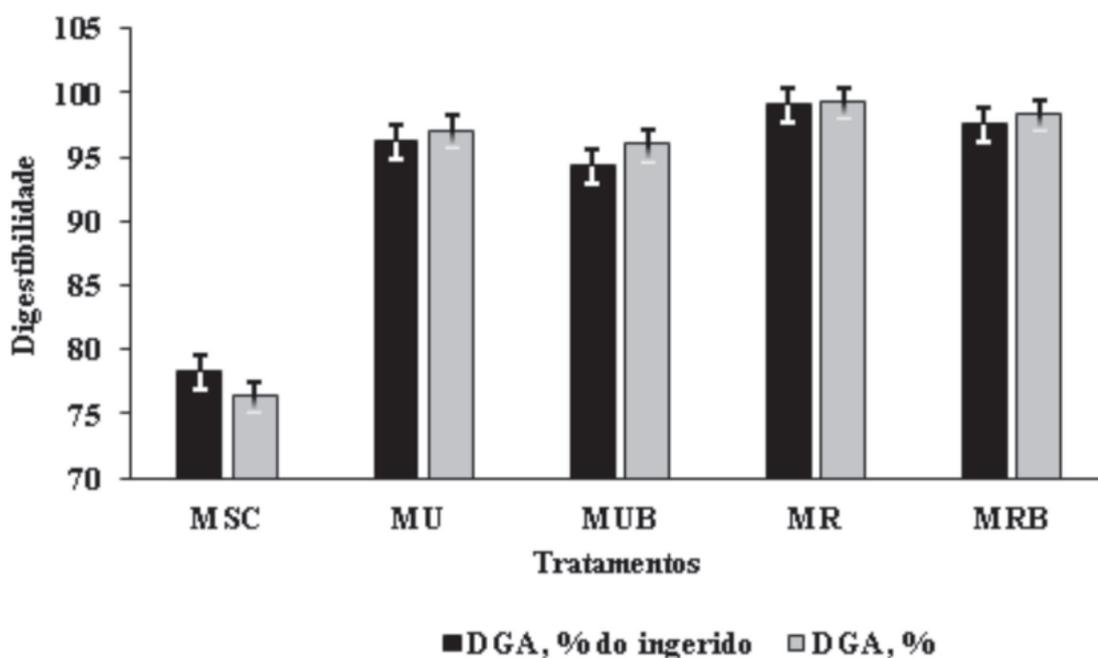


Figura 5. Digestibilidade do amido nas dietas de bovinos Nelore terminados em confinamento alimentados com milho grão seco moído (MSC), silagem de milho grão úmido (MU), silagem de milho grão úmido inoculado com *L. buchneri* (MUB; NCIMB 40788 na de 1×10^5 ufc/g), silagem de milho reidratado (MR), silagem de milho reidratado inoculado com *L. buchneri* (MRB; NCIMB 40788 na de 1×10^5 ufc/g). DGA,% do ingerido = digestibilidade do amido em função da % do ingerido, calculado pela equação $DGA, \% \text{ do ingerido} = 100 \times \{1 - [(0,938 + 0,497 \times NF + 0,0853 \times NF^2) \times AF / AD]\}$, onde NF é a % de N fecal, AF é % de amido nas fezes e AD é a % do amido na dieta ($P < 0,01$, Zinn et al., 2007); DGA,% = digestibilidade do amido, calculado pela equação $DGA, \% = 99,9 + 0,413 \times AF - 0,0131 \times AF^2$ onde AF é % de amido nas fezes ($P < 0,01$, Zinn et al., 2007). Adaptado de Da Silva (2016).



Referências

ALLEN, M.S; BRADFORD, B.J; OBA, M. Board invited review: the hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *Journal of Animal Science* v.87 p.3317-3334. 2009.

ASHBELL, G.; WEINBERG, Z. G.; HEN, Y; FILYA, I. The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, Hampshire, v. 28, n. 5, p. 261-263, may. 2002.

BASSO, F. C.; BERNARDES, T. F.; ROTH, A. P. T. P.; RABELO, C. H. S.; RUGGIERI, A. C.; REIS, R. A. Fermentation and aerobic stability of high-moisture corn silages inoculated with different levels of *Lactobacillus buchneri*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 41, p. 2369-2373, 2012.

BENTON, J.R.; KLOPFENSTEIN, J.T.; ERICKSON, G.E. Effects of corn moisture and length of ensiling on dry matter digestibility and rumen degradable protein. *Nebraska Beef Cattle Reports*. 151. 2005.

BOLSEN, K. K.; WHITLOCK, L. A.; URIARTE-ARCHUNDIA, M. E. Effect of surface spoilage on the nutritive value of maize silage diets. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13., 2002, Auchincruive. Proceedings... Auchincruive, Scotland: [Cornell University], 2002. p. 76-77.

CARVALHO, B. F.; AVILA, C. L. S.; BERNARDES, T. F.; PEREIRA, M. N.; SANTOS, C.; SCHWAN, R. F. Fermentation profile and identification of lactic acid bacteria and yeasts of rehydrated corn kernel silage. *Journal of Applied Microbiology*, v. 122, p. 589–600. 2016. doi:10.1111/jam.13371

CARVALHO, J.R.R.d. Desempenho e aproveitamento pós-ruminal do amido em tourinhos Nelore e Angus alimentados com dietas com grãos de milho inteiro e sem volumoso. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

CARVALHO-ESTRADA, P. A.; FERNANDES, J.; SILVA, É. B., TIZIOTO, P.; PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P.; COUTINHO, L. L.; VERDI, M. C. Q.; NUSSIO, L. G. Effects of hybrid, kernel maturity, and storage period on the bacterial community in high-moisture and rehydrated corn grain silages. *Systematic and Applied Microbiology*, v. 43, p. 1-10. 2020. doi.org/10.1016/j.syapm.2020.126131

CORREA, C.E.S; SHAVER, R.D; PEREIRA, M.N; LAUER, J.G, KOHN, K. Relationship between Corn Vitreousness and Ruminal In Situ Starch Degradability. *Journal of Dairy Science* v.85, p. 3008–3012. 2002.

CORRIGAN, M. E.; ERICKSON, G. E.; KLOPFENSTEIN, T. J.; LUEBBE, M. K.; VANDER POL, K. J.; MEYER, N. F.; BUCKNER, C. D.; VANNESS, S. J.;

HANFORD, K. J. Effect of corn processing method and corn wet distillers grains plus solubles inclusion level in finishing steers. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 87, p. 3351–3362, 2009.

COSTA, C.; ARRIGONI, M B.; SILVEIRA, A. C.; OLIVEIRA, H. N de. Desempenho de bovinos superprecoces alimentados com silagem de milho ou feno de aveia e grãos de milho ensilados ou secos. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 24, n. 4, p. 1175-1183, 2002.

DA SILVA, N. C.; NASCIMENTO, C. F.; CAMPOS, V. M. A.; ALVES, M. A. P.; RESEND, F. D.; DANIEL, J. L. P.; SIQUEIRA, G. R. 2019. Influence of storage length and inoculation with *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of high-moisture corn and rehydrated corn grain silage. *Animal Feed Science and Technology*, v. 251, p.124-133. 2019.

DA SILVA, N. C.; NACIMENTO, C. F.; NASCIMENTO, F. A.; RESENDE, F. D.; DANIEL, J. L. P.; SIQUEIRA, G. R. Fermentation and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of *Lactobacillus buchneri* or a combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 101, p. 4158–4167. 2018. doi: 10.3168/jds.2017-13797

DA SILVA, N.C. Características das silagens de grãos de milho influenciadas pela reidratação e pela inoculação com *L. buchneri* sobre o desempenho de bovinos de corte confinados. 130 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) –Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.2016.

FERNANDES, J; DA SILVA, E.B; CARVALHO-ESTRADA, P.d.A; DANIEL J.L.P; NUSSIO L.G. Influence of hybrid, moisture, and length of storage on the fermentation profile and starch digestibility of corn grain silages, *Animal Feed Science and Technology* v. 271, p.2021.

FERRARETTO, L. F.; CRUMP, P. M.; SHAVER, R. D. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 96, n. 1, p. 533–550, jan. 2013.

FERRARETTO, L.F; TAYSOM, K; TAYSOM, D.M; SHAVER, D; HOFFMAN, P.C. Relationships between dry matter content, ensiling, ammonia-nitrogen, and ruminal in vitro starch digestibility in high-moisture corn samples. *Journal of Dairy Science*. v.97, p.3221-3227.2014.

GERVÁSIO, J. R. S. Reidratação e ensilagem de grãos de milho com diferentes granulometrias e inclusões na dieta para bovinos de corte. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2021.

GOMES, A.L.M.; BUENO, A.M.; JACOVACI, F.A.; DONADEL, G.; FERRARETTO, L.F.; NUSSIO, L.G.; JOBIM, C.C.; DANIEL, J.L.P. Effects of processing, moisture, and storage length on the fermentation profile, particle size, and ruminal disappearance of reconstituted corn grain. *Journal of Animal Science*, v.98, p.1-9.2020.

HENRIQUE, W.; BELTRAME FILHO, J. A.; LEME, P. R.; LANNA, D. P. D.; ALLEONI, G. F.; COUTINHO FILHO, J. L. V.; SAMPAIO, A. A. M. Avaliação da silagem de grãos de milho úmido com diferentes volumosos para tourinhos em terminação. Desempenho e características de carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.36, n.1, p.183-190, 2007.

HUCK, G. L.; KREIKEMEIER, K. K.; KUHL, G. L.; ECK, T. P.; BOLSEN, K. K. Effects of Feeding Combinations of Steam-Flaked Grain Sorghum and Steam-Flaked, High-Moisture, or Dry-Rolled Corn on Growth Performance and Carcass Characteristics in Feedlot Cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 76, v. 2984–2990, 1998.

HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 75, p. 852–867, 1997.

JACOVACI, F.A.; SALVO, P.A.R.; JOBIM, C.C.; DANIEL, J.L.P. Effect of ensiling on the feeding value of flint corn grain for feedlot beef cattle: A meta-analysis. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 50:e20200111.2020.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G. Princípios básicos da fermentação na ensilagem. *Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros*. 1ª edição. p.649-660.2013.

JUNGES, D.; MORAIS, G.; SPOTO, M. H. F.; SANTOS, P. S.; ADESOGAN, A. T.; NUSSIO, L. G.; DANIEL, J. L. P. Short communication: Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 100, p. 9048–9051. 2017.

KLEINSCHMIT, D. H.; SCHMIDT, R. J.; KUNG, L., JR. The effects of various antifungal additives on the fermentation and aerobic stability of corn silage. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 88, p. 2130–2139, 2005.

KLEINSCHMIT, D. H.; KUNG, L. JUNIOR. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 89, n. 10, p. 4005-4013, oct. 2006.

KOCH, K. Hammermills and Roller mills. Kansas State University. Disponível em: < <https://bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/mf2048.pdf>>. Acesso em: 15 out 2021.

KROONEMAN, J.; FABER, F.; ALDERKAMP, A.; ELFERINK, S.; DRIEHUIS, F.; CLEENWERCK, I.; SWINGS, J.; GOTTSCHAL, J.; VANCANNEYT, M. *Lactobacillus diolivorans* sp nov., a 1,2-propanediol-degrading bacterium isolated from aerobically stable maize silage. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, v. 52, p. 639-646. 2002.

KUNG, L. JUNIOR.; STOKES, M. R.; LIN, C. J. Silage additives. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H (Co-ed.). *Silage science and technology*. Madison: ASA, 2003. Cap. 7, p. 305-360. (Agronomy, 42).

KUNG, Jr., L.; MYERS, C. L.; NEYLON, J. M.; TAYLOR, C. C.; LAZARTIC, J.; MILLS, J. A.; WHITER, A. G. The Effects of Buffered Propionic Acid-Based Additives Alone or Combined with Microbial Inoculation on the Fermentation of High Moisture Corn and Whole-Crop Barley. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 87, p. 1310–1316, 2004.

KUNG, JR., L.; SCHMIDT, R. J.; EBLING, T. E; HU, W. The Effect of *Lactobacillus Buchneri* 40788 on the Fermentation and Aerobic Stability of Ground and Whole High-Moisture Corn. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 90, p. 2309–2314, 2007.

LADELY, S. R.; STOCK, R. A.; GOEDEKEN, F. K.; HUFFMAN, R. P. Effect of corn hybrid and grain processing method on rate of starch disappearance and performance of finishing cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 73, p. 360-364, 1995.

LAMBERT, R. J.; STRATFORD, M. Weak-acid preservatives: modelling microbial inhibition and response. *Journal of Applied Microbiology*, Oxford, v. 86, n. 1, p. 157-164, jan. 1999.

McDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. Microorganisms. In: McDONALD, P. *The biochemistry of silage*. 2. ed. Aberystwyth, UK: Chalcombe Publications, p. 81-152.1991

MORAIS, G.; DANIEL, J.L.P.; KLEINSHMITT, C.; CARVALHO, P.A.; FERNANDES, J.; NUSSIO, L.G. Additives for grain silages: a review. *Slovak J. Anim. Sci.* v. 20, p. 42–54. 2017.

NOCEK, J. E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effects on milk yield and composition. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 74, p. 3598–3629, 1991.

OWENS, F.; BASALAN, M. Grain Processing: Gain and Efficiency Responses by Feedlot Cattle. *The Plains Nutrition Council 2013 Spring Conference* Amarillo, Texas. p.76-100.2013.

OWENS, F. N., R. A. ZINN, Y. K. KIM. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 63, p. 1634–1648. 1986.

OWENS, F.N; ZINN, R.A. Corn grain for cattle: influence of processing on site and extent of digestion. In: *SOUTHWEST NUTRITION CONFERENCE. Proceedings...Nebraska*: p. 86-112.2005.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK; S. J. W. H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H (Co-ed.). *Silage science and technology*. Madison: ASA, 2003. Cap. 2, p. 31-93. (Agronomy, 42).

PEREIRA, M.N.; PEREIRA, R.A.N.; BITECOURT, L.L.; JÚNIOR, G.S.D.; LOPES, N.M.; ZACARONI, O.F. Silagem do milho reidratado na alimentação do gado leiteiro. Belo Horizonte: EPAMIG: Informe Agropecuário 96p.2013.

PHILIPPEAU, C.; LANDRY, J.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability. J. Sci. Food Agric. 80:404–408, 2000.

PINTO, A.C.J.; MILLEN, D.D. Situação atual da engorda de bovinos em confinamento e modelos nutricionais em uso. In: X SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE BOVINOS DE CORTE. Anais... Viçosa: DZO-UFV, p. 103-120. 2016.

QUEIROZ, O. C. M.; RABAGLINO, M. B.; ADESOGAN, A. T. Mycotoxins in silage. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 2., 2011, São Pedro. Proceedings... Piracicaba: FEALQ, 2011. p. 105-126.

SANTOS, W.P.; SALVATI, G.G.S.; ARTHUR, B.A.V.; DANIEL, J.L.P.; NUSSIO, L.G. The effect of sodium benzoate on the nutritive value of rehydrated sorghum grain silage for dairy cows. Animal Feed Science and Technology, v. 256, p. 1-6. 2019. doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114267

SCOTT, T.L.; MILTON, C.T.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T. J.; STOCK, R. A. Corn processing method in finishing diets containing wet corn gluten feed. Journal of Animal Science, Champaign, v. 81, p. 3182-3190, 2003.

SEBASTIAN, S; PHILLIP, L. E.; FELLNER, V.; IDZIAK, E. S. Comparative assessment of bacterial inoculation and propionic acid treatment on aerobic stability and microbial populations of ensiled high-moisture ear corn. Journal of Animal Science, Champaign, v. 74, p. 447-456, 1996.

TAYLOR, C. C.; KUNG, L. JR. The effect of Lactobacillus buchneri 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. Journal of Dairy Science, Champaign, v. 85, n. 6, p. 1526–1532, jun. 2002.



INDICADORES DE EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE SILAGENS

Rafael Camargo do Amaral

¹ Zootecnista pela UNESP/Jaboticabal, mestre e doutor em Ciência Animal pela ESALQ/USP.
Departamento Técnico da Lallemand Animal Nutrition - América do Sul.



1 INTRODUÇÃO

A pecuária de corte e de leite está embasada em diversos indicadores para tomadas de decisões dentro da propriedade. Ganho de peso, consumo de matéria seca, produção de leite, taxa de mortalidade, produtividade agrônômica da cultura forrageira, dentre outros, são exemplos comuns e de certa forma, os produtores têm essas variáveis na “ponta da língua”.

O processo de produção de silagens também possui uma série de indicadores de gestão que auxiliam o produtor na confecção da melhor silagem, entretanto, algumas etapas no processo entram no “modo automático”, ou seja, sem critérios técnicos pré-estabelecidos e ausência de medições, como consequência, torna o gerenciamento falho em determinados momentos.

Uma forma para que o produtor possa visualizar possibilidades de melhoria na confecção da silagem, de forma mais ampla, é subdividir o processo em três momentos distintos, conhecido como os 3 S’s da produção de silagens. Esses S’s contemplam os diferentes momentos do alimento como a cultura no S do solo, a confecção, o armazenamento e o descarregamento quando está relacionado ao S do silo e, finalmente, o fornecimento para o consumo do animal no S referente à silagem propriamente dita.

2 OS 3’S DA PRODUÇÃO DE SILAGENS – UM “S” AINDA ESQUECIDO

Nos dias atuais, facilmente se observa que as propriedades estão bem gerenciadas nos S’s do solo e da silagem.

Os produtores e técnicos têm as perguntas relativas aos S’s do solo e silagem muito facilmente respondidas ao serem indagados. No que se refere ao S do solo: Qual o espaçamento entre linhas foi utilizado no plantio? Qual a produção por hectare da cultura? Qual híbrido utilizado? E aquilo que está relacionado ao S da silagem: Quantos quilos de silagem são oferecidos por cabeça por dia? Qual a inclusão de silagem na dieta? Qual o teor de amido da silagem?

Entretanto, ao questioná-los com relação ao S do silo, muitas dúvidas e respostas arbitrárias são observadas. Questionamentos como: Qual a taxa de enchimento do silo? Qual proporção de peso de trator em relação a forragem que chega por hora no silo? Qual o número do silo e sua capacidade de armazenamento? Qual a temperatura da silagem? Qual a taxa de avanço do painel do silo? Qual a perda de MS encontrada por silo? Qual o custo real da silagem utilizada? Essas perguntas, na maioria das vezes, não são respondidas ou se há resposta, ela é dada com superficialidade.

A criação do conceito dos 3 S's tem o objetivo de levar a propriedade para um próximo nível de gerenciamento no processo de confecção e utilização de silagens. É importante o entendimento de que o S do silo é o grande elo de conexão dos outros 2 S's. Geralmente, o S do solo e o S da silagem não tem oportunidades de se conectarem, visto que a produção do volumoso no solo não ocorre no mesmo período do oferecimento dessa silagem e, por essa razão, os responsáveis envolvidos dificilmente se interagem.

A partir do momento em que se inicia o foco no S do silo, o relacionamento entre o S do solo e o S da silagem começam a existir. As interpretações do S do silo se iniciam no momento da definição da colheita do alimento e termina quando a silagem é fornecida para os animais. Aqui um exemplo das possíveis conexões entre os S's: S do solo – capim colhido com excelente valor nutritivo, S da Silagem – animais com baixa aceitação da silagem oferecida. Apenas com essa informação, o sentido parece não existir – Como um capim de excelente valor nutritivo, gera uma aceitação baixa pelos animais? O porquê dessa pergunta, não é respondido no S do solo, nem no S da silagem, mas sim no S do silo! Capim com excelente valor nutritivo, apresenta elevada umidade e, essa por sua vez, permite que bactérias indesejáveis, como as do gênero *Clostridium* e Enterobactérias, cresçam e produzam o ácido butírico e outros compostos que causam inibição no consumo da silagem, além de perdas elevadas de matéria seca. É necessário elevar o teor de matéria seca na ensilagem, seja por uma pré-secagem ou adição de ingredientes sequestrantes de umidade para que a fermentação seja dominada por microrganismos desejáveis e, dessa forma, a

silagem gerada apresente valor nutritivo adequado e boa aceitabilidade por parte dos animais.

É comum nas propriedades encontrar anotações para gerenciamento dos diversos setores, como por exemplo nas propriedades leiteiras, a sala de ordenha tem dados de produção de leite das vacas, vacas com mastite; no bezerreiro, encontram-se dados individuais das bezerras, a quantidade de sucedâneo lácteo fornecido por dia, bezerras em tratamentos para diarreia. Já nas propriedades de gado de corte, indicadores como: peso de entrada e de saída dos animais, consumo médio da baia no confinamento, escore de cocho, entre outros. Depois de todos esses exemplos, existe uma pergunta que praticamente não é respondida em nenhum estabelecimento produtor de leite ou de carne: Qual propriedade tem suas anotações de cada silo? Infelizmente, a grande maioria não se atenta para tais informações.

O silo deve ser considerado como um indivíduo dentro da propriedade, da mesma forma que um animal ou um implemento agrícola é gerenciado. Imagine que em um silo de 10 metros de largura, por 50 metros de comprimento e 2,5 metros de altura, facilmente são armazenadas 900 toneladas de silagem de milho. É importante para propriedade mudar sua medida de grandeza, ou adicionar uma nova, deixando de apenas considerar que a silagem custa R\$ 0,16/kg, mas avaliando também que dentro deste silo existe o valor investido de R\$ 150.000,00. Caso esse mesmo valor investido dentro de um silo estivesse aplicado em algum fundo de investimentos bancário, certamente o possuidor desse crédito checaria semanalmente seu saldo. Algumas reflexões são oportunas: Quantos silos e quantas toneladas de silagem a sua propriedade possui? Qual o valor em Reais está armazenado dentro do silo? Faz sentido iniciar ou melhorar o gerenciamento do silo?

2.1 A conservação da forragem

Silagem é o termo utilizado para definir o produto que sofreu fermentação dentro de um silo. O desenvolvimento de ambiente ausente

de oxigênio no silo é essencial para a interrupção da respiração da planta, a prevenção de desenvolvimento microbiano aeróbio e a estimulação para crescimento de bactérias ácido lácticas, onde os açúcares são fermentados por estes microrganismos com produção de, principalmente, ácido láctico e acético. Estes ácidos conduzem o alimento a queda em seu pH, sendo esta queda essencial para inibição da atividade enzimática da planta e prevenção do crescimento de microrganismos indesejáveis.

Segundo McDonald et al. (1991), o primeiro objetivo do processo de ensilagem é preservar a cultura pela fermentação natural em condições anaeróbias. O segundo é inibir a atividade de microrganismos indesejáveis como os clostrídios e as enterobactérias, devido a sua capacidade de deteriorar a matéria orgânica e gerar perdas energéticas. Em princípio, qualquer espécie forrageira, anual ou perene, pode ser ensilada. A ensilagem, porém, é basicamente um método de preservação do valor nutritivo (VN) da planta forrageira e não um método para melhorá-lo, podendo às vezes ocorrer decréscimo do valor nutritivo.

Os caminhos bioquímicos pelos quais as bactérias ácido lácticas (BAL) metabolizam os açúcares da planta foram descritos por Woolford (1984) e McDonald et al. (1991). Inicialmente ocorre uma pequena produção de compostos voláteis, principalmente ácido acético, seguido por grande produção de ácido láctico, que preserva a forragem (Smith et al., 1986). Utilização de açúcares pelas BAL produz poucas alterações na qualidade da silagem em relação aos outros processos que ocorrem. A Tabela 1 mostra vários caminhos de fermentação e subsequente perda de MS e energia.

Fermentações indesejáveis são geralmente associadas com o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, podendo ser divididas em três grupos: as que produzem ácido butírico pela fermentação de açúcares; as de caráter proteolítico, degradando aminoácidos; e as que degradam tanto açúcares quanto aminoácidos. Essas bactérias têm preferência por ambientes de temperatura mais elevada (37°C), sendo que o principal meio para inibição deste tipo de microrganismo é a rápida queda de pH, dependente também da atividade

de água, que está relacionada à espécie da forrageira e ao seu conteúdo de umidade.

Tabela 1. Rotas fermentativas em silagens e suas perdas de MS e energia.

Rotas	Perdas MS (%)	Perdas de energia (%)
Bactéria Ácido Láctica Homofermentativa		
1 glicose → 2 lactato	0,0	0,7
1 frutose → 2 lactato	0,0	0,7
Bactéria Ácido Láctica Heterofermentativa		
1 glicose → 1 lactato + 1 etanol + 1 CO ₂	24,0	1,7
3 frutose → 1 lactato + 3 acetato + 2 manitol + 1 CO ₂	4,8	1,0
Clostrídios		
1 glicose → 1 butirato + 2 CO ₂ + 2 H ₂	51,1	20,9
2 lactato → 1 butirato + 2 CO ₂ + 2 H ₂	51,1	18,4
Leveduras		
1 glicose → 2 etanol + 2 CO ₂	48,9	0,2

Fonte: McDonald et al. (1991)

2.2 Definição da logística de operação

O planejamento para o processo de ensilagem é necessário e fundamental para garantir que a conservação da forragem atinja patamares máximos de qualidade. Preparar a propriedade para os dias de ensilagem não é apenas definir se a colheita será realizada por máquina de arrasto ou autopropelida, mas sim entender toda a logística do sistema, dando atenção para interrelações do processo de colheita, transporte e compactação.

O estudo antecipado do comportamento dessas variáveis auxilia os responsáveis nas definições de tamanhos e quantidades de equipamentos a serem utilizados para a colheita. Além disso, deve ser considerado o tamanho da lavoura a ser colhida, entender como se dará a evolução do teor de matéria seca nos diferentes talhões,

distâncias da lavoura ao silo, condições da estrada para cálculos de deslocamento, tamanhos dos silos para considerar a quantidade ensilada por hora, cálculos de demandas de quantidade de peso de tratores para a compactação, entre outros.

Considerar os fatores abordados acima é fundamental para que sejam evitados problemas como:

1) a velocidade de colheita é muito lenta e a lavoura é grande. Nessa situação poderá haver elevação demasiada do teor de matéria seca na planta, causando problemas na compactação e, conseqüente, na fermentação da forragem.

2) a velocidade de colheita é muita rápida e a distância até o silo da lavoura é pequena. O enchimento rápido do silo é importante, porém se o tempo de compactação, bem como a quantidade de peso necessária para compactar a massa de forragem não forem respeitados, a conservação da forragem poderá ser prejudicada.

3) a velocidade da colheita é muita rápida e o transporte da forragem é muito lento. Nesse exemplo poderá ocorrer elevação nos custos de produção, pois a máquina que colhe ficará parada por muito tempo, além da possibilidade de o silo ficar exposto ao ar por tempo muito longo e gerar perdas excessivas por respiração da planta.

4) o enchimento do silo ocorre de forma rápida, porém a quantidade de tratores para a compactação não é suficiente. Essa variável acarretará má compactação do silo, podendo gerar excessivas perdas por respiração da planta devido, principalmente, a intensa porosidade da massa, além disso, a silagem no momento após a abertura do silo também poderá apresentar instabilidade pelo fato desta maior porosidade possibilitar maiores influxos de ar para dentro do silo.

Muitas outras possibilidades podem ocorrer no dia a dia da propriedade que está ensilando, dessa forma, é importante ressaltar que cada propriedade terá suas características e problemas a serem resolvidos quanto a logística de ensilagem.

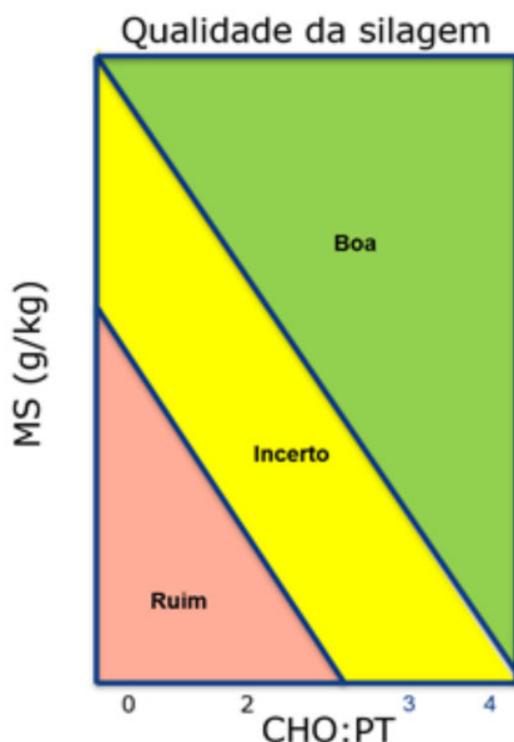
2.3 Ponto de colheita

Silagens podem ser divididas em três grandes grupos com base em seus teores de umidade: 1) silagem de alta umidade – 70 a 85%; 2) silagem de média umidade – 60 a 75% de umidade; 3) silagem de baixa umidade – 40 a 60% de umidade. Forragens com alto nível de umidade podem causar o desenvolvimento de bactérias indesejáveis, sendo que silagens produzidas sob tais condições são, geralmente, estáveis aerobiamente, apresentam cheiro desagradável, elevado pH e baixa ingestão de MS por ruminantes (NOLLER e THOMAS, 1985).

O conteúdo de MS determina as alterações que podem ocorrer durante o processo de fermentação da forragem. Silagens com teor de matéria seca inferior a 30% (Figura 1), podem apresentar elevadas quantidades de efluentes e fermentação por bactérias do gênero *Clostridium*, que resulta em perdas consideráveis. Por sua vez, em forragens mais secas (particularmente acima de 50% de MS), as perdas podem ser altas durante o pré-emurchecimento devido à precipitação e danos mecânicos.

De acordo com Woolford (1984) e McDonald et al. (1991) os teores mínimos de carboidratos solúveis que garantem o processo adequado de fermentação estão na faixa de 8 a 10% da MS. É importante salientar que existe uma importante interação entre os conteúdos de carboidratos, poder tampão e conteúdo de MS, que influenciam o padrão de fermentação das silagens. Observa-se na Figura 1, que se a concentração de carboidratos solúveis é alta e o poder tampão é baixo, podem-se obter silagens de boa qualidade mesmo com plantas com baixo conteúdo de MS. Por outro lado, quando se observa situação inversa, somente se produz silagens de boa qualidade quando o conteúdo de MS é alto.

Figura 1. Relação entre conteúdo de matéria seca e proporção açúcar: capacidade tampão e seus efeitos na qualidade final das silagens.



Fonte: Adaptado de Woolford (1984).

A equação proposta por Weissbach e Honig (1996) traz um entendimento importante à conservação de alimentos. A equação é dada da seguinte maneira:

$$CF = MS + 8 (CSA/CT)$$

Onde:

CF: coeficiente fermentativo

MS: matéria seca (%)

CSA: carboidrato solúvel em água (% MS)

CT: capacidade tampão (mg HCl/100 g MS)

Os autores recomendam que o coeficiente de fermentativo apresente valores superiores a 35 para boa qualidade fermentativa, porém um fato importante de ressaltar na equação é que o valor de

matéria seca tem um poder 8 vezes maior do que a relação carboidrato solúvel em água e poder tampão. Esse fato torna-se de grande relevância, principalmente aos extensionistas que estão no campo, onde, muitas vezes, não se dispõem de laboratórios ou até mesmo de tempo hábil para realizarem análises mais complexas. Assim, seguir valores de matéria seca superiores a 30% pode auxiliar na obtenção de ambiente adequado para a fermentação de bactérias benéficas ao processo de conservação do alimento.

2.4 Avaliação da eficiência de colheita

Dentre os indicadores avaliados durante a colheita da forragem, o tamanho de partículas e o processamento dos grãos têm auxiliado para obtenção da melhoria de conservação e aproveitamento da silagem pelo animal.

A adequação do tamanho de partículas é favorável ao processo de fermentação devida a melhor compactação e a maior área de contato entre o substrato e os microrganismos, com resultante aumento do acesso ao conteúdo celular. McDonald et al. (1991) apontaram que quando o tamanho de partícula é menor do que 20 mm pode haver efeitos positivos sobre a disponibilidade de carboidratos solúveis e, conseqüentemente, ao estímulo benéfico sobre bactérias lácticas e diminuição do pH. De acordo com Mayne (1999), os efeitos positivos da redução no tamanho de partícula sobre o processo de fermentação foram geralmente observados em forragens de maior teor de MS.

O tamanho médio de partícula encontrado nas diversas propriedades rurais é bastante variável, cujos valores podem variar de 10 mm até patamares superiores a 26 mm. O valor ideal pode ser diferente para cada situação e pode ajustar essa variável sob o ponto de vista nutricional, relacionando quanto ao requerimento de fibra fisicamente efetiva por parte do animal ou sendo dependente das condições da colhedora que realiza a operação de colheita na propriedade. Apesar de ocorrer divergências entre pesquisadores e técnicos com relação ao tamanho médio de partículas ideal, a obtenção

de partículas homogêneas é inquestionável. Partículas heterogêneas apresentam distorções em seus tamanhos quando observados a olho nu, sendo isso um indicativo de que a máquina colhedora realmente não está regulada para ter o melhor desempenho possível.

No caso de plantas que possuem grãos, como é o caso do milho e sorgo, também há necessidade do processamento dos grãos. A presença de grãos intactos se relaciona a impossibilidade da ação microbiana tanto para os microrganismos presentes no silo como os que degradarão o amido no rúmen. Dessa forma, avaliar a quebra de grãos é fundamental para garantir a correta fermentação e que o valor alimentício da silagem seja explorado ao máximo.

Existem avaliações subjetivas no campo que podem ser úteis para a propriedade. Uma delas é a avaliação da planta de milho em um volume de 1 L. Para esse volume de forragem é considerada forragem com processamento de grãos excelente quando grãos inteiros não são encontrados, a presença de 1 a 2 grãos é considerada como aceitável, de 3 a 4 grãos inteiros é tido como processamento mediano e acima de 5 grãos inteiro a forragem é dada como processo falho dos grãos.

Em laboratório pode ser realizado o KPS (kernell processing score), em português, score de processamento do grão. Esse indicador é obtido com amostra seca da forragem peneirada em uma malha com abertura de 4,75 mm. O KPS é obtido por meio da divisão dos teores de amido do material que passou pela peneira de 4,75 mm e da amostra original do alimento (Mertens, 2005). Valores acima de 70% são considerados ótimos, de 50 a 69% são classificados como aceitáveis e abaixo de 50%, inadequados.

Um método adaptado que vem sendo utilizado no Brasil é a secagem de uma amostra de forragem de milho picada com posterior decantação dos grãos em balde de água. Após nova secagem esses grãos são passados pela peneira de 4,75 mm para determinação da proporção destes grãos que passou pela peneira. A mesma classificação utilizada por Mertens (2005) é utilizada neste método, porém aplicados não para o teor de amido, mas sim para a proporção de grãos. É importante ressaltar que até o momento não se encontra validação científica,

todavia, a avaliação a campo tem se tornado importante ferramenta para melhorias no processamento dos grãos.

2.5 Enchimento e compactação

Durante a fase inicial da ensilagem, a respiração da planta continua dentro do silo como também a atividade enzimática (hidrolisando componentes da parede celular) e proteolítica. O efeito da demora no fechamento do silo é uma redução no fornecimento de carboidratos solúveis tanto para fermentação anaeróbia como para os animais que serão alimentados (MUCK, 1988). Com redução na produção de ácido láctico, o pH da silagem poderá manter-se elevado, permitindo o crescimento de microrganismos indesejáveis, tais como: *Clostridium*, enterobactérias e *Listeria* (MCDONALD et al., 1991).

O ideal seria que a cultura a ser ensilada fosse colhida e imediatamente inserida em um ambiente anaeróbio ou ausência deste. Porém, isto não é possível na prática, devido ao tamanho dos silos, que em alguns casos não podem ser enchidos apenas em um dia, levando alguns dias ou, até mesmo, semanas para serem efetivamente vedados.

Uma das formas encontradas para evitar perdas excessivas por respiração da planta é realizar o enchimento do silo em rampas inclinadas, com inclinação tal que não possibilite que os tratores de compactação patinem sobre a massa. O grau de inclinação deve ser respeitado de acordo com tamanho e peso dos tratores de compactação. A recomendação de manter a rampa sempre inclinada ao máximo visa reduzir a superfície de contato entre a forragem e o ar atmosférico, evitando a excessiva respiração celular da planta. Além disso, reduzindo a superfície de contato é possível alcançar grau de anaerobiose em menor tempo, acelerando o processo de fermentação anaeróbia.

Como a maioria dos silos não são fechados no mesmo dia, recomenda-se cobri-los no período noturno, quando não está ocorrendo o processo de enchimento e compactação. Essa estratégia é importante pois evita influxo de ar para dentro do silo. A produção de gás carbônico no interior do silo caminha para os locais mais baixo do silo (por ser

considerado um gás “pesado”), caso não haja proteção na porção superior, o deslocamento do gás carbônico para as partes inferiores irá permitir influxo de ar atmosférico para dentro do silo e, dessa forma, o oxigênio entrante nas regiões superiores será o gatilho para que a respiração celular aumente, bem como a proliferação de microrganismos aeróbios deterioradores.

Diversos fatores afetam a densidade da massa ensilada, dentre eles, pode-se destacar o peso e pressão de compactação, o tempo de compactação, a espessura da camada de forragem colocada no silo, a taxa de enchimento do silo, o teor de MS da forragem e o tamanho médio das partículas (RUPPEL et al., 1995; MAYNE, 1999; MUCK e HOLMES, 2000).

A densidade da massa vegetal no silo é determinante da qualidade final da silagem. Em situações em que a redução do tamanho de partícula ainda é limitada pelas colhedoras de forragem, se constitui no principal fator de restrição no aumento da densidade da silagem. Quanto maior a densidade, menores serão as perdas de MS da massa ensilada. Ruppel (1995) mostrou que para densidade de 160 e 360 kg MS/m³ as perdas de MS em 180 dias de armazenamento foram de 20,2% e 10,0%, respectivamente, demonstrando os benefícios em termos de redução de perdas com o aumento da massa ensilada.

Uriarte-Archundia et al. (2002) ao avaliarem silagens de milho (32% MS) produzidas sob três densidades (371, 531 e 692 kg/m³) observaram que após 150 dias de armazenamento o aumento na compactação provocou retração do pH, populações mais elevadas de bactérias ácido lácticas e menores ocorrências de fungos. Segundo os autores, a eliminação do ar por meio do aumento na compactação é uma importante ferramenta no controle de microrganismos indesejáveis durante a fermentação e após a exposição da silagem em ambiente aeróbio.

Segundo Ruppel et al. (1995), para explorar o máximo de qualidade em termos de compactação, tem-se utilizado no campo a recomendação de que o peso do trator deve ser igual a 40% da quantidade de peso de forragem que chega por hora no silo, assim, se a quantidade que chega no silo é de 10 toneladas de forragem por

hora, o peso do trator ou tratores que compactam a forragem deverá ser de 4 toneladas para garantia de máxima compactação. Além disso, o tempo de compactação deve ser equivalente ao mesmo tempo destinado a colheita, podendo ter aumento de até 20% de acordo com o grau de dificuldade do processo de ensilagem (quantidade de forragem, tamanho de partículas, teor de matéria seca, entre outros), ou seja, se a colhedora de forragem trabalha por 10 horas no dia, os tratores de compactação deverão trabalhar essa mesma quantidade de horas, podendo ter seu tempo aumentado em 2 horas. Geralmente, quando o tempo de compactação é superior ao tempo de colheita recomenda-se dar preferência para que o processo de compactação comece em momento anterior ao da colhedora e que seja finalizado após a parada da colheita.

2.6 Perdas no processo de ensilagem

O processo de produção de silagens, inevitavelmente será um processo com perdas de matéria seca, elas são inerentes a essa prática. Essas perdas são encontradas desde o campo, com partículas deixadas no chão, passando pela respiração da planta, perdas oriundas da fermentação bacteriana e perdas aeróbias, observadas durante a período de abertura do silo. O entendimento do processo com base no gerenciando dos dados tem sido um grande aliado para que os produtores tomem decisões que visam a redução dessas perdas e, conseqüentemente, a melhoria na eficiência do uso da silagem.

A partir do momento em que o produtor se atentar para a importância do S do silo, o interesse para o cálculo de perdas de matéria seca irá aumentar. Uma pergunta importante que o produtor necessita realizar é: Quantas toneladas por ano de silagem são produzidas e quantas toneladas de silagem por ano são utilizadas? Na maioria das vezes a diferença entre esses valores não fecha, demonstrando que parte do alimento de alguma forma desapareceu.

Dados de campo mostram que perdas de matéria seca podem apresentar alta variação, sendo encontrados valores entre 5 e 40%, o que sugere uma variabilidade muito grande, dependente de diversos

fatores. Dessa forma, a mensuração das perdas na propriedade se torna uma prática necessária, porém, na maioria das vezes, essa mensuração é difícil, visto que as propriedades não dispõem de recursos para tal medida. A recomendação é que a propriedade seja preparada e se invista em ferramentas, como por exemplo a obtenção de uma balança para pesagem de toda forragem ensilada, bem como realize determinações de matéria seca ao menos 2 vezes ao dia, no período da manhã e no período da tarde durante a ensilagem.

É comum o pensamento de que aplicar alguma tecnologia na produção de silagens, terá principalmente incrementos em ganho individual dos animais, ou seja, melhor qualidade de silagem, maior desempenho animal. Esse fato não deixa de ser verdade, porém o grande benefício está na eficiência do uso desse alimento. Como exemplo, imagine uma propriedade que confina 1.000 cabeças por ano e, dentro da formulação utiliza-se 1 tonelada de silagem/animal confinado durante 100 dias de confinamento, ou seja, a propriedade necessita de 1.000 toneladas de silagem. Considerando que o volumoso seja silagem de milho e a produtividade na região seja de 40 toneladas por hectare (para facilitar o entendimento, considere o mesmo teor de matéria seca da forragem e da silagem originada), muitos diriam que a área necessária de plantio seria 1000 toneladas dividido por 40 toneladas, 25 hectares. Porém, a afirmação está errada. No processo da transformação da forragem fresca em silagem, existem as perdas de matéria seca. Os valores médios encontrados podem chegar próximo aos 25%. Um segundo erro ainda pode ocorrer, muitos somariam esses 25% de perdas na quantidade que necessitam de silagem, como no exemplo de 1.000 toneladas, acrescentariam 25%, o que totalizaria 1.250 toneladas ou 31,25 hectares. Note nesse exemplo que se ensilar 1.250 toneladas e houver perda de 25%, ou seja, 75% estará disponível para oferecimento aos animais, o valor final de silagem disponível será 937,50 toneladas e não as 1.000 toneladas necessárias. A forma correta de se realizar esse cálculo é assumir o valor de 1.000 toneladas e dividir por 75%, que é a subtração de 100% menos a perda de 25%, nesse caso ($1.000/75\%$), o valor necessário para ensilagem seria de 1.333 toneladas ou 34 hectares.

Após o entendimento da importância da mensuração de perdas no processo, a propriedade pode trabalhar com suas metas de reduções de perdas e, dessa forma, o investimento em tecnologias pode ser adequado para as melhorias objetivadas. Dentro de um processo de produção de silagens, perdas de apenas 10% são possíveis de serem alcançadas e somente com o gerenciamento adequado ocorrerá tal alcance. Note, que no exemplo anterior, sair de 25% de perdas para valores de 10%, representaria redução satisfatória no desperdício de silagem. Com 25% de perdas seriam necessários 34 hectares de silagem de milho, com 10% de perdas seriam necessários 28 hectares, ou seja, redução de 6 hectares para produção de volumoso para alimentar a mesma quantidade de animais. Com perdas de 25%, 240 toneladas de alimento simplesmente desapareciam, alimento que poderia ser oferecido para mais 216 cabeças. Em resumo, se a propriedade planta 34 hectares e tem gerenciamento para reduzir perdas ao redor de 10%, haverá silagem suficiente para alimentar 1.216 cabeças, aumento potencial de 21,6% de animais confinados. É nesse aumento de 21,6% que fica claro a melhoria da eficiência do uso da silagem. A partir do momento em que gerenciamento for colocado em prática, indicadores de desempenho são estabelecidos e as tomadas de decisões são direcionadas para a excelência da produção.

O conceito e a conscientização de redução de perdas são fundamentais, pois dentro das propriedades a silagem é um elemento restritivo, visto que sua produção é sazonal. Ingredientes concentrados, como milho, farelo de soja, como também, aditivos e minerais são facilmente encontrados no mercado, porém, a silagem, na maioria das vezes, é produzida dentro da propriedade, se faltar, não será do dia para a noite que a propriedade terá seu abastecimento resolvido.

2.6.1 Uso de inoculantes bacterianos

Durante o processo fermentativo da forragem, a adição de inoculantes microbianos lácticos tem por função o domínio das bactérias ácido lácticas no ambiente estabelecido, visando a redução no tempo de acidificação da massa e produção de ácidos específicos. Objetiva-

se com essa estratégia a preservação dos nutrientes da forragem, aumento na durabilidade e estabilidade da silagem e, conseqüente, redução nas perdas de matéria seca. Bactérias lácticas geralmente são comercializadas vivas, na forma liofilizada, que após contato com água ou forragem reiniciam suas atividades metabólicas.

McDonald et al. (1991) definiram critérios para indicação de inoculantes potenciais: 1) devem apresentar bom crescimento, dominando a população de microrganismos indesejáveis; 2) devem maximizar a produção de ácido láctico a partir de hexoses; 3) devem conduzir a forragem a pH inferior a 4,0; 4) devem ser capazes de fermentar glicose, frutose, sacarose e, preferivelmente, pentoses; 5) não devem produzir dextrana a partir de sacarose, nem manitol a partir de frutose; 6) não devem ter ação em ácidos orgânicos; 7) devem ter crescimento em temperaturas até 50°C; 8) devem ser capazes de crescer em alimentos de baixo conteúdo de umidade (p.ex. forragens submetidas ao emurchecimento).

Fatores que afetam o sucesso dos inoculantes incluem: tipo e características das plantas a serem ensiladas, condições climáticas, habilidade da bactéria inoculada em crescer rapidamente e tolerância ao baixo pH (MUCK, 1988). A ineficiência de alguns inoculantes comerciais pode estar relacionada ao tipo de cepas de bactérias lácticas utilizadas, principalmente aquelas que não são capazes de competir eficientemente com a microbiota epifítica. A espécie *Lactiplantibacillus plantarum* são os microrganismos que dominam a microbiota homofermentativa. Entretanto, a associação de bactérias específicas tem se mostrado eficaz para atingir queda nos valores de pH com maior velocidade. Um exemplo é o trabalho de Stevenson et al. (2006) em que a associação de *Lactiplantibacillus plantarum*, *Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium* e *Ligilactobacillus salivares* apresentou queda do pH da silagem de forma mais acentuada quando comparada a silagem sem inoculante.

A utilização de inoculantes contendo em sua formulação a bactéria *Lentilactobacillus buchneri* tem mostrado eficiência na inibição de fermentações indesejáveis, principalmente em silagens de cana-

de-açúcar, inibindo desenvolvimento das leveduras e sua consequente produção de etanol, além de garantir nas diferentes silagens a melhoria da estabilidade aeróbia durante a fase de abertura do silo. Peiretti e Navarro (2018), avaliaram silagens de cana-de-açúcar inoculadas com 100.000 UFC/g de forragem de *Lentilactobacillus buchneri* NCIMB 40788 e observaram após 60 dias de fermentação redução nas perdas de matéria seca. As silagens sem inoculante apresentaram 22,32% de perdas de matéria seca, enquanto as silagens inoculadas com *L. buchneri* apresentaram valor de 15,76%.

Recentemente, uma nova cepa selecionada pela Universidade Federal de Lavras juntamente com a Lallemand Animal Nutrition, chamada de *Lentilactobacillus hilgardii* CNCM I-4785 mostrou efeito benéfico com a associação à já conhecida *Lentilactobacillus buchneri* NCIMB 40788. Ferrero et al. (2018) demonstraram que a associação dessas duas bactérias garantiu estabilidade aeróbia de silagens de milho com apenas 15 dias após o fechamento dos silos. A inoculação aumentou a estabilidade aeróbia em 18 horas, quando comparada as silagens sem inoculante. Além disso, a sinergia das bactérias se mostrou efetiva no aumento da estabilidade aeróbia para silagens armazenadas por longos períodos (250 dias), quando obtiveram superioridade em 263 horas em estabilidade aeróbia. Apesar da abertura antecipada do silo não ser prática de manejo recomendada, a associação dessas bactérias permite flexibilidade para propriedades que estejam com seus estoques inadequados por adversidades acometidas ao longo do ano.

2.7 Vedação do silo

A etapa de vedação deve ser considerada como uma das mais importantes para que ocorra a fermentação da silagem, pois é por meio da ausência de oxigênio que as bactérias lácticas iniciam seu desenvolvimento. Deve ser lembrado que o fechamento do silo ocorre quando o silo tem todo seu volume preenchido por forragem, entretanto é importante ressaltar que a etapa de vedação se estende por todo período em que a silagem está armazenada no silo. Dessa forma, observações constantes no silo devem ser realizadas para verificar

presença de furos na lona ou de qualquer outra ocorrência no local. Caso algum dano seja observado na lona, o reparo deve ser realizado imediatamente.

O uso de terra, areia ou cascalho sobre a superfície da lona aumenta a adesão com a massa e diminui a incidência de raios solares e as trocas gasosas com o ambiente. Porém, pode representar grande demanda de mão-de-obra, seja durante a vedação ou na retirada da silagem, principalmente quando o silo é de grande porte.

Por outro lado, quando materiais extras não são adicionados na cobertura, a lona passa a assumir uma contribuição mais expressiva na etapa de vedação do silo, objetivando a redução da penetração de ar do ambiente externo para o interior da massa ensilada.

Os filmes de polietileno utilizados na cobertura de silos apresentam permeabilidade ao oxigênio, que aumenta notavelmente com a elevação da temperatura ambiental (0, 1999). Isto significa que as silagens podem se tornar mais propensas à deterioração aeróbia, devido ao aumento da permeabilidade das lonas, com o consequente movimento gasoso devido à diferença de temperatura e pressão.

Segundo as normas da American Society for Testing and Materials Standards (AMST D3985-81), com a elevação da temperatura de 23 para 50°C, a permeabilidade ao ar dos filmes plásticos aumenta de 3 a 5 vezes. Na escolha da lona é preferível optar pela cor branca, pois filmes de outras cores, especialmente os escuros, aumentam a permeabilidade ao O₂ pela característica de absorver calor.

Mais recentemente, filmes confeccionados de poliamida ou etileno vinil álcool (EVOH) foram desenvolvidos para aplicação no topo de silagens. Estes filmes foram denominados filme de barreira ao oxigênio. Amaral et al. (2011) ao estudarem diferentes tipos de lona de polietileno no Brasil encontraram que a permeabilidade da lona de polietileno ao oxigênio pode chegar a mais de 1.000 cm³ por metro quadrado de lona por dia. Porém, ao usar um filme de barreira ao oxigênio, houve significativa redução da permeabilidade ao oxigênio para cerca de 208 cm³/m²/dia. Bernardes et al. (2009) mostraram taxas

de permeabilidade ao oxigênio diferentes entres filmes plásticos produzidos com diferentes polímeros. Os autores verificaram que o filme coextruzado de polietileno com poliamida apresentou valor de 75 cm^3 de $\text{O}_2/\text{m}^2/\text{dia}$ contra 722 cm^3 de $\text{O}_2/\text{m}^2/\text{dia}$ para o filme de polietileno. Para os filmes confeccionados com etileno vinil álcool (EVOH), os valores de permeabilidade reportados variam de 3 a 5 cm^3 de $\text{O}_2/\text{m}^2/\text{dia}$, que desempenham importante redução nas perdas de matéria seca na porção superior do silo.

O uso da barreira ao oxigênio, por impedir desenvolvimento de microrganismos aeróbio deterioradores, permite que o topo do silo não apresente camada negra ou quando presente é muito reduzida. Evitar a formação dessa camada é importante pois haverá redução das perdas de matéria seca, do aumento no trabalho para retirá-las e, além disso, nessa massa não há presença de nutrientes, nem a probabilidade de estarem contaminadas com micotoxinas. Geralmente, a regra estabelecida é de que para a formação de 1 cm de camada preta, foram necessários 3 cm de uma camada de forragem inicial.

É recomendado o uso de lonas na parede do silo dispostas de forma que na porção mais alta do silo (silos trincheiras) haja ainda um sobressalente de lona para cada lado (1 a 2 m). Após o término da ensilagem, o envelopamento deve ser realizado trazendo para dentro do silo estas bordas de lonas das laterais. A ordem de envelopamento variará conforme o tipo de material a ser usado na cobertura. Se a barreira ao oxigênio for usada, ela deve ser a primeira usada em contato íntimo com a massa ensilada, seguida do envelopamento lateral e, posteriormente, a cobertura com lona dupla-face. Essa estratégia visa impedir que a água das chuvas ingresse o silo pelas paredes, além da água que percorre o silo por cima.

Além disso, durante o armazenamento, com a ocorrência das perdas fermentativas, o volume de silagem armazenado tende a reduzir, devido as perdas gasosas. Caso o silo tenha sido envelopado, a lona que envolve a massa se deslocará juntamente toda a quantidade de lona se desloca juntamente com a massa de silagem, evitando que as lonas rasguem ou que espaços porosos sejam criados entre a lona e a silagem.

Para silos compridos, como seu fechamento leva vários dias, recomenda-se a vedação em faixas transversais, dessa forma, o estabelecimento da anaerobiose se inicia mais rapidamente.

A vedação das bordas do silo pode ser realizada utilizando-se terra ou sacos de nylon (gravelbags) com proteção ultravioleta. O uso desta opção tem como vantagens a possibilidade de reutilização destes sacos de nylon, a facilidade de manejar os plásticos de cobertura, sem necessidade de rasgá-los.

2.8 Manejo pós-abertura do silo e o uso da silagem

Após abertura, a face frontal do silo está exposta ao O_2 . A partir deste evento, o principal fator que determina a estabilidade da silagem (anaerobiose) é perdido e a massa se torna potencialmente instável. O influxo do O_2 na face do silo é influenciado pela densidade alcançada durante a fase de enchimento. Assim, nas regiões mais porosas ou menos compactadas da massa (áreas periféricas) os riscos de deterioração aeróbia aumentam consideravelmente.

O processo de deterioração aeróbia é originado pela atividade de microrganismos aeróbios. Desse modo, as perdas durante o desabastecimento do silo e fornecimento da silagem também serão influenciadas pela disponibilidade de nutrientes, pela temperatura ambiental e pelo tempo de exposição da silagem ao O_2 .

Teoricamente, a rota fermentativa mais desejável durante a conservação da forragem na forma de silagem é a do tipo homolática (conversão de uma molécula de glicose em duas moléculas de ácido láctico), pois não propicia perdas de MS ou de energia, o que pode resultar em maior consumo de silagem pelos animais. Entretanto, o perfil de fermentação desejável nem sempre evita as perdas após a abertura dos silos, ou em alguns casos pode aumentá-las. A alta concentração e predominância de ácido láctico em silagens, necessariamente, não representam efeito positivo na estabilidade aeróbia. Silagens adequadamente fermentadas, com altas concentrações de ácido láctico e açúcares remanescentes, são mais afetadas pela deterioração aeróbia.

Isto ocorre porque os fungos, algumas espécies de leveduras e de bactérias que são responsáveis pela deterioração aeróbia se aproveitam exatamente do lactato da silagem (PAHLOW et al., 2003) para seus metabolismos. Além disso, ao promoverem fermentação láctica, as bactérias homoláticas diminuem a concentração de ácido acético, um inibidor natural de fungos e leveduras. Por isso que os novos inoculantes procuram combinar bactérias capazes de inibir fungos e leveduras, como por exemplo, a combinação do *Lentilactobacillus buchneri* e *Lentilactobacillus hilgardii*.

Assim, a estratégia de restringir a formação de ácido acético aumenta os riscos de silagens serem instáveis durante a aerobiose. A habilidade em se estimar os riscos de deterioração aeróbia, de acordo com o perfil de fermentação, ainda é incerta. Porém, além de todos os cuidados relacionados com o manejo, a maior chance em obter sucesso na ensilagem está na premissa de que as silagens devem conter ácido acético em associação ao ácido láctico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gestão do processo de ensilagem com base em diferentes indicadores de eficiência pode auxiliar na melhoria da qualidade da silagem e a redução das perdas encontrados ao longo de todo processo. Investir no conhecimento do S do silo pode trazer saídas para maximização do uso da silagem, bem como na propriedade se estabelecer novos indicadores locais para a orientação da obtenção da excelência em produção de silagens.

REFERÊNCIAS

AMARAL, F.; SANTOS, M.C.; DANIEL, J.; NUSSIO, L.G. The influence of covering methods on the nutritive value of corn silage for lactating dairy cows. R. Bras. Zootec. 43, 2014. 471-478.

BERNARDES, T. F.; NUSSIO, L. G.; AMARAL, R. C.; SCHOGOR, A.L.B. . Sealing strategies to control the top losses of corn silage. In: XV

International Silage Science Conference, 2009, Madison. Proceedings. XV International Silage Science Conference, 2009. p. 213-214.

DEGANO, L. Improvement of silage quality by innovative covering system. In: THE INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 12th, 1999, Uppsala. Proceedings. Uppsala, 1999. p. 296-297.

DULPHY, J.P.; DEMARQUILLY, C. Problèmes particuliers aux ensilages. In: DEMARQUILLY, C. (Ed.). Préviation de la valeur nutritive des aliments des ruminants. Paris: INRA publications, 1981. p. 81-104.

FERRERO, F.; PIANO, S.; TABACCO, E.; BORREANI, G. Effects of conservation period and *Lactobacillus hilgardii* inoculum on the fermentation profile and aerobic stability of whole corn and sorghum silages. J. Sci. Food Agric. 99, 2019. 2530–2540. doi: 10.1002/jsfa.9463

MAYME, C.S.; GRODON, F.J. Effect of harvesting system on nutrient losses during silage making. 2. In-silo losses. Grass Forage Sci. 41:341-351. 1986

MERTENS, D.R. Particle size, fragmentation index, and effective fiber: Tools for evaluating the physical attributes of corn silage. Proc. 2005 Four-State Dairy Nutr. and Management Conf. 2005. p. 211-220.

MUCK, R.E. Dry matter level effects on alfalfa silage quality. I. Nitrogen transformations. Trans. ASAE 30:7-14. 1988.

MUCK, R. E.; HOLMES, B. J. Factors affecting bunker silo densities. Applied Engineering in Agriculture. 16 (6) 613-619. 2000.

NOLLER, C.H.; THOMAS, J.W. Hay crop silage. P. 517-527. In: M.E. Healt et al. (ed.) Forages: the science of grassland agriculture. 4th ed. Iowa State Univ. Press, Ames. 1985.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H (Ed.). Silage Science and Technology. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. p. 31-94.

PEIRETTI, J.; NAVARRO, J.A. Fermentation profile and aerobic stability of sugar cane silage inoculated with *Lactobacillus buchneri* NCIMB 40788 2018. XVIII International Silage Conference (2018), pp. 288

RUPPEL, K.A.; PITT, R.E.; CHASE, L.E.; GALTON, D.M. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, v. 78, p. 141-1453, 1995.

SMITH, D.; BULA, R.J.; WALGENBACH, R.P. Legume and grass silage. p. 231-238. In: *Forage management*. 5th ed. Kendall Hunt Publ. Company, Dubuque. IA. 1986.

STEVENSON, D.M.; MUCK, R.E.; SHINNERS, K.J.; WEIMER, P.J. Use of real time PCR to determine profiles of individual species of lactic acid bacteria in alfalfa silage and stored corn stover. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 71 (2006), p. 329-338

URIARTE-ARCHUNDIA, M.E.; BOLSEN, K.K.; BRENT, B. A study of the chemical and microbial changes in whole-plant corn silage during exposure to air: effects of a biological additive and sealing technique. The XIII International Silage Conference. Auchincruive, Scotland. pp 174-175. 2002

WEISSBACH, F.; HONIG, H. 1996. Über die Vorhersage und Steuerung des Garungsverlaufs bei der Silierung von Grünfutter aus extensivem Anbau. *Landbauforschung Volkenrode*, 1: 10-17, Germany.

WOOLFORD, M.K. The chemistry of silage. P. 71-132. In: *The silage fermentation*. Marcel Dekker, New York. 1984.



CONSERVAÇÃO DE FORRAGENS EM PEQUENAS PROPRIEDADES LEITEIRAS

Patrick Schmidt¹

Daniel Junges²

¹ Zootecnista, Dr. - Professor - Universidade Federal do Paraná (patrick@ufpr.br)

² Zootecnista, Dr. - Consultor Técnico em Ruminantes (daniel.junges@agrocere.com)



1 INTRODUÇÃO

A conservação de forragens é uma prática usual na quase totalidade das propriedades pecuárias, em diferentes formas (silagem, capineira, feno, feno em pé), estratégias (suplementação parcial ou total dos volumosos) e quantidades (pouco ou muito tempo de cocho). Embora as motivações para realização da conservação das forragens sejam amplas e variáveis, as recomendações técnicas para garantir qualidade e viabilidade ao processo são semelhantes.

O Brasil é referência mundial em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias sobre conservação de forragens, principalmente os temas associados à ensilagem. Contudo, a maior parte do conhecimento visa aplicação em propriedades bem estruturadas e capitalizadas, sendo menores os esforços da pesquisa para adaptação de tecnologias que atendam as pequenas propriedades.

Essa revisão está escrita em linguagem técnica simples, e é direcionada a produtores rurais, estudantes e extensionistas, com foco maior na produção de silagens. Nós estimulamos um maior aprofundamento científico no assunto, e recomendamos que façam a leitura de materiais complementares, artigos científicos e livros com maior detalhamento dos pontos que discutiremos aqui.

2 CARACTERIZAÇÃO DOS PROBLEMAS

Podemos começar falando de uma coisa que muita gente conhece e aprecia: **Cerveja!** A fabricação industrial exige um rigoroso controle de todos processos, para assegurar o padrão de qualidade da cerveja destinada ao consumo humano. Instalações complexas e caríssimas são necessárias e, nem sempre, o produto final é satisfatório como gostaríamos. Por outro lado, a produção caseira de cerveja artesanal tem crescido muito no Brasil, permitindo a degustação de novos sabores e aromas usando equipamentos simples e adaptados, e com resultados muitas vezes surpreendentemente bons!

Mas o que tem a ver cerveja e silagem? Ambos são alimentos fermentados, que exigem cuidados higiênicos rigorosos, e que

facilmente se estragam em presença do ar. Você beberia um copo de cerveja que ficou esquecido em cima de uma mesa, exposto ao ambiente, por uma semana? Pois é, o mesmo vale para a silagem que suas vacas comem!

O ar é o maior inimigo...

A silagem é o resultado de diversas transformações bioquímicas que ocorrem na forragem, com envolvimento de centenas, ou talvez milhares, de espécies de microrganismos, num processo chamado fermentação. Para que isso ocorra de forma desejável, várias condições devem ser atendidas, sendo as três principais:

i) Presença de umidade (não excessiva) na forragem – as bactérias precisam de alguma umidade para crescerem e fermentarem a silagem. Fermentações adequadas podem ocorrer numa faixa ampla, que vai de 35 a 73% de umidade na forragem.

ii) Presença de carboidratos fermentescíveis (CHO) – os CHO servem de alimento para os microrganismos, que excretam ácidos que se acumulam na forragem. São esses ácidos que deixam a silagem “azedada” e que permitem a conservação.

iii) Ausência de oxigênio (O_2) – o O_2 presente no ar é, certamente, o maior “inimigo” da silagem, tanto durante a fermentação, quanto no uso da silagem após a abertura do silo. Em presença de ar, os microrganismos fazem a respiração, que leva a perda de nutrientes e qualidade da silagem. Usar estratégias que reduzam os danos aeróbios é o maior desafio nas pequenas e nas grandes propriedades.

Silagens podem ser feitas com diferentes materiais, desde que os três pontos acima sejam atendidos. Milho, sorgo, capins, cana-de-açúcar, soja, resíduos de abacaxi, banana, palmito, entre muitos outros, são exemplos de vegetais que podem ser ensilados. Cada planta tem características específicas que devem ser consideradas (muita ou pouca umidade, CHO alto ou baixo, etc), e que em alguns casos devem ser

corrigidas. Mas, no geral, os cuidados para se conseguir uma boa silagem são os mesmos.

Vamos descrever aqui os principais desafios enfrentados nas pequenas propriedades, e que exigem acompanhamento mais próximo dos técnicos e produtores, para serem superados.

2.1 Dificuldades com maquinários

Diversos maquinários são usados no processo de ensilagem: tratores para colheita, carregamento e compactação; picadoras; carretas; conchas para a retirada da silagem; etc. Em geral, as pequenas propriedades não dispõem desses equipamentos em quantidade suficiente. Muitas vezes dependem de empréstimo ou aluguel, o que pode atrasar a ensilagem e comprometer a qualidade. Algumas das etapas mecanizadas podem ser realizadas manualmente ou por animais (transporte, compactação) e com bons resultados, se realizadas da forma correta.

RECOMENDAÇÃO: planejamento é fundamental. Saber quais recursos estarão disponíveis, por quanto tempo, e o que fazer se algum deles falhar, ajudará na tomada mais rápida de decisão. O mesmo vale para a organização e treinamento da mão-de-obra envolvida em todo o processo.

2.2 Picagem e compactação ruim

A picagem possui grande influência na compactação da forragem a ser ensilada. Partículas de menor tamanho (abaixo de 10 milímetros) facilitam a compactação e permitem maior expulsão de ar, resultando em melhor qualidade na fermentação. A eficiência da compactação depende da picagem bem feita e uniforme, por isso esse ponto merece destaque. Compactação bem feita permite atingir 600 a 700 kg de forragem por metro cúbico. A compactação pode ser realizada com trator, ou por pessoas (ou animais) pisando a forragem, em camadas finas. A compactação com os pés, embora demande muitas pessoas, pode apresentar resultados até melhores que os conseguidos com tratores!

Além da compactação, a uniformidade de picagem também influencia o consumo e a saúde do rúmen, o que reflete na composição de sólidos do leite (principalmente gordura). Picagens muito grosseiras ou longas, além de dificultar a compactação, promovem seleção pelos animais no cocho, ou seja, eles rejeitam frações muito longas da forragem e consomem mais as partículas menores. Isso leva ao desbalanço nutricional, acarretando desordens metabólicas e perdas de produção. Esse problema é agravado em vacas de alta produção e confinadas.

Para se obter picagem homogênea é fundamental usar uma picadora bem regulada e com facas afiadas. A manutenção periódica, com ajustes da contrafaca e afiação diária das facas da colhedora é fundamental. Também é importante saber o ponto ideal de corte da planta que será colhida, pois cada forrageira possui o seu momento adequado para corte, em função do objetivo desejado para uso do volumoso. Se estiver colhendo plantas graníferas (milho, sorgo, etc) é importante verificar se os grãos também estão sendo picados, o que ajuda muito a melhorar o aproveitamento do amido (fonte de energia).

RECOMENDAÇÃO: entenda que a picagem uniforme é fundamental para se obter silagem de qualidade, e que a picagem mal feita vai refletir em prejuízos durante toda a utilização da silagem. Em geral podemos afirmar que quanto mais picado, melhor! E o mesmo vale para a compactação. Mesmo se estiver usando maquinário de terceiros, não deixe de monitorar a todo tempo como está a picagem. Se as partículas estiverem longas (3 cm ou mais), desiguais, esgarçadas, e com grãos inteiros, vale a pena parar a colheita e proceder os ajustes necessários no maquinário. Mais uma vez, o planejamento para saber como proceder se algo estiver dando errado, é fundamental.

2.3 Vedação deficiente

A vedação é a etapa final do processo de ensilagem, e visa inibir ao máximo a entrada de oxigênio para dentro do silo (lembre-se de quem é o maior inimigo). Portanto, a lona deve ter boa qualidade, não

apresentar furos, e resistir aos efeitos do sol e do ambiente.

O uso de uma boa lona plástica é fundamental para o sucesso da confecção da silagem. Lonas de dupla-face, específicas para a silagem, e com espessura de 150 a 250 “micras” são as mais recomendadas. Lonas pretas comuns, desde que de boa qualidade, têm menor custo e podem ser usadas. Contudo, nesse caso é obrigatório que se faça a cobertura de todo o silo com uma generosa camada de terra ou palhada (20 cm ou mais), sempre tomando muito cuidado para evitar furar na lona. Isso é necessário porque as lonas comuns absorvem muito calor, são mais permeáveis a entrada do oxigênio, e se degradam após alguns tempo quando expostas ao sol. A cautela é necessária pois, muitas vezes, o barato sai caro.

Além da lona plástica, o enterro das bordas da lona é parte importante da correta vedação. Todas as bordas do silo devem ser enterradas com uma camada espessa de solo. Muito cuidado para evitar furos nessa etapa! Um silo bem vedado irá inflar nos primeiros dias após o fechamento, indicando que o gás produzido não está encontrando espaço para sair. E, portanto, o ar também não entrará no silo. E não se preocupe, esse gás não fará mal à silagem e será absorvido em algumas semanas (Figura 1).

Figura 1. Camada e 80 cm de terra sobre a borda da lona; e lona "estufada" indicando vedação excelente.



Depois do silo pronto, bem compactado e bem vedado, é necessário proteger todo seu entorno, cercando para impedir a entrada de animais (cachorro, galinha, bovinos, tatu, etc.). Esses animais frequentemente causam danos na lona e muitos prejuízos aos produtores.

RECOMENDAÇÃO: procure sempre usar uma lona nova, e de boa qualidade. Sempre que possível faça a cobertura do silo com terra. Dá mais trabalho, mas vale muito a pena! Usar lona ruim ou lona furada é a certeza de que o resultado será ruim. Compras em grupo podem ajudar a reduzir o preço das lonas. Por fim, estabelecer uma rotina de verificação dos silos. Assim que for detectado qualquer tipo de furo ou rasgo na lona, deve ser tampado imediatamente com fita adesiva forte, ou colado um remendo, com cola de contato (cola de sapateiro).

2.4 Pequeno consumo diário

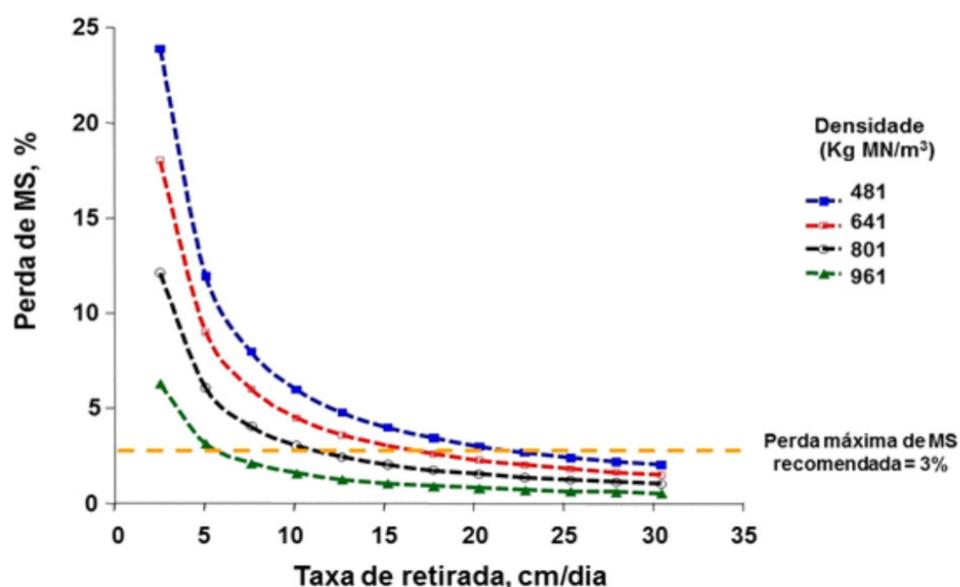
Esse é, certamente, o problema mais comum verificado em pequenas propriedades, e que leva a perdas enormes de silagem! Quando o silo é aberto, a silagem volta a ter contato com o ar (sim, ele mesmo!), iniciando uma nova fase de respiração que leva a perda dos nutrientes conservados. Em geral, leva-se de dois a três dias para a silagem exposta ao ar começar a se deteriorar. É aí que vem o problema: muitas vezes, a taxa de retirada diária da silagem (consumo) é menor do que a velocidade de entrada de ar no silo. Assim, o ar vai ocupando os poros do silo, e populações de microrganismos aeróbios oportunistas vão se estabelecendo na silagem. E quanto menor for a compactação, maior é a velocidade de entrada do ar!

O sintoma inicial de degradação da silagem é o aquecimento, facilmente perceptível ao tocar a silagem. Na sequência, o cheiro da silagem muda, desaparecendo os ácidos perceptíveis, e aumentando a presença de odores desagradáveis. Nesse momento, muitos dos nutrientes já foram perdidos. Os mofos (fungos filamentosos) são os últimos microrganismos a aparecer, após pelo menos uma semana de contato com o ar. Quando os mofos aparecem, o estrago já está feito, e não há muito o que fazer além de descartar a silagem estragada. A compostagem e a horta agradecem...

A grande ironia é que, quanto melhor e mais bem feita for a silagem, mais propensa ela estará a estragar, se a taxa de retirada for pequena. Como evitar esse problema, então? Dimensionando corretamente o silo! Aqui, mais do que nunca, o planejamento é fundamental para se evitar erros grosseiros no manejo do silo.

Diversos tipos de silo podem ser usados: tipo torre, superfície, trincheira, fardo, bolsa, “rapadura”, tambores, dentre outros. Cada um tem características que devem ser consideradas na hora de fazer a escolha: custos, facilidade de enchimento e retirada, resistência, facilidade de compactação, etc. Para se proceder o dimensionamento, é fundamental saber que, quanto pior for a compactação, maior precisa ser a fatia retirada diariamente (Figura 2), sendo o mínimo recomendado entre 20 e 30 cm por dia. E aqui é que surge um dilema comum nas pequenas propriedades: Um silo dimensionado corretamente pode não ser grande o suficiente para ser compactado com trator! Nesse material não discutiremos sobre como dimensionar os silos; a internet dispõe de vasto material para consulta. Mas reforçamos: planejar para manter uma camada mínima diária espessa é fundamental para reduzir perdas no painel.

Figura 2. Perdas de matéria seca (MS) esperadas em função da taxa de retirada da silagem, para diferentes densidades.



Fonte: Adaptado de Holmes (2009).

Em nossa experiência como consultores, inúmeras vezes nos deparamos com silos mal dimensionados em pequenas propriedades. Na tentativa de melhorar e mecanizar o processo, o produtor investe na compactação com o trator, mas o menor silo que ele consegue fazer é maior que sua necessidade diária de silagem. Os resultados são perdas altíssimas da silagem produzida. Mas como fazer, então?

RECOMENDAÇÃO: 1. Dimensione seu silo (área de painel) para o período de menor consumo no ano. 2. Silos com paredes (trincheira, por exemplo) são sempre melhores. 3. Se for preciso faça dois ou mais silos pequenos (ao invés de um grande). 4. Evite fazer silos baixos e largos, onde a área de contato com a lona e com o chão representa grande parte do material (por exemplo um silo de 4x0,5m de área de painel). 5. Se o tamanho de área não permitir compactação com o trator (por exemplo um silo de 2x1m de painel), pense em organizar uma equipe para compactar com os pés. É trabalhoso, mas não é tão difícil como alguns podem pensar. 6. Sacos plásticos resistentes e tambores plásticos podem ser uma ótima alternativa quando o consumo da forragem se dá em períodos e quantidades variáveis. Se bem vedados, preservarão a silagem por muito tempo.

3 SEGREDOS DO SUCESSO

Compreender como o processo de ensilagem ocorre é fundamental para adaptar as tecnologias, e cuidar de todas as etapas. Sabendo quais são os problemas mais comuns em pequenas propriedades, é possível se precaver e trabalhar para evitá-los.

A seguir, abordaremos brevemente o que chamamos de “Os 10 segredos do sucesso” para a produção de silagem de qualidade. Cada um desses pontos deve ser observado e pensado com cuidado, considerando a realidade da propriedade, e aplicados à produção. Não falaremos aqui sobre “tipos de silos” nem “dimensionamento de silos”, pois ambos dependem do planejamento prévio de cada propriedade. Os conceitos abaixo se aplicam à execução do processo, em todos os tipos de silos e escalas de produção.

3.1 Produzir uma boa cultura, saudável e produtiva

Para obter a eficiência desejada nos processos de produção da silagem (alto valor nutritivo e retorno econômico) é fundamental conduzir a cultura forrageira com o máximo cuidado, atendendo os tratamentos culturais agrônômicos específicos. A silagem nunca será melhor que a forragem colocada no silo. E a maior parte dos custos (combustível, mão-de-obra, lona, salários, etc.) será a mesma, se a forragem for muito boa, ou muito ruim. Pense nisso!

3.2 Colher no ponto certo e corrigir umidade (se for preciso)

Cada cultura possui seu momento ideal e ponto ótimo de colheita. Conhecer isso é fundamental. Se por algum motivo isso não for atingido, o uso de recursos externos é possível, como introduzir umidade (adicionar água ao sistema), ou desidratar parcialmente forragens muito úmidas (pré-secagem). Entenda suas forragens, estude sobre elas, e tome as decisões certas no momento certo!

3.3 Picar fino, homogêneo, e quebrar os grãos

Picagem grosseira atrapalha a compactação, o processo fermentativo e, o que é pior, reduz o consumo dos animais, que precisarão ruminar mais para reduzir o tamanho das fibras. Além disso, os ruminantes procuram comer as partículas menores, desbalanceando a dieta formulada e gerando desordens metabólicas. Picagem bem feita é obrigatória! E o mais importante: quando os grãos de cereais estão valendo ouro, perder amido não digerido nas fezes dos animais significa jogar dinheiro fora. Quebrar os grãos (de milho, sorgo, etc) é fundamental para aproveitar a energia ali contida. Para tudo isso, planejamento, maquinário correto e boa manutenção são o caminho.

3.4 Compactar “com força”

Quanto tempo devo compactar? O máximo possível!!! A compactação bem feita ajuda a expulsar o ar na fase inicial, e reduz a

penetração do ar após abertura do silo. Portanto, quanto mais compactado, melhor. Invista tempo, peso e força nessa fase.

3.5 Usar uma boa lona

Já falamos sobre a lona, mas vale reforçar. A lona representa uma fração pequena do custo total da silagem. Não economize recursos aqui. Uma lona boa ajuda a garantir que a sua poupança (silagem preservada com qualidade) esteja disponível para quando precisar. E proteja a lona do sol (terra, palhada, ou até uma outra lona velha) sempre que possível. Se o silo apresenta aquela camada preta na parte superior, de material apodrecido, isso indica falha de vedação que poderia ter sido evitada... e perda de \$\$.

3.6 Fechar rápido o silo

Quanto antes o silo ficar pronto, melhor! O ideal é começar e finalizar o trabalho no mesmo dia. Isso porquê enquanto o silo não for vedado, o ar (sempre ele!) continua permitindo a perda de nutrientes pela respiração (de microrganismos e das células da planta que foi picada. Por isso, quando se pensa em qualidade da forragem, vale mais a pena fazer vários silos menores, do que um único silo grande.

3.7 Enterrar as bordas

Essa é a última etapa do processo. E já deu para perceber que fazer silagem dá muito trabalho. Mas não se pode descuidar do finalzinho do processo, e colocar em risco todo o trabalho feito até aqui. Uma generosa camada de terra cobrindo toda a borda da lona garante que nem o ar e nem a água da chuva entrem para dentro do silo.

3.8 Proteger o silo

Depois de tantos esforços e investimentos, é preciso cuidar bem da silagem produzida. Proteger o silo do acesso dos animais de

produção e silvestres pode evitar grandes problemas. Muitas vezes esses danos só são percebidos na abertura do silo, porém já é tarde para minimizar o estrago. Vigie sua silagem como um grande tesouro, afinal, ela é isso.

3.9 Retirada uniforme

Após a silagem pronta, chega a hora de abrir o silo e começar a utilizá-lo. Não existe consenso sobre o tempo mínimo para abrir um silo, mas nossa experiência mostra que é recomendável aguardar um mês, no mínimo. E como já foi dito, o bom manejo do painel do silo depende do correto planejamento e dimensionamento, para retirar camadas de 20 cm ou mais. Retirar camadas diárias uniformes de todo o painel do silo, como fatias de um pão de forma, assegura menor tempo e superfície de exposição ao ar, evitando-se aquecimento da silagem e perda de nutrientes.

3.10 Balancear corretamente as rações

Para que o animal possa aproveitar ao máximo os nutrientes de uma silagem bem feita, e da forma mais econômica possível, faz necessário o balanceamento das rações. Isso permite ajustar o consumo do volumoso e dos concentrados (“rações”), evitar o excesso ou falta de nutrientes, e maximizar a produção dos animais. O correto balanceamento depende de inúmeras variáveis, e de um cenário financeiro dinâmico, onde os custos dos alimentos e o valor do produto animal (leite ou carne) oscilam muito. Por isso, a consulta a um nutricionista animal contribui demais para usar corretamente e extrair ao máximo o que sua silagem pode oferecer.

Crie o hábito de fazer bem-feito desde o início, isso vai significar constância no seu negócio, otimização de recursos e satisfação para você e, sem dúvida, para os seus animais. Capricho é a palavra que define a eficiência na produção de silagens.

4 OUTRAS ALTERNATIVAS

Outras formas de conservação de forragens também são possíveis. Aqui falaremos brevemente sobre duas. Recomendamos que aqueles que tiverem afinidade ou quiserem saber mais sobre essas técnicas, busquem conhecimento específico para utilizá-las da melhor forma.

4.1 Fenação

A produção de feno é uma técnica muito antiga de preservação de forragens por desidratação. A retirada da água de uma planta impede o crescimento de microrganismos deterioradores, mantendo-a conservada por longo período. A fenação é uma estratégia que pode ser usada com qualquer forragem, embora as plantas de hastes finas e muitas folhas (capins) sejam as mais indicadas. As gramíneas do gênero *Cynodon* (Tifton 85; *Coast-cross*; Estrela africana, Jiggs, etc.) estão entre as mais recomendadas para produção de feno, por apresentarem “talos finos”, conferindo rápida perda de água pela planta, boa relação folha-caule (garante bom valor nutricional), boa produção de massa seca por hectare (rende bom volume) e boa persistência e tolerância a cortes frequentes.

Estamos acostumados a ver grandes implementos na atividade de produção de feno, porém, a prática pode ser realizada de forma manual (alfange, foice, roçadeira costal) ou mecânica (segadeiras disco ou barras). Em escala menor, é possível produzir feno de forma totalmente manual, dependendo da mão de obra.

O corte da forragem é realizado em seu estágio de elevada concentração de nutrientes, com muitas folhas verdes que facilitam a secagem. Basicamente as etapas de fenação são: corte; desidratação da forragem no campo, reviragens e enleiramento até atingir o ponto de feno (14% de umidade), e enfardamento ou transporte do material solto para armazenamento em local adequado.

O corte de gramíneas preferencialmente deve ocorrer antes da floração, pois após esse momento, a qualidade diminui bastante. De

modo geral folhas perdem água mais rápido que caules/talos. Quando a umidade chega a valores próximos a 15% de umidade, atinge-se o ponto de recolhimento do feno. De uma forma prática, o ponto pode ser verificado no campo torcendo um maço do feno. Se não sair líquido e nem quebrar, é o ponto ideal para armazenar. O feno pode ser armazenado em galpões, sacos ou mesmo no campo, porém coberto com lona plástica.

Observar as condições meteorológicas é fundamental para o sucesso do processo. O ideal são os dias ensolarados, sem nuvens, com vento e baixa umidade relativa do ar, garantindo a confecção do feno em 1 a 3 dias.

RECOMENDAÇÃO: 1. Produzir feno em solos de boa fertilidade. 2. Adubar a área (fertilizantes químicos e/ou orgânicos) para buscar volume de produção aliado com qualidade nutricional. 3. Realizar manutenção da área e remoção de plantas indesejadas/daninhas, pois essas apresentam tempos de secagem diferentes da planta forrageira pretendida para fazer feno, além de competir por área e nutrientes. Também pode haver plantas tóxicas. 4. Fazer a colheita no ponto de maior valor nutricional da planta. 5. Observar as condições climáticas e planejar o uso dos equipamentos e mão de obra disponível. 6. Revirar de duas a três vezes todo o capim cortado, no primeiro dia. 7. Recolher com umidade ideal e armazenar em local seco e arejado.

4.2 Capineiras

O uso das chamadas “capineiras” é a técnica mais simples para preservar forragem para uso posterior. Capineiras são áreas de produção de forragem onde os animais não tem acesso, e a planta forrageira é colhida de forma manual ou mecânica, para fornecimento aos animais no cocho, após a picagem. Nesse caso, a planta é conservada viva, para uso na época de seca ou sempre que houver necessidade de alimento volumoso.

Tradicionalmente, as espécies mais utilizadas nesse sistema são os capins do grupo “elefante” e a cana-de-açúcar, pois apresentam

alta produtividade de matéria seca (MS) e bom valor nutritivo (VN) no momento do corte. A cana-de-açúcar apresenta comportamento diferenciado das demais gramíneas de clima tropical, devido ao acúmulo de sacarose no período seco, o que acarreta elevação no valor nutritivo dessa planta, associada à elevação na produtividade de MS, com o avanço da idade ao corte.

O manejo das áreas de capineiras tem por objetivo proporcionar alta produtividade e oferecer longevidade ao talhão, o que dilui os custos iniciais de formação. Para isso, você deve cuidar da adubação, controle de invasoras e pragas. Os cuidados com bom preparo do solo e plantio devem ser idênticos aos adotados na agricultura, garantindo assim bom desenvolvimento da forrageira.

Quando fornecidas para suplementação em pastagens, sem adição de concentrados, proporcionam apenas manutenção no peso dos animais ou produção mínima de leite, porém reduzem o prejuízo causado pela escassez de pastagem. Quando a cana ou o capim elefante são corrigidos com ingredientes concentrados promovem bons índices de desempenho. Quanto melhor for o balanceamento de nutrientes e a relação volumoso:concentrado adotada, melhor será o desempenho.

Em termos gerais, esses volumosos usados no período de seca apresentam reduzido teor de proteína, sendo esse o nutriente mais limitante. A correção pode ser realizada usando-se ureia juntamente com fontes vegetais de proteína, como farelos, tortas ou resíduos agrícolas. O correto balanceamento de rações contendo essas forragens é determinante do sucesso no uso de capineiras.

5 IMPLICAÇÕES

Planejamento é fundamental para o sucesso da atividade de conservação de forragens. E um bom planejamento depende do conhecimento de todo o processo. A aplicação prática do planejamento,

por sua vez, exige cuidados, atenção, dedicação e tomadas rápidas de decisão. Seguindo esses passos, pequenas propriedades podem fazer silagens tão boas ou até melhores que grandes propriedades altamente mecanizadas.

6 MATERIAL COMPLEMENTAR

Para saber mais, sugerimos a série “SilagemBR” - Podcast e Canal no YouTube - <https://www.youtube.com/channel/UC-aqc6K0K1tHTMbaoqJ4EFA>



BOAS PRÁTICAS NA ENSILAGEM DE MILHO - DA COLHEITA AO DESCARREGAMENTO

XXXXXXXXXXXXXXXXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

¹ Zootecnista, Dr. - Professor - Universidade Federal do Paraná (patrick@ufpr.br)

² Zootecnista, Dr. - Consultor Técnico em Ruminantes (daniel.junges@agrocere.com)



INTRODUÇÃO

Todo pecuarista sabe que uma forragem de qualidade é importante para uma boa alimentação dos seus animais, tendo como consequência uma boa produção de leite e carne. A qualidade da forrageira, e consequentemente da silagem, pode ser influenciada por diversos fatores, entre eles híbrido/variedade, densidade de plantio, fertilidade do solo e adubação, tratos culturais (controle de ervas daninhas e doenças), clima etc.

Neste texto daremos ênfase em boas práticas a serem realizadas pelo produtor e sua equipe para conservar a forragem da melhor forma possível, com o mínimo de perdas de volume e qualidade. Descrevemos vários manejos a serem adotados antes, durante e depois da confecção da silagem. A maioria destas boas práticas podem ser usadas também para a conservação de outras culturas na forma de silagem.

Antes de iniciar a silagem

Antes de realizar o corte da silagem propriamente dito é necessário observar diversos itens para que a operação ocorra de forma mais rápida e com o menor número de imprevistos possíveis, quanto mais rápida e bem-feita a operação de ensilagem, melhor ficará sua qualidade. Observe os seguintes pontos:

- Faça a limpeza dos silos, retire toda a sujeira do piso e das paredes (terra, silagens deterioradas, capim etc.);
- Arrume buracos e fissuras no piso;
- Se não tiver piso procure deixar o “chão” o mais plano possível;
- A preferência para localização dos silos é perto do local de consumo da silagem. Normalmente é mais fácil concentrar o transporte em alguns dias durante a ensilagem do que diariamente durante o restante do ano. O controle da integridade da cobertura e de roubos também é mais fácil com a silagem localizada perto da sede;

- Verifique os acessos da lavoura, o trajeto entre a lavoura e o silo. Não é raro acontecer de equipamentos terem problemas de acesso, isso acaba atrasando e encarecendo toda a operação. Verifique estradas, portões etc.

- Verifique se o seu silo/s tem capacidade para absorver toda a produção, tenha uma segunda opção de armazenamento se a sua lavoura produzir mais que o esperado;

- Compre as lonas, películas, aditivos e materiais para cobertura;

- Se depender de terceiros, agende com os prestadores de serviço com boa antecedência, verifique se eles têm boas referências no seu trabalho. Não é fácil prever a data correta da ensilagem, mas é possível se aproximar tendo a data de plantio e o ciclo da cultura para sua região;

- Se a propriedade realiza a ensilagem, revise sua ensiladeira. Trocando, se necessário, as peças desgastadas. Verifique seus tratores, carretas e caminhões;

- No caso de uso de aditivos na silagem, verifique com o prestador de serviço a sua disponibilidade. Se a ensilagem for internalizada na propriedade, verifique a melhor forma de realizar esse trabalho.

- Reúna sua equipe e mostre a importância de um trabalho bem realizado, dias de ensilagem muitas vezes são bastante estressantes e com risco de acidentes.

Definição do dia de iniciar a ensilagem

A definição de quando a planta está com o dia correto para iniciar o corte é talvez o item mais importante para que o produtor consiga uma excelente silagem, ela muitas vezes é negligenciada pelos produtores, seja por desconhecimento, ansiedade por achar que vai passar do ponto de ensilagem ou pela pressa de querer plantar uma outra cultura logo após a colheita.

O “ponto de corte” ou de maturação ideal para início da colheita do milho para ensilagem é normalmente definida pela matéria seca (MS) da planta. Em alguns casos isso não é seguido, por exemplo quando

há grandes infestações de doenças ou mais comumente quando há falta de silagem, nestes casos a colheita é antecipada. A colheita mais tardia não é comum, acontece quando há problemas de alta incidência de chuvas ou falta/problemas de equipamento.

Para uma boa fermentação e conservação da silagem de milho a MS deve estar acima de 30% e abaixo de 39%, a recomendação há alguns anos era manter entre 30 – 35%. Nos dias atuais, com a chegada de equipamentos de melhor capacidade de picagem e quebra de grãos, o alto custo do milho e tratores/carregadeiras mais pesados na compactação, existe uma tendência que os técnicos e produtores migrem para uma matéria seca das silagens mais alta (37 a 39% de MS). Esse aumento na matéria seca está relacionado diretamente como o aumento de amido na silagem (mais energia), podendo ter uma boa economia de milho seco no desenvolvimento das dietas.

O acompanhamento e determinação da MS da planta começa a ser realizada após 10 a 14 dias do fim da presença de milho verde na lavoura.

O procedimento para determinar a matéria seca da planta:

1. Coleta-se algumas plantas (5 a 8) que representem bem a lavoura (evite bordaduras e manchas de solo);

2. As plantas precisam ser picadas em pequenos pedaços (2-3 cm) em um moinho ou numa ensiladeira;

3. O material picado precisa ser secado, isso pode ser realizado em estufa de laboratório, esse método é mais demorado. Existe um equipamento chamado “Koster”, que é específico para determinar MS de diversas forrageiras, é o mais indicado para esse fim e leva uma hora para entregar o resultado. Existem alternativas como micro-ondas e Air Fry que também entregam um bom resultado.

4. Normalmente se trabalha com 100 gramas de material “verde picado”. A MS é a divisão do peso do material seco pelo peso do material úmido X 100.

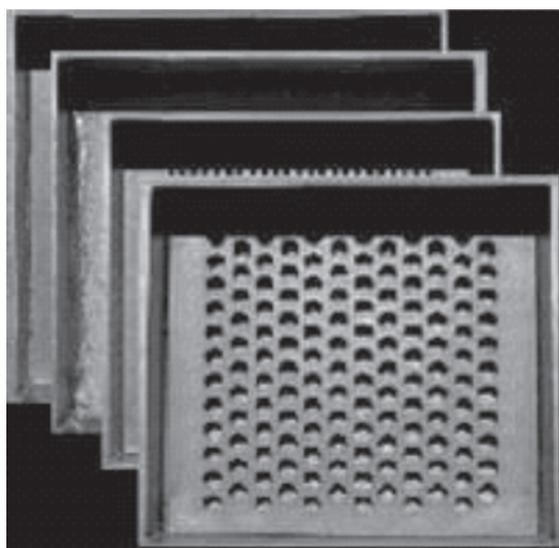
Quando não é possível realizar o acompanhamento da lavoura através de equipamentos, podemos utilizar o método de observar a “linha do leite” no grão de milho, essa linha é a divisão entre a parte seca na extremidade do grão e a parte leitosa do grão perto da espiga. Esse método se baseia no enchimento do grão de milho, o responsável deve percorrer a lavoura e retirar várias espigas, tirar a palha e quebrá-las ao meio, verificando onde está a linha do leite. A parte “dura” que se forma de fora para dentro deve estar, portanto entre 2/3 e 3/4. Quando se trabalha com equipamentos de baixo rendimento e a colheita dura muitos dias, deve-se iniciar antes a colheita.

Tamanho das partículas na silagem de milho

O tamanho bom de partículas é entre 1 e 3 cm, mas o ideal é seguir a metodologia das peneiras “Penn State”. Que definem o tamanho e porcentagem ideal de cada fração da silagem.

Peneira	Tamanho de orifício (mm)	Tamanho da partícula (mm)	Silagem de milho (%)	Pré-secado (%)	Dieta total misturada (%)
Superior	19	>19	3 - 8	10 - 20	2 - 8
Intermediária	8	8 - 19	45 - 65	45 - 75	30 - 50
Inferior	4	4 - 8	20 - 30	30 - 40	10 - 20
Fundo	-	< 4	< 10	< 10	30 - 40

Fonte: Adaptado de HEINRICHS & JONES (2013)



Fonte: <https://extension.psu.edu/penn-state-particle-separator>

Quando temos problemas na picagem, e temos partículas grandes, temos os seguintes problemas:

- Reduz a capacidade de transporte;
- Deixa maior quantidade de oxigênio dentro da massa, dificuldade de compactação;
- Pode ocorrer menor quebra dos grãos, reduzindo a digestibilidade;
- Maior seleção no cocho;

Em contrapartida, quando as partículas são muito finas, temos os seguintes problemas:

- Reduz a efetividade física no rúmen;
- Queda de digestibilidade, devido à alta taxa de passagem pelo rúmen;

Moagem dos grãos

A moagem dos grãos do milho é muito importante, quanto mais moídos os grãos dentro da silagem, melhor, aumentando a digestibilidade e consequentemente as produções. A avaliação mais usual de eficiência de moagem é o Kernel Processing Score (**KPS**), realizado em laboratório após a silagem pronta. Em alguns lugares os prestadores de serviço possuem uma cobrança diferenciada pela qualidade desse serviço prestado.

Tabela 1. Categorização do processamento de grãos da silagem pela metodologia do KPS (Shinners e Holmes, 2013).

Categoria	KPS (%)
Ótimo	>70%
Bom	50 – 69%
Ruim	<50%

Como essa metodologia só pode ser empregada após a silagem pronta, os ajustes só podem ser realizados na próxima safra. Pensando em atender uma demanda imediata, foi criada uma metodologia (Pioneer sementes) de avaliação durante a ensilagem.

Consiste em pegar uma amostra de 1 litro do material que está sendo ensilado, despejá-la em uma superfície e procurar os grãos inteiros e os quebrados no meio. O ideal é encontrar até 2 grãos ou meio grãos, o aceitável é entre 2 e 4 e acima de 4 o equipamento deve ser revisado. Esses valores podem ser encontrados com equipamentos auto-propelidos, em equipamentos menores tracionados no trator é mais difícil.

Altura de corte

A altura de corte está relacionada diretamente com a produção total por área e a qualidade da silagem. Quanto mais alto o corte da planta, mais colmo se deixa na lavoura (baixa qualidade), diminui a quantidade produzida, mas aumenta a qualidade da silagem. Quando o produtor tem bastante área de produção de milho, o aumento na altura de corte deve ser avaliado junto com a sua assistência técnica, pois pode melhorar a sua produção ou ainda economizar na compra de concentrados.

Na ocasião do corte avalie a “sujeira” nos pés de milho, corte as plantas acima da área contaminada, evitando a entrada de terra/areia e de outros contaminantes dentro da silagem. Normalmente se usa uma altura entre 20 e 30 cm.

Compactação da silagem

Assim como as outras etapas da ensilagem, esta precisa ser realizada com bastante capricho, é nesta etapa que com movimentos de tratores e/ou carregadeiras a massa da silagem é compactada da melhor forma possível, retirando o máximo de ar de dentro do silo e aumentando ao máximo a densidade do silo (meta é acima de 240 kg de MS por M3).

Quanto mais rápida a retirada do ar de dentro do silo, mais rápido cessa a respiração da planta dentro do silo e menos nutrientes são perdidos. O material que chega ao silo precisa ser espalhado por sobre o silo em finas camadas de 15 a 20 cm antes de ser compactado.

Com o aumento da utilização de equipamentos com alto rendimento no corte da silagem e conseqüentemente muita silagem chegando aos silos, é preciso ajustar a compactação para esse volume. Na prática, silos mais largos ou o enchimento de dois silos ao mesmo tempo tem sido adotado, agilizando a compactação e o tempo de descarregamento do material.

Use sempre tratores pesados para essa operação, uma sugestão é que a soma do peso dos tratores seja de 30 a 40% do peso de toda a silagem que entra no silo a cada hora. Por exemplo, se a cada hora chegam 100 toneladas de silagem, preciso de 30 a 40 toneladas de tratores/carregadeiras sobre o silo, compactando sem parar.

Quando se trabalha em silos tipo trincheira é importante compactar a silagem em “U”, primeiro perto das paredes do silo e depois mais para o meio. Evite encher o silo muito acima das paredes, fica mais difícil a compactação e o risco de acidentes aumenta. Nos silos tipo “pão ou aéreo” a compactação pode seguir no sentido do comprimento maior do silo. É importante fazer a compactação das laterais do silo quando houver intervalos e no final da ensilagem, se for seguro, faça a compactação também no sentido mais curto do silo.

Sempre que possível evite subir na silagem com as carretas e caminhões de transporte, descarregue o material na frente do silo e empurre o material para dentro do silo com uma pá carregadeira ou com lâminas nos tratores, evitando contaminação de terra/barro etc. Para uma boa compactação o silo precisa ser pelo menos 1,5 vezes mais largo do que a bitola do equipamento de compactação, senão o meio do silo não fica compactado.

Chegando ao final do corte da silagem ou com o enchimento do silo, é a hora de fazer o acabamento. Deixe todo o silo abaulado, de

forma que após a vedação não se tenha acúmulo de água por sobre o silo e que a lona fique o mais uniforme possível, faça uma última compactação e o material está pronto para ser vedado.

Vedação da Silagem

A vedação da silagem é feita com lona plástica e películas de qualidade.

Há poucos anos utilizava-se apenas lonas na cobertura, hoje em dia a utilização de películas ou barreiras de oxigênio também está cada vez mais difundida. Estas películas quando bem utilizadas e de boa qualidade previnem a perda de MS de silagem principalmente no primeiro metro logo abaixo da lona, por isso são economicamente viáveis. Portanto, logo após o término da compactação, pode se optar ou não pela película de oxigênio e depois uma lona plástica de qualidade com pelo menos 200 micras. Quando a película não está disponível pode se utilizar duas lonas, é menos eficiente, mas confere uma maior segurança para o silo em relação a furos.

Após a colocação da lona de forma bem esticada, ela deve ser fixada com uma boa quantidade de terra ou areia em todo seu perímetro, para que em hipótese nenhuma tenha uma entrada de ar dentro da silagem. O material que vai sobre a lona é um item bastante discutido, o uso de terra é bastante difundido e parece ser o melhor, tem uma distribuição bastante uniforme e é barato; suas desvantagens são a utilização de bastante mão de obra e o cuidado para não contaminar a silagem no descarregamento da silagem. Outros materiais usados são pneus, serragem, bagaço de cana e sacos específicos para esse fim.

Quando se faz uso de silo trincheira, pode-se usar lona nas paredes, evitando ter infiltração de água ou ar na silagem. Alguns produtores usam para isso lonas usadas que ainda estão em bom estado. Após o enchimento do silo, as sobras que eventualmente ficaram são “puxadas” para sobre o silo antes de colocar a lona que cobre a silagem por completo.

É interessante fazer cercas em torno dos seus silos, evitando a entrada de animais. Crie ainda uma rotina de observar o silo, verificando se não tem buracos na lona, arrumando os o mais rápido possível.

Descarregamento da silagem (retirada)

As silagens em geral se estabilizam dentro do silo após 3 a 4 semanas, podendo começar a sua retirada e uso para os animais. Em silagens com bastante amido, como é o caso da silagem de milho, a digestibilidade do amido vai aumentando conforme o tempo de armazenagem. O tempo ideal para a abertura é acima de 90 dias, chegando aos níveis ideais e estabilizando aos seis meses. A retirada de silagem logo após a confecção não é indicada, faça-o apenas quando não houver outras alternativas.

Quando se começa a retirar a silagem, tem se novamente o contato da silagem com o oxigênio, ativando as leveduras e fungos que ali estão. Quando não se tem os cuidados devidos, a silagem começa a sofrer aquecimento, havendo perda de matéria seca e diminuindo a palatabilidade. Para minimizar esses efeitos pode-se seguir as dicas seguintes:

- 1.** Retire primeiro as partes que estão menos compactadas, parte superior e os lados normalmente (quando possível deixe essa silagem para os animais menos produtivos, bezerras e novilhas, ela tem um valor nutritivo mais baixo);
- 2.** Retire apenas a quantidade de lona de cima do silo que for necessária para o dia;
- 3.** Evite deixar a lona sobre a parede do silo após o término da retirada, alta umidade e temperatura são o clima ideal para fungos;
- 4.** Mantenha a parede do silo sempre lisa, de preferência pela retirada com fresas ou cortadores de bloco. Evite as conchas, a sua movimentação no silo proporciona a entrada de muito ar na parede do silo;

5. Procure retirar diariamente uma camada de silagem (30 – 40 cm por dia), é preferível retirar uma camada fina por dia do que uma camada larga a cada 2-3 dias;

6. Mantenha as paredes e piso sempre limpos, sujas elas são fonte de contaminação por leveduras pelo vento na parede de silagem;

7. Escolha abrir a silagem pelo lado que tenha o melhor caimento da água e que haja a menor incidência de insolação;

Segurança

Todos os anos pessoas se machucam gravemente ou até perdem a vida durante a ensilagem ou durante a sua retirada. Todos os envolvidos nas operações devem estar conscientizados dos perigos que envolvem o processo de ensilagem e o seu consumo durante o ano.

Durante o preparo da colhedora (manutenção e afiação) e durante o trabalho a campo mantenha as pessoas não envolvidas longe da operação, são equipamentos muito perigosos e o operador não consegue muitas vezes perceber a presença de pessoas estranhas.

Na estocagem, muitas vezes grandes silos são confeccionados com paredes bastante altas, deve se ter o máximo de cuidado na retirada da cobertura e do plástico (bastante liso quando molhado). As paredes do silo nunca devem ultrapassar a altura do equipamento que carrega o material, as pessoas também devem permanecer distante das paredes (risco de desmoronamento). Para coleta de amostra de silagem em paredes muito altas prefira fazê-las diretamente do equipamento que retira a silagem.

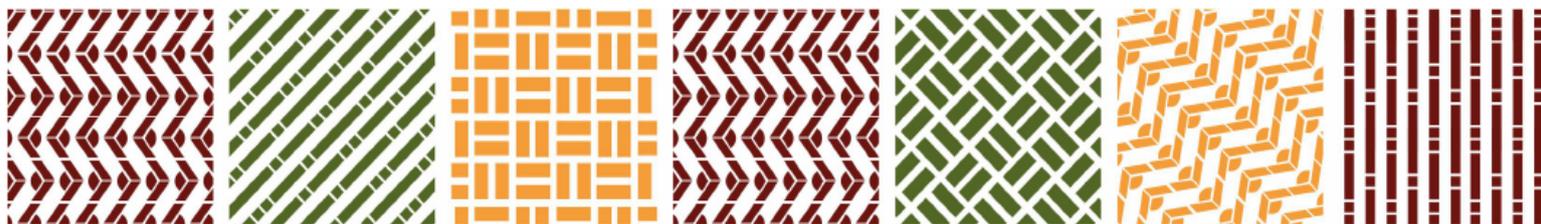
Capotamentos de tratores durante a ensilagem também podem acontecer, procure não ultrapassar muito a altura das paredes dos silos trincheiras, em silos acima do solo procure respeitar a proporção de 3:1, a cada 3 metros de largura, subir 1 metro na altura. Procure ainda usar tratores com proteção para capotamento e sempre obrigar o uso de cinto de segurança. Verifique ainda as condições de manutenção, como freios e iluminação.

Durante a ensilagem há uma grande movimentação de tratores e caminhões. Todas as pessoas que não fazem parte da operação devem se manter afastadas, para coletas de amostras durante a ensilagem sempre preste atenção em todos os equipamentos, tenha certeza de que os outros operadores estão te vendo. Dias de ensilagem podem ser muitas vezes bastante longos e cansativos, importante é prestar atenção nas pessoas se elas estão devidamente alimentadas, hidratadas e descansadas.

Conclusão

O processo de ensilagem é bastante complexo, que envolve muitos detalhes e muitas pessoas antes, durante e depois da sua realização. É ainda altamente dependente de clima e muitas vezes de terceiros, devido a tudo isso precisa de uma boa organização e atenção durante os processos.

Conseguindo uma boa lavoura de milho, seguindo a maioria das recomendações aqui dadas, com suas devidas adaptações que eventualmente precisam ser realizadas para cada região do Brasil teremos uma silagem de qualidade para proporcionar aos animais.



REALOCAÇÃO DE SILAGENS DE MILHO

Rafael Henrique P. dos Reis¹ | Dayenne Mariane Herrera²
Kléber José Brayer Bazzi³ | Eny Karoliny Tavares Neckel⁴
Edmilson Fabiciack dos Passos⁵ | Ricardo Pereira Costa⁶
Letícia Vieira Rossi⁷ | Anderson Amaral de Aguiar⁸

¹ Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Professor do Instituto Federal de Rondônia Campus Colorado do Oeste.

² Engenheira Agrônoma, M.Sc. Doutoranda em Agricultura Tropical - Universidade Federal de Mato Grosso.

³ Engenheiro Agrônomo - Instituto Federal de Rondônia Campus Colorado do Oeste.

⁴ Graduanda em Engenharia Agrônoma - Instituto Federal de Rondônia Campus Colorado do Oeste.

⁵ Graduando em Engenharia Agrônoma - Instituto Federal de Rondônia Campus Colorado do Oeste.

⁶ Graduando em Zootecnia - Instituto Federal de Rondônia Campus Colorado do Oeste.

⁷ Graduanda em Engenharia Agrônoma - Instituto Federal de Rondônia Campus Colorado do Oeste.

⁸ Graduando em Engenharia Agrônoma - Instituto Federal de Rondônia Campus Colorado do Oeste.



1 Por que realocar silagens de milho?

A realocação de silagens é o processo de movimentação da silagem que já está estável dentro do silo (silagem pronta) para acondicionamento em outro local/compartimento. Esta prática tem sido realizada na rotina de sistemas de produção de bovinos de corte e leite e é alvo de estudos e avaliações no Brasil (MICHEL et al., 2017; LIMA et al., 2016; QUEIROZ et al., 2021) e em outros locais no mundo (CHEN & WEINBERG, 2014), demonstrando a sua viabilidade e aplicabilidade.

O que mais tem contribuído para o interesse sobre a técnica e tem justificado a realocação é a comercialização de silagens prontas, prática que tem se mostrado vantajosa para agropecuaristas que não possuem áreas disponíveis para plantio da forrageira, que não dispõem de maquinário e/ou mão de obra qualificada para condução das lavouras, que demandam de alimento conservado de forma emergencial em decorrência do inadequado planejamento alimentar do rebanho (COELHO et al., 2018).

Ainda há cenários que não envolvem comercialização, mas, que podem demandar a movimentação de silagens dentro da propriedade, como por exemplo o seu acondicionamento próximo ao local de fornecimento em sistemas de confinamento ou o armazenamento de silagens em sacos a fim de facilitar o oferecimento diário para pequenos rebanhos. Enfim, o processo de realocação pode ser demandado nas mais diversas circunstâncias e especificidades locais de cada sistema produtivo.

2 Quais as principais formas de realocação de silagens de milho?

A realocação pode ser feita movimentando a silagem de um silo para outro silo ou de um silo para sacos. Na primeira modalidade geralmente o transporte é realizado a granel, enquanto na segunda modalidade o acondicionamento nos sacos pode ser feito manualmente ou com auxílio de ensacadoras específicas.

Independente da forma que será realizada a movimentação e a realocação, haverá a desensilagem da silagem pronta, seu transporte e acondicionamento no novo local/silo/compartimento, a compactação

e vedação da silagem no novo local. Então, sempre haverá exposição da silagem pronta ao ar, possibilitando a deterioração aeróbia da silagem.

3 Como a realocação pode impactar nas silagens de milho?

Para entender os impactos da realocação nas silagens de milho é importante lembrar que a ensilagem consiste na conservação do alimento em meio anaeróbio por meio da produção de ácidos orgânicos, principalmente o láctico, que promove a acidificação do meio e inativação de microrganismos que poderiam deteriorar o material ensilado (WEINBERG & MUCK, 1996).

A silagem a ser realocada deve ser desensilada (após abertura do silo) e transportada para outro local/compartimento para ser novamente compactada e vedada em seu destino final. Então é inevitável a exposição ao ar e possível deterioração aeróbia da silagem já que a presença de oxigênio possibilita a atividade e proliferação de microrganismos aeróbios ou anaeróbios facultativos (MICHEL et al., 2017). Um exemplo disto é a degradação de ácidos orgânicos, como o láctico, pela ação de leveduras e por vezes das bactérias produtoras de ácido acético que podem resultar em aumento do pH nas silagens realocadas (TANGNI et al., 2013).

Todas estas possibilidades levantadas podem promover alterações nas silagens realocadas, principalmente sobre o processo de conservação, sobre a estabilidade aeróbia e sobre o valor nutricional.

3.1 Realocação e a Conservação das silagens realocadas

A conservação por meio da ensilagem é condicionada a um ambiente livre de oxigênio (anaeróbio) e da acidificação do meio, que acontece em decorrência do acúmulo de ácidos orgânicos (principalmente o láctico) produzidos por bactérias ácido lácticas naturalmente presentes na superfície do material ensilado que metabolizam carboidratos solúveis (MCDONALD et al., 1991). Com a redução do pH

do meio há o controle do desenvolvimento de colônias de microrganismos que podem deteriorar o material ensilado.

Na realocação pode haver o aumento do pH das silagens por conta do desenvolvimento de microrganismos degradadores do material ensilado, como as leveduras e microrganismos que utilizam os ácidos orgânicos da silagem como substrato. Isso ocasiona aumento no pH do meio (TANGNI et al., 2013) e possibilita o crescimento de fungos filamentosos e outros microrganismos aeróbios (ROOKE & HATFIELD, 2003), resultando em quebra da estabilidade aeróbia das silagens, perdas elevadas de matéria seca e alterações no valor nutritivo (como no teor de fibra em detergente neutro e lignina das silagens expostas) (Velho et al., 2006).

Entretanto pode não acontecer elevação nos valores de pH e modificações prejudiciais no conteúdo de ácidos orgânicos mesmo com exposição aeróbia de 48 h em temperatura ambiente de 25 °C (Chen & Weinberg, 2014). Isso evidencia que estudos relacionados à exposição prolongada da silagem ao oxigênio ainda são necessários, visto que o período de realocação pode durar várias horas ou dias, de acordo com a condição do processo de realocação.

3.2 Realocação e a Estabilidade aeróbia das silagens realocadas

A estabilidade aeróbia das silagens é a resistência da massa de forragem à deterioração após a abertura do silo, ou seja, a velocidade com que a massa se deteriora após exposição ao ar (JOBIM et al., 2007). Quando a temperatura da silagem que foi exposta ao ar ultrapassa 2 °C a temperatura ambiente pode se considerar o rompimento da estabilidade da silagem em condições de aerobiose (O'KIELY et al., 2001). A partir daí, a deterioração acontece por conta da atividade de microrganismos aeróbios que consomem ácidos orgânicos disponíveis na silagem após abertura do silo (WEINBERG et al., 2009; TABACCO et al., 2011) e, neste processo, é inevitável a exposição da silagem ao ar, pois a transferência da silagem e a realocação em seu destino final pode levar horas ou até dias (MICHEL et al., 2017).

Sendo assim é imprescindível que as silagens a serem realocadas possuam estabilidade aeróbia de um período maior que o período demandado para movimentação e realocação no destino final. Isso é alcançado executando boas práticas na produção de silagens que envolvem todas as etapas do processo produtivo. Mas, é interessante destacar o uso de inoculantes contendo bactérias heteroláticas, como *Lactobacillus buchneri* e *Propionibacterium aciditatici*, que promovem o acúmulo de ácidos (ex.: acético e propiônico) com efeito deletério sobre microrganismos aeróbios (como as leveduras) e aumentam a estabilidade aeróbia das silagens com efeitos positivos sobre a estabilidade aeróbia da silagem de milho relatados na literatura científica internacional (WEINBERG et al., 2002; HUISDEN et al., 2009; REICH & KUNG, 2010).

A realocação com exposição das silagens por até 36h não deve afetar negativamente a estabilidade aeróbia de silagens de milho (COELHO et al., 2018), o que pode ser atribuído a elevada concentração de ácidos orgânicos, como acético e propiônico, que possuem capacidade de inviabilização da atividade de fungos e leveduras.

3.3 Realocação e o Valor nutricional das silagens realocadas

Após a realocação a massa de silagem é submetida novamente a um ambiente anaeróbio, mas, não acontecerá completamente as fases de fermentações semelhantes às que aconteceram na ensilagem. Isto porque os substratos para desenvolvimento de microrganismos são diferentes neste momento, compostos em sua grande maioria por ácidos orgânicos após metabolização dos carboidratos solúveis na ensilagem. Considerando isto e a exposição ao oxigênio durante a movimentação da silagem realocada, seu valor nutricional pode ser modificado em função da composição química da forragem, bem como pela eficiência do processo de ensilagem e da realocação.

Alterações nos teores de matéria seca e perdas de matéria seca

A perda de açúcares residuais, o aumento de nitrogênio amoniacal e de CO₂ e perdas nos teores de matéria seca (MS) são alterações comuns quando há deterioração da massa (WOOLFORD, 1990). A oxidação de carboidratos solúveis e ácido lático em CO₂ e água explica as alterações nos teores de MS e as perdas de MS durante a movimentação das silagens realocadas (ROOKE & HATFIELD, 2003).

A exposição das silagens por 12 a 24h durante a realocação podem não afetar negativamente os teores de MS e as perdas de MS (MICHEL et al., 2017). Entretanto, a exposição por 36h deve resultar em incremento de até 20% nas perdas de MS (COELHO et al., 2018), o que por consequência, promove alterações negativas no valor nutricional das silagens (COELHO et al., 2018). Também pode haver alterações similares mesmo com exposição da silagem por períodos de 12h durante a realocação, promovendo redução na umidade e acarretando em maiores teores de MS na silagem realocada quando comparada com a silagem no momento da abertura do silo (QUEIROZ et al., 2021).

Logo, fica evidente que quanto maior o período de exposição da silagem durante a realocação maior será a penetração de oxigênio na massa e, conseqüentemente, possibilitará elevação nos teores de MS e possibilidades de perdas matéria seca. Mas, é importante reforçar que estas alterações também dependem da condição inicial do material ensilado e de aspectos relacionados ao ambiente em que será realizada a realocação (condições climáticas, por exemplo) que podem favorecer as alterações na umidade do material.

Outro fator que pode interferir sobre os teores de MS e as perdas de MS é a inoculação no momento da ensilagem. Podem acontecer perdas de até 13% de MS após a realocação de silagens que não utilizem inoculação com bactérias heteroláticas em relação às silagens que forem inoculadas (MICHEL et al., 2017), e, além da inoculação, as perdas de MS podem estar associadas à condição inicial do material ensilado e do tempo de exposição ao ar.

As perdas por efluentes também devem ser consideradas visto que na realocação de silagens a compactação acontece duas vezes e, se a silagem estiver com umidade elevada estas perdas podem ser potencializadas (MICHEL et al., 2017). Vale ressaltar que perdas por efluentes podem ocasionar redução na digestibilidade das silagens realocadas por conta do carreamento de carboidratos solúveis (ANJOS et al., 2018; COELHO et al., 2018).

Alterações na fração fibrosa, digestibilidade e teores de proteína bruta

A realocação de silagens após 36h de exposição aeróbia pode incrementar o teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) em decorrência da redução nos teores de carboidratos não-fibrosos (CNF) da silagem de milho, resultando em redução de até 5,3% da digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS) (COELHO et al., 2018). Quando há períodos prolongados de exposição aeróbia das silagens após a abertura dos silos ocorre elevação não só nos teores de FDN, bem como no teor de lignina das silagens realocadas (VELHO et al., 2006; LIMA et al. 2017).

Há indicações que não deve acontecer modificações significantes na fração fibrosa e digestibilidade das silagens na realocação se o período de exposição aeróbia for curto, mas, a DIVMS das silagens de milho realocadas com tempo de exposição prolongado (48 horas) podem ser reduzidas (CHEN & WEINBERG, 2014).

Alterações na DIVMS, que resultam em maior custo da MS digestível. Com isso, é fundamental que os técnicos e produtores rurais saibam quais são e quantifiquem as possíveis perdas na reensilagem (COELHO et al. 2018).

No estudo De Lima et al. (2016) observaram que a realocação de até 48 horas, não afeta a composição química e produtos da fermentação da silagem de milho. Alguns efeitos pontuais foram observados como diminuição na digestibilidade in vitro da matéria seca, para silagens de milho realocadas em até 48h (CHEN & WEINBERG, 2014).

Na reensilagem os teores de carboidratos não fibrosos podem ser reduzidos por dois fatores, o desenvolvimento de microrganismos aeróbios e anaeróbios facultativos que consomem os carboidratos solúveis no processo fermentativo (COELHO et al. 2018) e a compactação da silagem realocada que favorecem a perda de nutrientes altamente digestíveis por efluente, ocasionando a lixiviação dos carboidratos solúveis da massa reensilada. (MICHEL et al., 2017; COELHO et al. 2018).

Pode ocorrer incrementos nos teores de proteína bruta (PB) nas silagens realocadas na ordem de 7,5% em comparação com a silagem original (COELHO et al. 2018), explicados pela redução dos açúcares solúveis após a realocação.

4 Como realocar silagens de milho com mínimas perdas?

O primeiro ponto de destaque é compreender que a exposição da silagem ao oxigênio na abertura do silo é um momento desafiador para o alimento conservado. Esta exposição possibilita o crescimento e ação de microrganismos deterioradores em condição de aerobiose. Quanto melhor e mais eficiente for o processo de conservação que produziu a silagem, mas, ela estará protegida e sofrerá menos impactos negativos deste período de exposição ao ar na realocação.

Então deve-se dar atenção no momento da ensilagem a: porcentagem de matéria seca adequada do material a ser ensilado, tamanho de partículas e processamento adequado, compactação e vedação do silo que proporcionem a máxima expulsão de ar e evitem a entrada de ar no silo.

Outro ponto relevante quando se planeja realizar a realocação de silagens é o uso de aditivos inoculantes a base de bactérias heterofermentativas no momento da ensilagem. Isto porque eles devem promover maior estabilidade aeróbia das silagens após a abertura do silo por meio da produção dos ácidos acético e propiônico, eficientes no controle de microrganismos que causam deterioração aeróbia, como as leveduras.

Caso as silagens não tenham sido inoculadas é interessante fazer uso de aditivo com potencial antifúngico (a base dos ácidos supracitados) na realocação. Inoculantes microbiológicos não devem ser efetivos se aplicados na realocação já que os açúcares solúveis já devem ter sido utilizados durante as fermentações iniciais no silo.

Como últimos cuidados, e não menos importantes, precisam de destaque a rápida movimentação da silagem na realocação (mínimo período possível de exposição da silagem ao ar), a compactação e a vedação adequadas no novo destino e a previsão e planejamento de uso da silagem realocada. Dê preferência para o enchimento do silo e compactação da silagem em rampas a fim de minimizar a exposição da silagem. Quanto menor for o tempo de exposição da silagem durante a sua realocação e quanto menor for o período entre a realocação e a utilização da silagem realocada, menores serão as chances de perdas e maior capacidade de conservação das silagens.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realocação de silagens é uma técnica que apresenta viabilidade de uso em propriedades pecuárias flexibilizando a movimentação de silagens e a comercialização. Demanda de cuidados desde o processo de ensilagem do material até a realocação no novo destino.

REFERÊNCIAS

CHEN, Y.; WEINBERG, Z. G. The effect of relocation of whole-crop wheat and corn silages on their quality. **J. Dairy Sci.**, v.97, n.1, p.406–410, 2014.

COELHO, M. M.; GONÇALVES L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; KELLER, K. M.; ANJOS, G. V. S.; OTTONI, D.; MICHEL, P. H. F.; JAYME, D. G. Chemical characteristics, aerobic stability, and microbiological counts in corn silage re-ensiled with bacterial inoculant. **Pesq. agropec. Bras.**, v.53, n.09, 2018.

HUISDEN, C.M.; ADESOGAN, A.T.; KIM, S.C.; OSOSANYA, T. Effect of applying molasses or inoculants containing homofermentative or heterofermentative bacteria at two rates on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **J. Dairy Sci.**, v.92, n.2, p.690–697, 2009.

LIMA, E. M.; GONÇALVES, L. C.; KELLER, K. M.; RODRIGUES, J. A. S.; SANTOS, F. P. C.; MICHEL, P. H. F.; RAPOSO, V. S.; JAYME, D. G. Re-ensiling and its effects on chemical composition, in vitro digestibility, and quality of corn silage after different lengths of exposure to air. **Canadian Journal of Animal Science**, v.97, n.2, p. 250-257, 2016.

McDONALD, P., A. R. HENDERSON, AND S. J. E. HERON. **The Biochemistry of Silage**. Chalcombe Publications, Marlow, UK. 1991.

MICHEL, P.H.F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; KELLER, K.M.; RAPOSO, V.S.; LIMA, E.M.; SANTOS, F.P.C.; JAYME, D.G. Re-ensiling and inoculant application with *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium acidipropionici* on sorghum silages. **Grass and Forage Science**, v.72, n.3, p.432-440, 2017.

O'KIELY, P.O.; CLANCY, M.; DOYLE, E.M. Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001. São Pedro-SP. **Proceedings...** Piracicaba-FEALQ, p.794-795, 2001.

QUEIROZ, A. C. M.; MENDONÇA, R. C. A. M.; SANTOS, R. I. R.; CARDOSO, M. V. S. B. C.; DOMINGUES, F. N.; FATURI C.; SILVA T.C.; RÊGO, A. C. Effects of whole-plant corn silage relocation on quality, chemical composition, and intake, digestibility, and nitrogen balance in sheep. **Small Ruminant Research**, v.205, dec. 2021.

REICH, L.J.; KUNG JR., L. Effects of combining *Lactobacillus buchneri* 40788 with various lactic acid bacteria on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.159, n.3-4, p.105–109, 2010.

ROOKE, J.A; HATFIELD, R.D. Biochemistry of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.). **Silage science and technology**. 1.ed. Madison: American Society of Agronomy, p. 31-95, 2003.

TABACCO, E.; RIGHI, F.; QUARANTELLI, A.; BORREANI, G. Dry matter and nutritional losses during aerobic deterioration of corn and sorghum silages as influenced by different acid bacteria inocula. **J. of Dairy Sci.**, v.94, n.3, p.1409-1418, 2011.

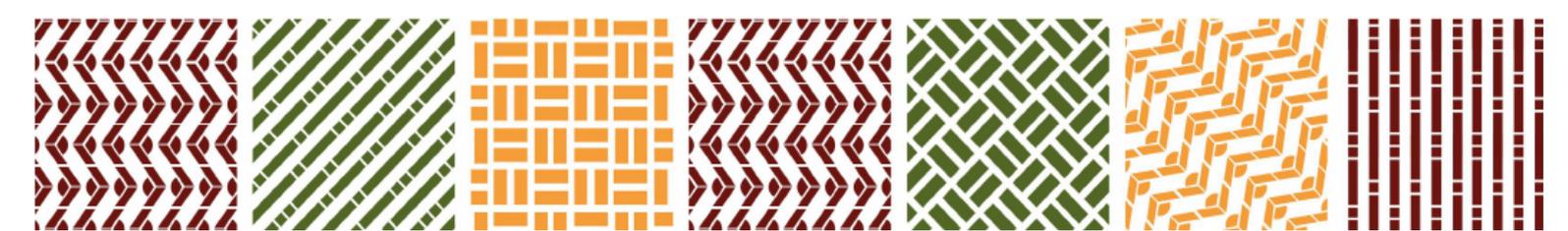
TANGNI, E.K.; PUSSEMIER, L.; VAN HOVE, F. Mycotoxin contaminating maize and grass silages for dairy cattle feeding: current state and challenges. **J. Anim. Sci. Adv.**, v.3, n.10, p.492-511, 2013.

VELHO, J. P; MÜHLBACH, P. R. F.; GENRO, T. C. M. et al. Alterações bromatológicas nas silagens de milho submetidas a crescentes tempos de exposição ao ar após “desensilagem”. **Ciência Rural**, v.36, n.3, p. 916-923, 2006.

WEINBERG, Z.G., ASHBELL, G.; HEN, Y.; AZRIELI, A.; SZAKACS, G.; FILYA, I. Ensiling whole-crop wheat and corn in large containers with *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus buchneri*. **J. Ind. Microbiol. Biotechnol.**, v.28, n.1, p.7–11, 2002.

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

WOOLFORD, M. K. The detrimental effects of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, v.68, n.2, p.101-116, 1990.



VIABILIDADE DE PRODUÇÃO E USO DE SILAGENS DA BRS CAPIAÇUÇÃO DE ENSILAGEM DE MILHO

Mábio Silvan José Da Silva^{1*} | Marco Antônio Previdelli Orrico
Junior¹ | Jefferson Rodrigues Gandra² | Joyce Pereira Alves¹ |
Marciana Retore³

¹ Universidade Federal da Grande Dourados - Faculdade de Ciências Agrárias, Dourados - MS

² Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Xinguara - PA

³ Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados - MS. *mabiosilva@ufgd.edu.br



1 INTRODUÇÃO

A falta de planejamento forrageiro, para alcançar autonomia alimentar do rebanho, ainda é o principal problema na produção animal a pasto. Apesar de produtores e profissionais das ciências agrárias conhecerem bem os impactos da sazonalidade na produtividade e qualidade das forragens, as estratégias adotadas para contornar tal problemática, apesar de amplas, devem ser analisadas individualmente, em função das características específicas de cada propriedade.

A produção e uso de silagens, fenos e silagens pré-secadas são as estratégias mais utilizadas nos sistemas de criação de bovinos, de médio a alto grau de tecnificação, aqui no Brasil. Estas formas de conservação das forragens permitem a otimização da colheita, associada ao momento ideal de equilíbrio entre produtividade e qualidade da cultura forrageira. No entanto, devido a maior dependência de fatores climáticos (temperatura, umidade e precipitação pluviométrica) e a necessidade de equipamentos específicos para produção de fenos e silagens pré-secadas, a ensilagem se destaca como principal prática adotada para conservação de forragens, independente do tamanho da propriedade e seu grau de tecnificação.

Num contexto geral, toda e qualquer espécie forrageira pode ser ensilada, no entanto, a qualidade final da silagem está diretamente associada a capacidade fermentativa (CF) do material de origem, resguardada a técnica correta de ensilagem. Neste aspecto, fatores inerentes as plantas, como: teor de matéria seca (MS), poder tampão (PT) e teores de carboidratos solúveis (CS) são os principais responsáveis por uma melhor ou pior CF, que, de acordo com Weissbach e Honig (1996) e Kaiser et al. (2002), pode ser calculada através da equação: $CF = MS + 8 \times (CS/CT)$. Assumindo-se valores de CF superiores a 35 como adequados para promover uma boa fermentação no silo.

Nos últimos anos, com o lançamento de novos materiais genéticos (cultivares forrageiras) e a possibilidade de obtenção de resultados promissores, tem ocorrido crescente interesse, por parte de produtores e pesquisadores, nas silagens de capins tropicais, principal-

mente naquelas produzidas a partir dos gêneros *Urochloa*, *Megathyrus* e, mais recentemente, nas das espécies de *Pennisetum purpureum* Schum. Tal fato se justifica em função dos bons índices produtivos e qualidade dessas forragens, associado ao fato de serem perenes, não havendo, portanto, necessidade da reserva de uma área exclusivamente para o estabelecimento de culturas forrageiras destinadas à ensilagem, o que impacta diretamente nos custos de produção.

Dentre os capins tropicais para ensilagem, a cultivar BRS Capiaçú (*Pennisetum purpureum* Schum) tem se destacado desde seu lançamento, pela Embrapa Gado de Leite, em 2016, para a produção de silagem ou uso como capineira, por apresentar porte elevado, com boa resistência ao tombamento, florescimento tardio, moderada tolerância ao estresse hídrico, permitir colheita mecanizada e, acima de tudo, baixo custo de produção, em função de sua alta produtividade de matéria seca, associada a elevados teores de carboidratos solúveis e proteína (PEREIRA et al., 2016; PEREIRA et al., 2021). Entretanto, a BRS Capiaçú produz grandes proporções de colmos suculentos, os quais resultam em forragens com baixos teores de MS, geralmente abaixo de 200 g.kg^{-1} de MS (RETORE et al., 2021), que pode comprometer a CF desta cultivar. Além de comprometer a CF, baixos teores de MS ocasionam produção excessiva de efluentes, durante a fase de fermentação das silagens, bem como, favorece a ocorrência das fermentações secundárias (indesejáveis), que impactam negativamente na qualidade nutricional destas (BORREANI et al., 2018).

O uso de aditivos absorventes (sequestrantes de umidade) é a forma mais indicada para aumentar os níveis de MS da massa de forragem ensilada. Dentre os aditivos absorventes, possíveis de utilização em silagens de capins, pode-se citar: fubá de milho, milho triturado, farelos de cereais, milho desintegrado com palha e sabugo, torta de cupuaçu, resíduo de fecularia, casquinha de soja, raspa de mandioca, dentre outros. Ressalta-se ainda que, associada à capacidade de redução de umidade, estes aditivos citados contribuem com a melhoria no valor nutricional da massa de forragem, podendo prover melhorias extras nos processos fermentativos. Duas outras alternativas, para

assegurar maiores teores de MS nas silages de capins são: realizar o processo de pré-secagem/emurchecimento do capim e a formulação rações mistas totais (do inglês, TMR), a base do capim, para ensilagem (WEINBERG et al., 2011; BUENO et al., 2020).

Neste sentido, considerando a rápida expansão do cultivo do capim-elefante BRS Capiapu no Brasil, atrelado ao crescente interesse sobre as possibilidades e viabilidade de uso das silagens de capins tropicais, propôs-se com esse texto, realizar uma abordagem direcionada a viabilidade de uso destas silagens no Brasil e apresentar alguns resultados experimentais de diferentes localidades, a fim de prover informações recentes, que possam orientar produtores e profissionais das ciências agrárias interessados no tema.

2 CULTIVAR BRS CAPIAÇU

A cultivar BRS Capiapu é um clone de capim-elefante (clone CNPGL 92-79-2), obtido a partir do cruzamento entre os acessos Roxo (BAGCE 57) e Guaco IZ2 (BAGCE 60), que se destaca pelo elevado potencial de produção de massa de forragem seca (50t/ha/ano, em três colheitas) em relação a outras gramíneas forrageiras, sendo cerca de 30% mais produtiva, inclusive, em relação a outras cultivares de capim-elefante (PEREIRA et al., 2016; PEREIRA et al., 2017; PEREIRA et al., 2021).

Morfologicamente, a BRS Capiapu é uma gramínea com hábito de crescimento cespitoso ereto, de porte alto, podendo atingir até 4,2 m de altura, em crescimento livre (Figura 1), com colmos grossos, internódios compridos e de coloração amarelada. Apresenta folhas compridas e largas, de coloração verde e nervura central branca. Também apresenta elevada densidade de perfilhos basais, sem presença de pelos, com gemas de alto poder de brotação, florescimento tardio e boa resistência ao tombamento (PEREIRA et al., 2016 e PEREIRA et al., 2017).

Figura 1. Capim-elefante, BRS Capiacu em crescimento livre, no Campo Agrostológico da UFGD.



Apesar de ser uma cultura que requer maior mão de obra para implantação/plantio, por sua propagação ser vegetativa, os demais cuidados de manejo da cultura não difere de outras forragens comumente utilizadas para a ensilagem (milho e sorgo), até mesmo na hora da colheita, que pode ser realizada com uso de ensiladeiras, nos primeiros anos de cultivo, e colheitadeiras de área total, quando as touceiras ficarem maiores e com maior densidade de perfilhos (PEREIRA et al., 2021; RETORE et al., 2021). Estes mesmos autores ressaltam que, apesar de completamente possível, a colheita manual aumenta os custos de produção da cultura, sendo assim, mais indicado apenas na impossibilidade da colheita mecânica. Dentro dos manejos, ressalta-se o cuidado com ataques das cigarrinhas das pastagens (*Mahanarva spectabilis*), por ser uma cultivar susceptível. Porém, quando a BRS Capiacu está bem manejada, ela apresenta boa tolerância as cigarrinhas.

Devido a alta produtividade e menor custo de produção, em relação ao milho, sorgo e a cana-de-açúcar, a BRS Capiapu também tem sido utilizada para a produção de biomassa energética. No entanto, o maior apelo desta cultivar é para a alimentação animal, podendo ser utilizada para suplementação volumosa na forma de silagem ou picado verde (MONÇÃO et al., 2019). Ambas as formas tem boa aceitabilidade pelos animais (RETORE et al., 2020).

3 SILAGEM DA BRS CAPIAÇU

Conforme já relatado, o principal cuidado, quando se pretende ensilar a BRS Capiapu, é com o teor de MS, que costuma ser baixo mesmo em estádios fenológicos mais avançados, conforme reportado por Monção et al. (2019), que verificaram teores máximos de MS de 243,3 g.kg⁻¹, aos 150 dias de rebrote da Capiapu. Considerando o período máximo recomendado na literatura, para realização da colheita (120 dias), esses mesmos autores reportaram teores de MS de 212,5 g.kg⁻¹, enquanto Retore et al. (2020) relataram teores de MS de 200 g.kg⁻¹ na mesma idade de colheita. Essas informações de MS, associado a sugestão de Pereira et al. (2021), que reportaram que a Capiapu pode atingir teores de MS entre 180 e 200 g.kg⁻¹ já a partir dos 90 dias, podendo ser ensilada neste momento (planta pura), demonstram que as condições edafoclimáticas locais (temperatura, radiação solar, umidade, precipitação pluviométrica, fertilidade do solo, etc.) são mais importante do que a idade, ou mesmo a altura da planta, na hora de definir o momento ideal para a realização da colheita e ensilagem. Deste modo, a recomendação do momento ideal de colheita deve ser embasado na análise do teor de MS da cultura, que pode ser avaliado na própria fazenda/propriedade, com uso de forno micro-ondas.

Apesar das recomendações de Pereira et al. (2021), para ensilar a BRS Capiapu com teores de MS entre 180 e 200 g.kg⁻¹, é fato consolidado que baixos teores de MS na massa de forragem ensilada levará a ocorrência de fermentações secundárias, além de ocasionar maiores produções e perdas por efluentes, o que impacta negativamente na recuperação de MS e na qualidade nutricional das silagens

(BORREANI et al., 2018; RETORE et al., 2020). De acordo com Retore et al. (2020), teores de MS abaixo de 200 g.kg^{-1} , na massa de forragem da Capiaçú a ensilar, está longe do ideal, sendo recomendado ensilar a Capiaçú com teores de MS entre 280 a 340 g.kg^{-1} .

O baixo teor de MS é o principal atributo da Capiaçú, que reduz sua capacidade fermentativa, sendo o maior desafio para esta ensilagem, principalmente em propriedades que primam pelo melhor valor nutricional da forragem ensilada, em detrimento a maior produção de MS, por colherem as plantas mais jovens. Independente da situação, os valores de MS na massa de forragem ensilada devem estar próximo das 300 g.kg^{-1} . Este valor pode ser conseguido através do: corte do capim em estágio fenológicos mais avançados ou corte antecipado, seguido de emurchecimento do capim (acompanhar a curva de secagem), corte em período propícios (final da tarde e épocas sem grande ocorrência de chuvas) e, uso de aditivos absorventes (analisar disponibilidade e custo do aditivos existente em sua região).

Dentre essas estratégias, o acompanhamento do teor de MS até o momento do corte/colheita e o uso de aditivos absorventes são os mais comuns nas propriedades. Para a primeira estratégia, será necessário o uso de forno micro-ondas, conforme mencionado anteriormente, com amostragem do capim em intervalos de tempo definido (de acordo com a observação da curva de secagem prévia). Esta é a forma que menos exige investimento financeiro. Quanto ao uso de aditivos absorventes, esta é a estratégia mais indicada para aumentar os valores de MS de massa ensilada, quando se pretende aliar produtividade com qualidade nutricional da BRS Capiaçú. Porém, o uso desta estratégia exige investimentos na aquisição do(s) aditivo(s). Neste ponto, considerando a extensa possibilidade de aditivos absorventes, nas diferentes regiões do Brasil (fubá de milho, milho triturado, farelos de cereais, milho desintegrado com palha e sabugo, resíduo de fecularia, casquinha de soja, raspa de mandioca, torta de cupuaçu, dentre outros), recomenda-se que seja pesquisado e utilizado o que apresenta maior disponibilidade em sua região, bem como, tenha melhor viabilidade econômica.

Retore et al. (2020) destacam que, em função da disponibilidade e custo do aditivo, a participação deste na silagem pode variar, de modo que alguns estudos demonstraram que a adição de 5% a 15% de aditivos sólidos é suficiente aumentar o teor de MS na massa de capim-elefante para valores adequados a ensilagem. No entanto, a percentagem necessária de inclusão do aditivo está diretamente relacionada com a composição do capim, no momento da colheita, e do próprio aditivo.

Outro ponto importante, quando se vai ensilar, é conhecer qual o objetivo de uso da silagem (espécie ou categoria animal) na propriedade. Desta forma, pode-se, inclusive, realizar a ensilagem de rações já formuladas (TMR), aumentando o teor de MS do material ensilado pela inclusão de concentrados energéticos, proteicos ou outros aditivos. Segundo Gusmão et al. (2018) a ensilagem de TMR de capim-elefante cv. Cameroon, cortado com 1,8 m de altura (corte precoce), apresentaram melhorias na qualidade fermentativa e nutricional das silagens. A prática de realizar ensilagem de TMR tem ganhado destaque entre produtores e pesquisadores brasileiros nos últimos anos, sendo ponto para diversas pesquisas, dentre as quais, uma delas será abordada em um tópico a parte, neste material.

3.1 Custos na Silagens da BRS Capiáçu

Que o capim-elefante BRS Capiáçu é produtivo, isso já conseguimos entender. Mas, será que compensa fazer a silagem desta cultivar, em detrimento às silagens já amplamente conhecidas (milho, sorgo e cana-de-açúcar)? Para isso, vamos tomar como referência os dados mais recentes, apresentados por Pereira et al. (2021), onde devemos analisar todos os custos envolvidos na produção, principalmente o custo específico por toneladas de MS produzida e por nutrientes (nutrientes digestíveis totais e proteína bruta).

Para avaliação da viabilidade, num primeiro momento, realizou-se a estimativa do custo total de produção das silagens de cada cultura por hectare. Neste ponto, foram utilizadas as informações disponibilizadas pela Embrapa Gado de Leite, em abril de 2020, corrigindo-

se os valores pelo índice geral de preços do mercado (IGP-M) para a data de 31/10/2021. Após isso, obtivemos custo total por hectare, da BRS Capiaçú, de R\$ 11.843,75; o custo do milho/ha foi estimado em R\$ 15.353,76 e o custo do sorgo/ha foi de R\$ 6.514,80. Para a cultura da cana-de-açúcar, os dados foram atualizados a partir dos valores referente ao mês de junho de 2016 para 31/10/2021, sendo obtido custo total de R\$ 12.370,95/ha.

Dentro do custo total de produção da silagem da BRS Capiaçú, visto que é uma cultura perene e, quando bem manejada, pode ser produtiva por até 15 anos (PEREIRA et al., 2021), deve-se considerar a diluição dos valores de implantação e manutenção ao longo desses anos, o que impacta diretamente na redução dos custos totais (anuais). Desta forma, os custos com implantação da BRS Capiaçú ficou na faixa de R\$ 10.580,00 por hectare, sendo esse valor composto por: R\$ 1.058,00 para preparo e correção do solo; R\$ 1.163,80 para aquisição de mudas, corte e transporte; R\$ 2.962,81 para o plantio; R\$ 4.973,30 para os tratamentos culturais, sendo este processo o de maior impacto na implantação (47%), juntamente com a etapa de plantio (28%) e; o valor restante para outros custos (diversos).

Quanto ao custo de manutenção, reajustado para o mesmo período de 2021, este foi de R\$ 5.094,53 por hectare. Dentre as práticas de manutenção, a adubação e o controle de plantas invasoras foram as mais onerosas, respondendo por 83% dos custos, porém, com predominância dos custos com a adubação (R\$ 3.413,34), devido a BRS Capiaçú ser extremamente exigente em fertilidade, precisando de adubação de reposição após cada corte, a fim de evitar queda na produtividade e exaustão dos nutrientes do solo.

De acordo com Pereira et al. (2021) o custo total da silagem, considerado todo cultivo e ensilagem, é variável em função do tipo de colheita realizada, de forma que a colheita manual é mais cara, representando valores superiores a 49%, em relação aos custos totais, quando se opta pela colheita mecanizada. Nesta estimativa de valores atuais, realizar a colheita mecânica impacta na redução de custos na ordem de R\$ 11.397,71/ha. Esta diferença se explica em função da

maior necessidade de mão de obra para a colheita e ensilagem, quando realizadas manualmente. Assim sendo, o custo total para a colheita mecânica ficou em R\$ 11.843,75, enquanto que para a colheita manual esse custo foi de R\$ 23.240,76. Isto demonstra claramente a vantagem na mecanização da colheita, porém, isso não é fator impeditivo para produtores familiares estarem produzindo e utilizando em sua propriedade a silagem da BRS Capiaçú, pois, se comparado com os custos de outras capineiras, ou mesmo a silagem de outras culturas, o padrão de custo se manteria similar, com vantagens para a BRS Capiaçú, devido a maior produtividade.

Feita a atualização dos custos totais de produção e explicados os componentes dos custos da BRS Capiaçú, por esta permitir vários cortes ao longo do ano, durante cerca de 15 anos, agora podemos associar esses custos (totais) com a produtividade de MS e dos principais nutrientes (NDT e PB).

Para fins de produtividade e qualidade da BRS Capiaçú, foram utilizados os dados publicados por Monção et al. (2019), com colheitas a 90, 120 e 150 dias. Para a cultura de sorgo, foram utilizados os dados relatados por Orrico Jr. et al. (2015), na cultivar BRS 509 (de maior produtividade), enquanto para as culturas de milho e cana-de-açúcar foram utilizados os dados publicados por Pereira et al. (2021) e Pereira et al. (2016), respectivamente. Embasado nas informações desses autores, juntamente com os custos totais, elaborou-se a Tabela 1.

Observados os dados da Tabela 1, pode-se verificar a superioridade da BRS Capiaçú, quando comparada com as demais culturas apresentadas, em função da sua elevada produtividade. Tal fato reflete na maior produtividade de MS, PB e NDT, que associado aos menores custos de produção da forragem e ensilagem, resulta, igualmente, em menores custos de produção por toneladas dos nutrientes analisados.

Tabela 1. Produção de massa de forragem seca (PMFS), proteína bruta (PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT), por hectare da BRS Capiaçú, em diferentes intervalos de corte e das culturas de milho, sorgo e cana-de-açúcar, associado aos custos totais e da tonelada de MS, PB e NDT.

Cultura	Dias	PMFS (t/ha/ano)	Custo da MS (R\$/t)	Produção de PB (t/ha)	Custo da PB (R\$/t)	Produção de NDT (t/ha)	Custo do NDT (R\$/t)
BRS Capiaçú	90	95,13	124,50	7,34	1.612,67	40,38	293,28
	120	99,87	118,59	8,73	1.356,84	39,60	299,09
	150	119,66	98,98	9,23	1.283,75	49,89	237,41
Milho ¹	120	28,00	548,35	2,02	7.600,87	17,67	868,92
Sorgo ¹	132	24,05	270,86	1,15	5.666,59	17,15	379,93
Cana-de-açúcar ¹	365	32,30	383,00	0,65	19.032,23	18,75	659,78

¹ Considerado colheita/ano.

Dentre as diferentes idades de corte apresentadas, pode-se observar que a realização das colheitas da BRS Capiaçú em estádio fenológicos mais avançados (120 e 150 dias) permitiram colher mais massa de forragem seca, ambas forragens com teor de MS superior a 200 g.kg⁻¹, o que refletiu em menores custos de produção de MS/ha. De forma similar, a colheita mais tardia promoveu a diluição nos custos de PB e NDT/ha, de modo que as silagens produzidas a partir da BRS Capiaçú colhida aos 150 dias demonstraram ser as mais viáveis, em termos econômicos. Se comparadas, em termos de teores de PB e NDT, não houveram grandes diferenças em relação as colheitas das forragem aos 120 ou 150 dias. No entanto, deve-se considerar a possibilidade de uso de um aditivo absorvente nessas silagens, o que pode mais que duplicar o custo de produção da silagem, se, para fins de exemplificação, utilizarmos a adição de 150 kg de casquinha de soja por tonelada (R\$ 1.142,50 por tonelada, em 05/11/2021). Neste caso, em termos de custo geral por tonelada de MS, a silagem da BRS Capiaçú se torna menos atrativa, porém, deve-se considerar que a silagem aditivada terá, além de melhor capacidade fermentativa, aumento nos teores de nutrientes e produzindo uma silagem de melhor valor nutricional.

Retore et al. (2020), relataram que é possível realizar o corte e ensilagem da BRS Capiaçú já com 60 dias de idade, quando o objetivo

é ter um melhor aproveitamento da composição química da cultura, desde que sejam incluídos, pelo menos 15% de milho grão triturado na massa de forragem a ensilar, assegurando o ideal teor de MS. Porém, esta prática, além de aumentar os custos em função da aquisição do aditivo, aumentará os custos com máquinas e mão de obra, pois, ao invés de fazer três silos grandes ao longo do ano (forragem colhida aos 120 dias), terá que fazer seis silos pequenos/ano.

Realizando-se um comparativo entre a silagem da BRS Capiçu, colhida aos 120 dias, com a silagem de milho, o produtor que opta pela silagem da BRS Capiçu economiza, em valores atuais, R\$ 429,76 por tonelada de MS produzida, R\$ 6.244,03 por tonelada de PB e R\$ 569,83 por tonelada de NDT. Desta forma, é inegável a viabilidade econômica de produção e uso de silagens produzidas a partir da cultivar BRS Capiçu, com ou sem o uso de aditivos.

4 SILAGEM DA BRS CAPIÇU EM PEQUENAS PROPRIEDADES DO PARÁ

A silagem da BRS Capiçu, apesar de ter os custos de produção reduzidos com o processo mecanizado de ensilagem, também pode ser produzida de forma adequada e viável em pequenas propriedades rurais. Conhecendo essa possibilidade e o expressivo papel da atividade leiteira na Região Sudeste do Pará, algumas atividades de extensão vem sendo desenvolvidas por pesquisadores da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA) e, dentro desta temática, tem conduzido o projeto de extensão “ENSILA CARAJÁS”, com objetivo de desenvolver a pecuária de leite em pequenas propriedades do sudeste paraense, utilizando como fator principal o uso da cultivar BRS Capiçu para produção de silagem, de pequena escala, nestas propriedades.

A região de Carajás tem um papel expressivo na atividade leiteira do Sudeste do Pará. Apesar dos índices numéricos indicarem elevada produção de leite, a produtividade do estado (produção em litros/vaca/ano) é baixa, em relação a outros estados brasileiros. As razões para esta baixa produtividade são diversas e passam pela esfera produtiva, em à relação a produção de alimentos para o rebanho e deficiências no manejo nutricional, sanitário e reprodutivo. Outro fator de suma impor-

tância, que justifica essa baixa produtividade, está relacionado com as condições climáticas que o trópico úmido impõe à atividade leiteira. Por fim, entender a situação socioeconômica cultural do pequeno produtor de leite está relacionado com a interligação dos fatores técnicos supracitados.

Apesar das informações previamente apresentadas, o Pará, segundo maior estado brasileiro em extensão territorial, ocupa a décima colocação em produção de leite no país e a segunda maior produção da região Norte, com 33,9% do total produzido na região (SOARES et al., 2019). Embora praticada em todo o estado, a bovinocultura de leite se mostra mais expressiva na região do Sudeste paraense. O estado possui seis mesorregiões, sendo a sudeste composta por 39 municípios, dentre os quais estão os dez com maior produção de leite do estado (IBGE, 2017; SANTOS, 2015).

Neste contexto, cinco pequenas propriedades leiteiras, no município de Canaã dos Carajás-PA, foram selecionadas para implantação de unidades demonstrativas (UD) de aproximadamente 1 ha, para o cultivo da cultivar BRS Capiacu voltada à produção de silagem. Para a implantação destas UD, mudas da cultivar foram selecionadas junto aos próprios produtores rurais da região. Após, as áreas foram preparadas e realizadas as correções do solo. O plantio das estacas da BRS Capiacu foi realizado em covas, espaçadas em 1 m x 1 m, com 30 cm de profundidade (Figura 2).

Figura 2. Implantação da cultivar BRS Capiacu.



No momento do plantio foi realizada adubação fosfatada, com 100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅, distribuídos igualmente nas covas. Após, as capineiras foram divididas em 2 talhões, onde um deles recebeu adubação de cobertura com a formulação NPK (20-05-20) na proporção de 500 kg.ha⁻¹, enquanto o outro talhão recebeu adubação orgânica líquida, advinda do *BioFertGás Amazônico* (modelo de biodigestor desenvolvido pela Faculdade de Agronomia da UNIFESSPA). A aplicação do composto orgânico foi realizada com bomba costal, semanalmente, na proporção de 400 litros por hectare (Tabela 2).

Tabela 2. Composição do composto orgânico, utilizado para adubações orgânicas

Nutrientes	mg/Litro
Nitrogênio	116,50
Fósforo	268,50
Potássio	89,00
Cálcio	6,45
Magnésio	4,47
Enxofre	425,00
Ferro	25,45
Manganês	4,14
Boro	5,12
Zinco	1,75

A cultivar BRS Capiacú foi colhida após 120 dias de plantio. Essa estratégia foi adotada devido as condições edafoclimáticas do sudeste paraense e das estratégias de manejo da forragem disponibilizadas pelos gestores do projeto.

Para a ensilagem, foram adotadas 2 (duas) estratégias de obtenção de resultados e aplicação da tecnologia aos pequenos produtores leiteiros do sudeste paraense, sendo: 1. realização de avaliação das silagem de BRS Capiacú por meio de silos laboratoriais; 2. Confecção de silo artesanal do tipo *Cincho* (rapadura), com objetivo de apresentar uma maneira economicamente viável e aplicável as condições de produção leiteira do sudeste paraense.

4.1. Silos laboratoriais

No caso dos silos laboratoriais, foram utilizados 40 minisilos, distribuídos em 4 tratamentos e 10 repetições, onde: 1. CONc (silagem da BRS Capiaçú sem aditivos, adubação convencional); 2. INOc (silagem da BRS Capiaçú com aditivo microbiano, adubação convencional); 3. CONo (silagem da BRS Capiaçú sem aditivos, adubação orgânica) e; 4. INOo (silagem da BRS Capiaçú com aditivo microbiano, adubação orgânica) (Figura 3).

Figura 3. Mini silos laboratoriais da silagem BRS Capiaçú.



Após a confecção dos minisilos, estes foram armazenadas por 60 dias, quando ocorreu a abertura e avaliação de perdas fermentativas, estabilidade aeróbia e composição bromatológica.

4.2. Silo artesanal tipo Cincho

Para essa estratégia, foi confeccionado um silo tipo Cincho, em forma de “rapadura” com dimensões de 2 m x 2 m x 2 m (comprimento, largura e altura). A cultivar BRS Capiaçú foi colhida por ensiladeira mecânica acoplada a trator. A massa de forragem colhida e triturada foi levada até o silo e compactada mecanicamente, até atingir densidade média de 600 kg.m⁻³ (Figura 4).

Figura 4. Silo artesanal tipo Cincho da BRS Capiaçú, produzido numa pequena propriedade rural do município de Canaã dos Carajás-PA.



Após a confecção dos silos, como forma de difundir os conhecimentos entre produtores rurais da região, estudantes dos cursos de ciências agrárias da UNIFESSPA e autoridades da administração pública do município de Canaã dos Carajás - PA, realizou-se um dia de campo (Figura 5).

Figura 5. Dia de campo sobre silagem da BRS Capiaçú.



4.3. Produtividade da cultivar BRS Capiaçú

A implantação da BRS Capiaçú na UD foi realizada em meados de março de 2021, já iniciando o final da estação das chuvas no sudeste paraense, desta forma, sendo possível avaliar apenas o 1º corte da forrageira, antes da publicação deste material.

Na 1ª avaliação de produção, foi realizada a comparação entre os tratamentos com adubação convencional e orgânica (Tabela 3). Diante das avaliações, verificou-se que a produtividade média, aos 120 dias de plantio, foi superior às relatadas na literatura, quando considerada a possibilidade de 3 cortes por ano, a cada 120 dias. Nesta lógica, observou-se produtividade anual de matéria natural de 255,3 e 265,8 t.ha⁻¹, nas áreas com adubação convencional e orgânica, respectivamente. Considerada a possibilidade de manutenção da produtividade, nos cortes sucessores, observou-se valores de produtividade anual de matéria seca superiores aos encontrados na literatura, sendo 63,9 e 71,76 t.ha⁻¹, nas áreas com adubação convencional e orgânica, respectivamente.

Plantas colhidas com alturas de corte acima de 4 metros e produtividades de 100 t.ha⁻¹ de matéria natural são facilmente relatadas na literatura, com plantios realizados em outubro e com primeiro corte em fevereiro (PEREIRA et al., 2017; PEREIRA et al., 2021). Segundo Retore et al. (2020) a prática de adubação pode interferir na produtividade e valor nutritivo da forragem de BRS Capiaçú e, conseqüentemente, na qualidade de sua silagem, desta forma, pode-se atribuir os valores maiores de produtividades às práticas de adubação adotadas.

Como mencionado anteriormente, nas condições deste trabalho, o plantio foi realizado em março e colheita em junho de 2021. Tendo em vista essa particularidade, foi obtida altura média de 3,10 m e produtividade média de matéria natural superior a 80 t.ha⁻¹/corte. Dados estes, bastante satisfatórios, para esse primeiro momento de implantação e difusão de tecnologia.

Tabela 3. Avaliação de produtividade da cultivar BRS Capiacu ao 1º corte, nas condições do sudeste paraense

Idade de corte	Altura (m)	Produção matéria natural (t.ha ⁻¹)	Produção matéria seca (t.ha ⁻¹)
Adubação convencional	3,10	85,20	21,30
Adubação orgânica	3,12	88,60	23,92

Quando comparado os dois talhões, em função das diferentes adubações, observou-se ligeira superioridade para o talhão que recebeu adubação orgânica líquida advinda de biodigestor. Fato este, que pode ser claramente explicado pela maior frequência de adubações de cobertura (a cada 7 dias) e pela quantidade de água que o talhão recebeu em detrimento ao outro.

Essa comparação entre os talhões teve pouco controle científicos e, neste primeiro momento, somente teve por objetivo incentivar os produtores ao uso do biofertilizante proveniente dos biodigestores instalados. Tendo isso em vista, os dados da Tabela 3 são apenas uma constatação de campo, sem valor científico concreto. Este, por sua vez, pode ser avaliado com a confecção dos minisilos, em uma segunda parte da avaliação, que foi realizado com rigor científico adequado.

Ressalta-se que este projeto de extensão em si, visa o desenvolvimento da pecuária de leite da região de Carajás, no sudeste paraense e, também tem como objetivo a difusão de tecnologias sustentáveis e agroecologicamente corretas para o Bioma Amazônico. Desta forma, toda pequena propriedade ou UD também tem a presença do BioFertGás Amazônico, para que o resíduo da fermentação possa ser utilizado na adubação das capineiras da BRS Capiacú, destinadas à produção de silagem.

4.4. Resultados parciais dos silos experimentais

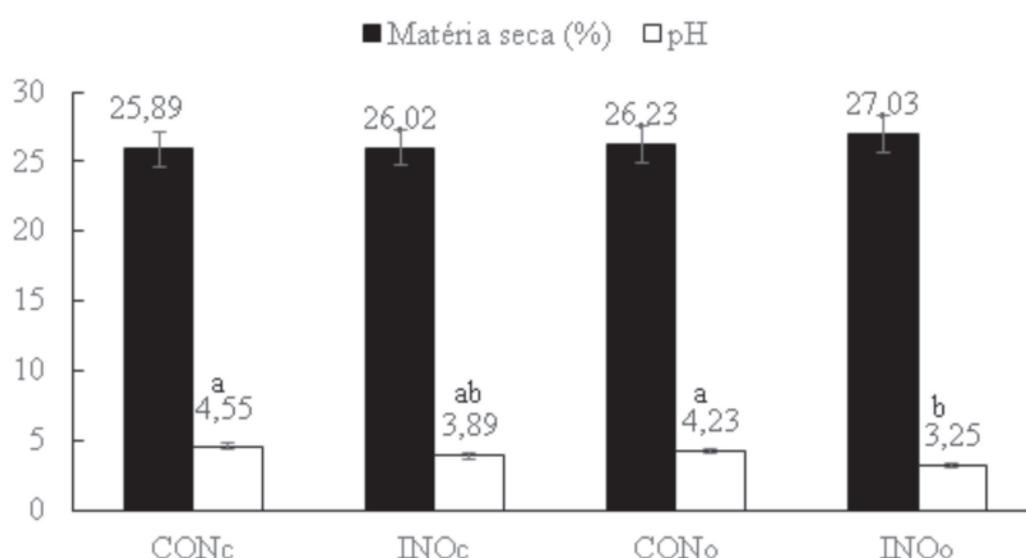
Em relação ao teor de MS das silagens da BRS Capiacu, não foram observadas diferença entre os diferentes tratamentos avaliados.

No momento do colheita foi observado uma diferença de apenas 2% entre os talhões com adubação convencional e orgânica, diferença essa que não resultou em maiores discrepâncias após o processo de ensilagem.

O teores de MS observados neste estudo (Figura 6) estão acima dos reportados por Pereira et al. (2016), que observaram teores de MS de 21,0%, para a mesma cultivar com idade de colheita semelhante à deste estudo. Entretanto os valores de MS estão de acordo com os observados por Ribas et al. (2021), que reportaram teores de MS em torno de 26,32%.

As silagens tratadas com inoculante microbiano apresentaram menor valor de pH no momento da abertura dos silos, em relação aos materiais não inoculados, independente da adubação recebida. Este resultado era esperado, visto que a inoculação com bactérias produtoras de ácido lático acelera a queda do pH e reduz o pH final, com isso, aumentando a concentração deste ácido, reduzindo a produção de efluentes e perdas de MS no silo, além de minimizar as perdas de proteínas e energia, e prolongar o tempo de conservação da silagem (EVANGELISTA e LIMA, 2002).

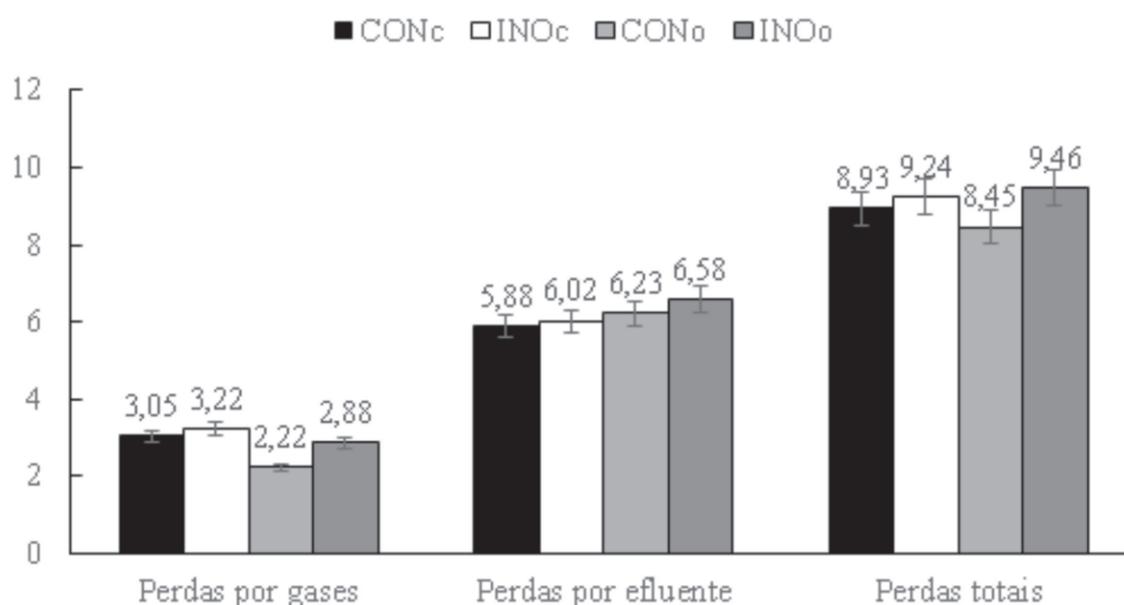
Figura 6. Matéria seca (%) e pH de silagem de BRS Capiacu, aos 120 dias de plantio, sob diferentes adubações e uso de aditivo microbiano.



Em relação as perdas fermentativas, não foram observadas diferenças entre os tratamentos avaliados, quanto as perdas por gases, efluentes e perdas de matéria seca total (Figura 7). O resultado obtido para as perdas totais, de modo geral, foi bastante satisfatório, visto que, em média, ficou abaixo de 10% de matéria seca, provando a eficiência do processo de ensilagem nos silos experimentais (laboratoriais) e também a viabilidade, em termos de qualidade da BRS Capiacu, para confecção de silagem. Os resultados obtidos neste estudo são inferiores aos obtidos por Ribas et al. (2021), que reportaram perdas de matéria seca total de aproximadamente 12%, independente da adição ou não de inoculante microbiano.

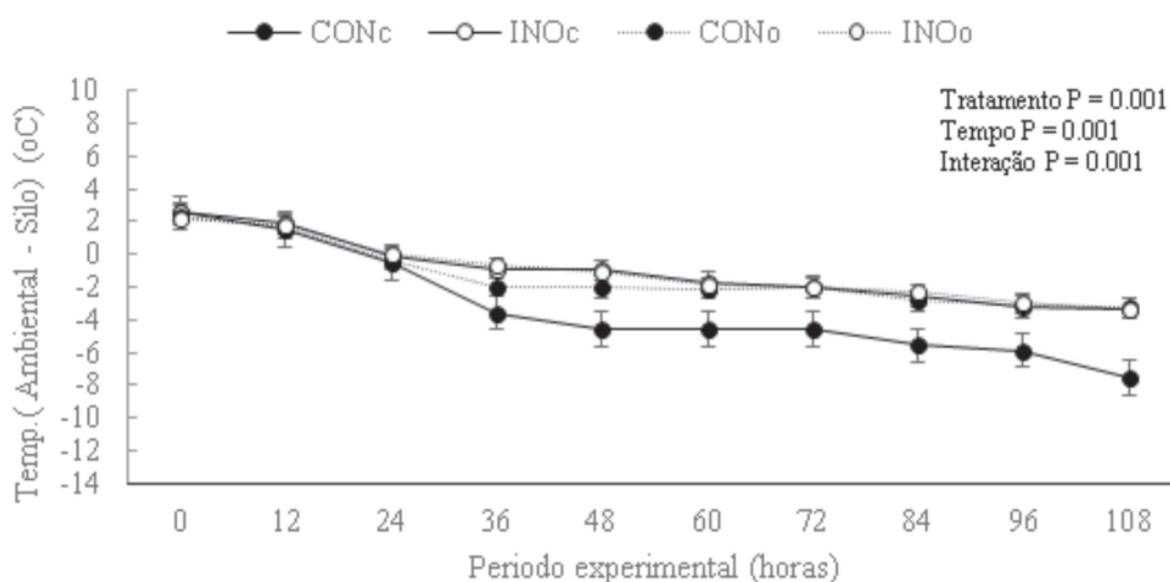
Assim como a maioria das gramíneas tropicais, a BRS Capiacu apresenta alta umidade (matéria seca inferior a 30%) no estágio fenológico mais adequado para uso no processo de ensilagem. Isso acarreta maiores perdas durante o processo de fermentação, além de produzir grande quantidade de efluentes (FERREIRA et al., 2010).

Figura 7. Perdas fermentativas de silagem da BRS Capiacu (em % da MS), aos 120 dias de plantio, sob diferentes adubações e inoculação de aditivo microbiano.



As silagens tratadas com inoculante microbiano apresentaram melhor estabilidade aeróbia, em relação aos materiais controle, independente da adubação utilizada. As silagens controle perderam a estabilidade aeróbia com aproximadamente 36 horas de exposição ao oxigênio, enquanto as silagens inoculadas perderam a estabilidade com aproximadamente 84 horas, após a exposição ao oxigênio (Figura 8).

Figura 8. Estabilidade aeróbia de silagem de BRS Capiaçú, aos 120 dias de plantio, sob diferentes adubações e inoculação de aditivo microbiano.



Fermentações indesejáveis e baixa estabilidade aeróbia resultam em perda de energia, perdas de MS e do valor nutritivo geral, comprometendo a qualidade da silagem. Estabilidade aeróbia é um termo usado para definir o período que a silagem permanece estável e não se estraga após ser exposta ao ar Kung e Muck (2017), sendo definido como o período de tempo que a temperatura da silagem atinge 2 °C, a menos, que a temperatura do ambiente (Kung et al., 2018).

4.5. O silo tipo Cincho em pequenas propriedades de produção de leite

Para complementar o experimento com minisilos, foram confeccionados silos do tipo Cincho nas UD, com objetivo de produzir

silagens para serem ofertadas as vacas leiteiras. O modelo de silo utilizado foi pensado em função do baixo custo de implantação e baixa utilização de maquinário para a confecção e, claro, pela sugestão e aceitação dos próprios produtores atendidos (Figura 9).

Figura 9. Silo Cincho da BRS Capiaçú antes do fechamento (A) e após fechamento (B).



A silagem proveniente dos silos Cinchos foi ofertada aos animais de cada UD (Figura 10), de acordo com necessidade de cada propriedade e de disponibilidade de forragem. De modo bem simples (sem rigor científico), por meio de acompanhamento e avaliação dos próprios produtores, foi relatado aumento médio de 1,5 kg de leite/vaca/dia, quando utilizada a suplementação dos animais com a silagem do BRS Capiaçú, em relação aos animais que não receberam a silagens da BRS Capiaçú. Tal resultado, despertou interesse por parte de outros produtores, que começaram a buscar mais informações sobre essa silagem, para também começarem a produzir em suas propriedades.

Figura 10. Vacas leiteiras recebendo suplementação de silagem da BRS Capiaçú.



A primeira experiência de produção e uso da cultivar BRS Capiaçú, em pequenas propriedades rurais do sudeste paraense, foi válida e significativa, porém, existe uma prioridade em difundir as culturas para ensilagem na região de Carajás, por, na grande maioria das propriedades, haver uma escassez pronunciada de forragem para as vacas leiteiras no período das secas. Neste ponto, a cultivar BRS Capiaçú demonstrou, na prática, ser uma alternativa economicamente viável, requerendo tratamentos culturais simples e apresentando produtividade agrônômica elevada, nas condições edafoclimáticas do sudeste paraense. Associado a isso, o cultivo da BRS Capiaçú permitiu um manejo agroecológico e sustentável da pecuária de leite, respeitando a produção animal no Bioma Amazônico.

5 SILAGEM DE RAÇÃO MISTA TOTAL A BASE DA BRS CAPIAÇU

Direcionada muito mais às médias e grandes propriedades rurais, a princípio, as silagens de TMR tem despertado cada vez mais o interesse dos pecuaristas, fato esse que é visto com bons olhos, quando observado da ótica que a inclusão de outros aditivos secos podem reduzir os problemas relacionados a ensilagem de capins tropicais, em especial da BRS Capiaçú.

Por definição, a silagem de TMR consiste na formulação de uma ração completa (forragem fresca mais concentrado proteico, concentrado energético, vitaminas, minerais e aditivos) com a finalidade de atender às exigências nutricionais de uma determinada categoria animal, esta colocada em silos para ser oferecida aos animais durante períodos de escassez (Bueno et al., 2020). O uso da TMR facilita o manejo alimentar nas propriedades, pois, elimina a necessidade do preparo diário das dietas, além de permitir uso mais racional da mão de obra.

Por apresentar grandes quantidades de ingredientes energéticos e proteicos na mistura, é de suma importância que o processo de fermentação da TMR ocorra de maneira eficiente, a fim de reduzir as perdas fermentativas e a qualidade (degradação da proteína) destes ingredientes. Uma das formas de minimizar perdas é garantir que a fermentação láctica prevaleça no interior do silo (SANTOS et al., 2010), o que pode ser viabilizado com uso dos inoculantes microbianos.

Em função da necessidade de informações, a respeito da qualidade fermentativa e nutricional da BRS Capuaçu, quando ensilada na forma de TMR, foi realizado o presente estudo, com objetivo avaliar estes parâmetros em silagens de TMR, a base de BRS Capiaçú, com diferentes idades de corte em associação com diferentes tipos de aditivos enzimo-microbianos.

5.1. Experimento “TMR-Capiaçú”

O trabalho foi desenvolvido pela Embrapa Agropecuária Oeste, em parceria com a Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados, MS. O ensaio foi conduzido em um delineamento inteiramente

casualizado, em esquema fatorial 3x3, sendo: três idades de corte da BRS Capiçu (60, 90 e 120 dias de rebrota), associadas a três tipos de aditivos (CON - controle/água destilada; HOM - inoculante homofermentativo + enzima fibrolítica e; COMBO - inoculante homofermentativo + inoculante heterofermentativo + enzima fibrolítica), com cinco repetições por tratamento.

O inoculante HOM utilizado era constituído por: *Pediococcus pentosaceus* NCIMB 12455 (1,8 x 10⁵ UFC/g de forragem), *Lactobacillus plantarum* CNCM I- 3736 (2,0 x 10⁴ UFC/g de forragem), α -glucanase (8.000 UI/g de produto) e xilanase (9.000 UI/g de produto). Por sua vez, o inoculante COMBO utilizado era constituído por: *Pediococcus pentosaceus* NCIMB 12455 (1 x 10⁵ UFC/g de forragem), *Lactobacillus buchneri* NCIMB 40788 (7,5 x 10⁴ UFC/g de forragem), *Lactobacillus hilgardii* CNCM I-4785 (7,5 x 10⁴ UFC/g de forragem), α -glucanase (5.750 UI/g de produto) e xilanase (30.000 UI/g de produto). Ambos os produtos, encontram-se em fase de registro pela empresa TMLallemand.

Na área experimental, antes de iniciar os corte avaliativos, foi realizado um corte de uniformização (15 cm da superfície do solo). A adubação de cobertura foi realizada com 200 kg de N/ha e 50 kg de K₂O/ha, na forma de ureia e o cloreto de potássio, para fornecer nitrogênio e potássio, respectivamente. A adubação de cobertura era sempre realizada após cada corte de uniformização.

Para a produção da TMR, foi utilizado uma mistura padrão, com as seguintes proporções dos ingredientes (em % da MS): 51,6% de BRS Capiçu, 38,8% de milho moído, 9,1% de farelo de soja e 0,5% de calcário calcítico. A TMR foi formulada para atender as exigências nutricionais de vacas lactantes, com produção estimada de 15 kg de leite/dia, peso médio de 500 kg e consumo médio de 14 kg MS/dia, seguindo as recomendações do NRC (2001).

Os inoculantes enzimo-microbianos foram diluídos em água destilada e aplicados, seguindo as recomendações do fabricante (10 g do aditivo diluída em 90 mL de água, por tonelada de massa fresca). Após isso, o material de cada tratamento foi ensilado em silos de laboratoriais, feitos em tubos de PVC com 50 cm de altura e 10 cm de

diâmetro, vedados na extremidade inferior com um cap soldável. No fundo dos silos, colocou-se areia seca (0,3 kg) separada da forragem por um tecido de algodão, para quantificação do efluente produzido. O capim foi triturado em um picador estacionário de forragem, para atingir tamanho médio de partícula entre 10 e 15 mm. Após a mistura do capim com os demais ingredientes, o material foi compactado e, em seguida, os silos foram vedados com lona plástica dupla face e fita adesiva, pesados e armazenados em laboratório.

Os valores de pH, capacidade tampão, composição química e os coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) da massa de forragem da BRS Capiapu e das TMR antes da ensilagem estão apresentados na Tabela 4.

Após 90 dias de fermentação, os silos foram novamente pesados para o cálculo das perdas de gases e, então, abertos. Depois da retirada da silagem, o conjunto (silo + areia + tecido de algodão) foi pesado para quantificação do efluente produzido e para determinação da recuperação de MS (RMS), calculadas de acordo com as equações de Li et al. (2017). Duas amostras da silagem, em cada tratamento, foram coletadas, sendo uma para avaliar a composição química e os coeficientes DIVMS e outra para avaliação do nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e do perfil de ácidos orgânicos das silagens.

A capacidade tampão, determinada em HCl, foi quantificada de acordo com o método descrito por Playne e McDonald (1966). A determinação dos teores de N-NH₃ foi realizado conforme a metodologia descrita por Fenner e Ratcliffe (1965), adaptada por Vieira (1980). Os ácidos orgânicos foram determinados por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) da Shimadzu, modelo Prominence, equipado com detector ultra violeta modelo SPD-20.

Tabela 4. pH, capacidade tampão, composição química e digestibilidade in vitro da matéria seca da BRS Capiaçú, nas idades de 60, 90 e 120 dias de rebrota, e das rações mistas totais (TMR) utilizadas no experimento

Parâmetros	Idade de corte do capim (dias)					
	60		90		120	
	Capiaçú	TMR	Capiaçú	TMR	Capiaçú	TMR
pH	5,41	6,12	4,99	6,01	5,45	5,97
CT, meq HCl/100g MN	21,47	15,21	16,79	16,36	12,68	18,28
MS, % MN	13,42	23,41	16,57	26,93	20,89	32,42
MO, % MS	87,89	92,53	88,21	92,70	91,63	94,46
PB, % MS	5,32	10,43	3,83	9,66	2,89	9,17
FDN, % MS	71,44	43,71	72,27	45,12	73,82	46,15
FDA, % MS	26,05	14,47	26,63	16,86	28,00	17,56
Celulose, % MS	22,83	10,32	23,58	12,17	22,40	11,56
Hemicelulose, % MS	46,22	23,85	44,82	23,13	45,82	23,65
Lignina, % MS	3,21	1,66	3,05	1,57	5,60	2,89
DIVMS, % MS	60,28	74,80	65,86	73,25	52,06	68,12

pH = potencial hidrogeniônico; CT = capacidade tampão; MN = matéria natural; MS = matéria seca, MO= matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; DIVMS = digestibilidade in vitro da matéria seca.

Para avaliação da estabilidade aeróbia foi utilizado aproximadamente 2 kg de silagem de cada tratamento. A temperatura do ar e das silagens foram monitoradas durante sete dias consecutivos, a cada 6 horas, com o uso de termômetros digitais, sendo considerada a quebra da estabilidade aeróbia o momento em que a temperatura da silagem ultrapassou em 2°C a temperatura do ar (KUNG et al., 2018). A cada avaliação de temperatura, foram determinados também os valores de pH, usando um potenciômetro digital (mPA210 MS TecnoPON), segundo metodologia descrita por Cherney e Cherney (2003).

As amostras de TMR, antes e depois da ensilagem, foram pré-secadas e moídas para determinação da composição química e dos coeficientes de DIVMS. Os teores de MS, matéria orgânica (MO; método 942.05) e proteína bruta (PB; método 976.06) foram determinados de acordo com AOAC (2005). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose e lignina foram analisados conforme os protocolos sugeridos por Mertens (2002), com o uso de amilase termoestável para FDN. A DIVMS foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Tilley e Terry (1963) e adaptada por Holden (1999).

5.2 Resultados da “TMR-Capiaçu”

Observou-se que a idade de corte do capim não influenciou os valores de recuperação de MS da silagem (Tabela 5). No entanto, silagens aditivadas com COMBO e o CON apresentaram os maiores valores para RMS. Porém, não houve diferença quanto as perdas de gases, entre os tratamentos testados.

O uso de cepas homofermentativas (HOM) não foi eficiente em promover maior RMS e maior produção de ácido láctico, mesmo comparado ao tratamento controle. A RMS e a produção de gases em silagens possuem forte correlação com o tipo de fermentação que ocorre no interior dos silos. Segundo Borreani et al. (2018), a fermentação láctica resulta em mínima perda de MS e energia, ao passo que as fermentações acéticas, alcoólicas e butíricas resultam em perdas maiores de MS e de produção de gases (principalmente CO₂).

É provável que a competição entre as cepas bacterianas homofermentativas, contidas no aditivo e a microbiota epífita presente nas plantas, tenha levado às menores produções de ácido láctico (MICHEL et al., 2016). Outro fator que pode justificar tal comportamento é o uso de calcário calcítico usado na formulação da TMR. Sua utilização eleva a pressão osmótica do meio, com ação tamponante, o que pode desencadear alterações nas populações de microrganismos, em razão da inibição de alguns ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação da massa (STAPLE e LOUGH, 1989). Ressalta-se ainda que muitas bactérias ácido lácticas apresentam capacidade de crescer em condições aeróbias e, comumente, produzem peróxido de hidrogênio como resultado de sua atividade, composto este, capaz de inibir o crescimento de outros microrganismos, inclusive outros grupos de bactérias ácido lácticas.

Na literatura existem relatos da falta de eficiência dos inoculantes microbianos homofermentativos em reduzir as perdas fermentativas nas silagens de gramíneas tropicais. Cunha et al. (2020) também não observaram diferenças na RMS de silagens inoculadas com aditivos microbianos comerciais, que possuíam em sua composição *Pediococcus pentosaceus* e *Lactobacillus plantarum*. Já Vendramini et al. (2016) e

Orrico Júnior et al. (2020) não observaram melhorias nos valores de RMS, quando as silagens foram inoculadas com *Pediococcus pentosaceus* e *Lactobacillus buchneri*.

As produções de efluentes foram afetadas pela idade dos capins, de modo que silagens de TMR produzidas com o capim cortado aos 60 dias apresentaram maior produção de efluente e, conseqüentemente, maiores perdas. O aumento na idade de corte reduziu estas perdas, observando-se menores valores nas TMS com capim colhido aos 120 dias. O tratamento CON também apresentou maiores produções de efluentes, quando comparado às silagens com uso de aditivos HOM e COMBO (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros fermentativos de silagens de TMR, a base da BRS Capiaçú, com diferentes idades de cortes (60, 90 e 120 dias) e aditivos microbianos + enzimas fibrolíticas

Parâmetros	Idade de corte (dias)			Aditivo			EPM	P valor		
	60	90	120	CON	HOM	COMBO		Id	Ad	Id*Ad
Recuperação de MS, % MS	97,31	96,59	97,14	97,33A	95,99B	97,72A	0,21	ns	**	ns
Perda de gases, % MS	3,12	3,63	3,09	3,13	3,02	3,69	0,13	ns	ns	ns
PE, kg/ton MS	326,68a	178,79b	83,69c	220,81A	174,94B	193,43B	16,57	**	**	ns
pH final	4,39	4,45	4,48	4,5	4,36	4,47	0,04	ns	ns	ns
Ácido Lático, % MS	6,11a	5,85a	5,51b	6,44A	5,63B	5,40B	0,12	*	**	ns
N-NH ₃ , % NT	4,26a	2,82b	4,66a	4,2	3,67	3,87	0,21	**	ns	ns

PE = produção de efluente; MS = matéria seca; N-NH₃ = nitrogênio amoniacal; NT = nitrogênio total; CON = controle; HOM = aditivos homoláticos + enzimas fibrolíticas; COMBO = aditivo homolático + heterolático + enzimas fibrolíticas; EPM = Erro padrão da média; Médias seguidas por diferentes letras diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% probabilidade. Letras maiúsculas representam diferenças entre aditivos (Ad) e letras minúsculas representam diferenças entre idades da planta (Id). ns = não-significativo; * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade.

O pH das silagens não foi influenciado pela idade de corte do capim ou pelos aditivos utilizados. As maiores concentrações de ácido lático foram verificadas nas silagens de TMR produzidas com capins

nas idades de 60 e 90 dias de rebrota. O uso dos aditivos HOM e COMBO reduziram os teores de ácido láctico, em relação ao CON. Silagens de TMR produzidas com o capim aos 90 dias de idade apresentaram os menores valores de N-NH₃, porém, sem influência do tipo de inoculante sobre este parâmetro.

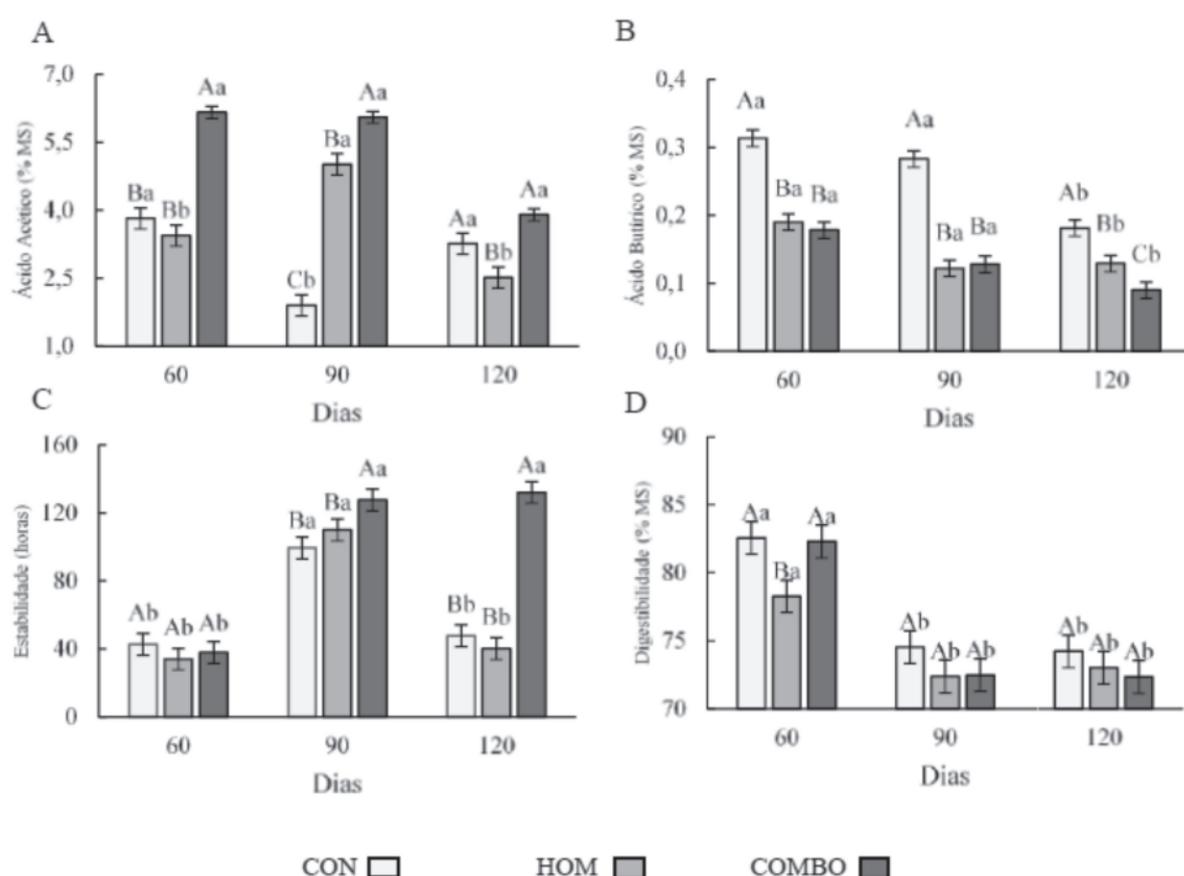
Para os teores de ácido acético e ácido butírico foi observada interação entre idade do capim e tipo de aditivo (Figura 11). Silagens inoculadas com o COMBO apresentaram maiores concentrações de ácido acético, em comparação com os demais tratamentos, independentemente da idade do capim. Para os capins cortados com 90 dias, o tratamento CON apresentou menor concentração de ácido acético. Já para os capins cortados com 120 dias, o tratamento HOM apresentou menor concentração de ácido acético. Os maiores teores de ácido butírico (média de 0,29% da MS) foram observados para a silagem de TMR feita com os capins cortados aos 60 e 90 dias de idade e sem inclusão de aditivo (CON), o que já era esperado, em função do reduzido teor de MS. Para os capins com idade de 60 e 90 dias, o uso dos aditivos resultou em menores teores de ácido butírico nas silagens, o que demonstra a importância do uso de aditivos em silagens de forrageiras com baixo teor de MS. A silagem de TMR produzida com a BRS Capiçu, cortada aos 120 dias de rebrota e inoculada com o COMBO foi a que apresentou o menor valor de ácido butírico entre os tratamentos.

O uso de aditivos microbianos não interferiu na estabilidade aeróbia das silagens de TMR (60 dias de idade), com a quebra da estabilidade ocorrendo próximo a 38 horas de exposição ao ar (Figura 11). Porém, nas silagens produzidas com capins em estágio fenológico mais avançado (90 e 120 dias) a adição do inoculante COMBO promoveu maior estabilidade aeróbia, alcançando 128 e 132 horas, respectivamente.

As silagens produzidas com o aditivo COMBO foram mais eficientes em produzir ácido acético, quando comparado aos demais tratamentos. Isso ocorreu, provavelmente, pela ação do *L. buchneri*, o qual sintetiza ácido acético via metabolização de ácido láctico (MUCK, 2010). Como o ácido acético apresenta uma maior constante de

dissociação em relação ao ácido láctico, normalmente, esse é o maior responsável por inibir o crescimento de leveduras e bolores (McDONALD, 1991; WILKINSON e DAVIES, 2013). Isso explica o motivo pelo qual os tratamentos que apresentaram maiores teores de ácido acético tiveram melhor estabilidade aeróbia.

Figura 11. Teores de ácido acético (A), ácido butírico (B), estabilidade aeróbia (C) e coeficientes de digestibilidade in vitro de MS (D) de silagens de TMR contendo o capim BRS Capiáçu com diferentes idades de corte e aditivos microbianos. Médias seguidas por diferentes letras diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas representam diferenças entre controle (CON) e aditivos homolático + enzimas fibrolíticas e heterolático + enzimas fibrolíticas (HOM e COMBO, respectivamente) e letras minúsculas representam diferenças entre idades de corte do capim (60, 90 e 120 dias).



Os menores valores de estabilidade aeróbia foram observados em silagens produzidas com o capim de 60 dias de rebrota, o que pode

estar ligado aos altos teores de ácido lático produzidos por esses tratamentos, pois, o ácido lático é um ácido fraco e, portanto, menos eficaz para inibir o crescimento de leveduras e bolores. Além disso, o ácido lático pode ser utilizado como fonte de energia para o crescimento das leveduras (WILKINSON e DAVIES, 2013). De modo geral, silagens bem fermentadas, com maior conservação dos nutrientes e altas proporções de ácido lático, em relação ao total dos ácidos orgânicos produzidos, são propensas a apresentarem menor estabilidade aeróbia, fato este também relatado por Maxin et al. (2017).

Os valores da capacidade tampão da TMR também podem ter contribuído para que as silagens de TMR, confeccionadas os capins cortados com 90 e 120 dias, tenham apresentado maiores valores de estabilidade aeróbia. Pois, da mesma forma que essa variável atua dificultando a queda do pH da silagem, ela também dificulta a elevação do pH da mesma após a abertura do silo, reduzindo assim a velocidade do crescimento dos microrganismos aeróbios. Ao modelar a curva de crescimento de leveduras e fungos na deterioração aeróbia de silagens, Pitt et al. (1991) concluíram que a estabilidade aeróbia é maior quando a forragem apresenta maior capacidade tampão.

A aplicação dos aditivos COMBO e CON, nas TMR com capins aos 60 dias de idade, proporcionou maiores coeficientes de DIVMS (Figura 11D). Independente do tipo de inoculante, as TMRs produzidas com capins aos 90 e 120 dias de idade apresentaram as menores DIVMS. A maior digestibilidade em silagens de plantas mais jovens já era um resultado esperado, o que apenas reforça que o tecido vegetal jovem apresenta melhor valor nutricional e digestibilidade.

Conforme previsto, as silagens produzidas com capins “mais velhos” (120 dias) apresentaram maiores teores de MS, bem como de MO (Tabela 6). Em contrapartida, as silagens produzidas com capins jovens (60 dias) apresentaram os maiores teores de PB e menores teores de FDA e celulose. Adicionalmente, verificou-se que a adição do COMBO na silagem melhorou os teores de PB desta.

Não foram observadas diferenças dos teores de FDN nos tratamentos avaliados, porém, as menores concentrações de hemicelulose

lulose foram verificadas nas silagens de TMR produzidas com capins de 90 e 120 dias, refletindo a dinâmica de crescimento secundário das plantas com o avançar da idade. Ainda nesta lógica, verificou-se que o conteúdo de lignina foi menor nas plantas mais jovens (60 e 90 dias), sem influência dos tipos de inoculantes aplicados. As silagens que receberam os inoculantes COMBO e HOM apresentaram menores teores de hemicelulose.

As silagens de TMR, a base da cultivar BRS Capiáçu, tiveram percentuais de MS variando de 29 a 33%, em função da idade do capim. Porém, independentemente da idade de rebrota, a cultivar BRS Capiáçu apresentou baixos valores de MS no momento do corte (13,42 a 20,89% de MS), conforme apresentado na Tabela 4. Os menores valores de MS, observados para as silagens de TMR confeccionadas com o capim aos 60 dias de rebrota, explicam as maiores produções de efluentes observadas para este tratamento. Segundo Borreani et al. (2018) silagens com teores de MS menores que 35%, apresentam maiores produções de efluentes.

Tabela 6. Composição química e digestibilidade in vitro da matéria seca de silagens de TMR, contendo o capim BRS Capiáçu, com diferentes idades de cortes (60, 90 e 120 dias) e aditivos microbianos + enzimas fibrolíticas.

Parâmetros	Idade de corte (dias)			Aditivo				P valor		
	60	90	120	CON	HOM	COMBO	EPM	Id	Ad	Id*Ad
Matéria seca, % MN	29,73b	30,16b	33,26a	31,05	30,75	31,35	0,36	**	ns	ns
Matéria orgânica, % MS	93,47b	92,85c	94,75a	93,14	94,05	93,88	0,17	**	ns	ns
Proteína bruta, % MS	10,14a	9,68b	9,88b	9,78B	9,83B	10,10A	0,06	**	**	ns
FDN, % MS	54,02	52,47	54,85	55,25	52,27	53,81	0,63	ns	ns	ns
FDA, % MS	15,87c	17,35b	19,18a	16,96	17,76	17,68	0,33	**	ns	ns
Celulose, % MS	13,88c	15,28b	16,71a	14,85	15,53	15,49	0,29	**	ns	ns
Hemicelulose, % MS	39,26a	35,12b	35,66b	39,34A	34,13B	36,58B	0,78	**	**	ns
Lignina, % MS	1,99b	2,05b	2,55a	2,09	2,24	2,26	0,06	**	ns	ns

MN = matéria natural; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; CON = controle; HOM = aditivos homoláticos + enzimas fibrolíticas; COMBO = aditivo homolático + heterolático + enzimas fibrolíticas; EPM = Erro padrão da média; Médias seguidas por diferentes letras diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% probabilidade. Letras maiúsculas representam diferenças entre aditivos (Ad) e letras minúsculas representam diferenças entre idades da planta (Id). ns = não-significativo; * = significativo a 5% de probabilidade; ** = significativo a 1% de probabilidade.

O baixo teor de MS pode levar a menor RMS, além da perda na qualidade nutricional da silagem pela lixiviação dos nutrientes (ORRICO JUNIOR et al., 2015; ORRICO JUNIOR et al., 2020). O uso dos aditivos HOM e COMBO podem ter acelerado o início do processo fermentativo da mistura ensilada, reduzindo assim, o período de ação dos microorganismos aeróbios, os quais utilizam os carboidratos presentes na massa ensilada para produção de energia, CO₂ e água metabólica (Borreani et al. 2018). Essa provável redução na produção de água metabólica pode explicar o fato das silagens inoculadas com os aditivos HOM e COMBO terem apresentado menores produções de efluente, quando comparadas às sem inoculação.

Os pHs das silagens se mantiveram ligeiramente elevado neste experimento, mesmo com a presença de altos teores de ácido láctico. Tal fato pode ser explicado em função da adição de calcário calcítico na formulação da TMR. A presença de misturas minerais e dos concentrados proteicos podem alterar a capacidade tampão do material ensilado (Tabela 4), dificultando a queda nos valores de pH. Bueno et al. (2020), afirma que o aumento da capacidade tampão das silagens pode resultar em elevada produção de ácidos (principalmente láctico), pois, são necessárias maiores quantidades deste ácido para que a silagem atinja o pH de estabilidade. São comuns relatos de autores que observaram elevadas produções de ácido láctico (acima de 5% da MS) em silagens de TMR (CHEN et al., 2017; GUSMÃO et al., 2018) com valores de pH variando entre 3,9 e 4,8. Esse comportamento também foi observado neste experimento onde níveis elevados de ácido láctico não implicaram em baixos valores de pH.

Maiores teores de umidade, associado ao pH de 4,39, nas silagens produzidas com o capim mais jovem (60 dias), podem ter colaborado para maiores teores de ácido butírico e N-NH₃. Segundo Muck (2010), as maiores produções de ácido butírico e N-NH₃ ocorrem por ação das bactérias do gênero *Clostridium* sp. em condições de alta umidade e pH mais elevado. A ação destes microrganismos compromete a eficiência da conservação da forragem, pois podem utilizar os açúcares

solúveis, as proteínas, ou até mesmo o ácido láctico presente nas silagens, como substrato para o seu crescimento (KUNG JR. et al., 2003). No entanto, é importante mencionar que os valores de ácido butírico e N NH₃ observados neste trabalho estão dentro do recomendado para silagens de boa qualidade (ácido butírico abaixo de 1,0% e N NH₃ abaixo de 10% do N total) (KUNG JR. et al., 2018).

Os menores valores de PB e DIVMS e as maiores proporções de fibra observadas nas silagens de TMR, produzidas com os capins cortados aos 90 e 120 dias de rebrota, são resultantes do efeito da idade do capim sobre sua qualidade nutricional. A BRS Capiaçú é uma planta que atinge grandes alturas com o avanço da idade, sendo necessária a presença de grandes proporções de fibra nos tecidos de sustentação para manter a estrutura da planta. Desta forma, com o avanço da idade e altura da BRS Capiaçú, ocorre naturalmente uma queda acentuada da qualidade nutricional da forragem.

O uso dos aditivos microbianos, com as enzimas α -glucanase e Xilanase, podem ter contribuído para a ocorrência da degradação parcial da parede celular vegetal, explicando assim a redução dos teores de hemicelulose nestas silagens, a exemplo do estudo conduzido por Li et al. (2018). Apesar da redução no teor de hemicelulose, a adição dos inoculantes, contendo enzimas fibrolíticas, não foi eficiente em melhorar a digestibilidade da silagem de TMR.

5.3. Conclusões do experimento “TMR-Capiaçú”

O uso dos inoculantes enzimo-microbianos são eficientes apenas na redução de perdas por efluentes e nas concentrações de ácido butírico e hemicelulose, assim, sua utilização deve ser avaliada com cautela levando em consideração os custos de sua aplicação.

Para as silagens da TMR-Capiaçú, produzidas com capim colhido aos 60 dias de rebrota, o uso de inoculantes enzimo-microbianos não é recomendado. Neste caso, a indicação é que seja usado o inoculante COMBO, pois este melhora a estabilidade aeróbia, reduz a produção

de efluentes, e os teores de hemicelulose das silagens, produzidas com a BRS Capiaçú nas idades de 90 ou 120 dias.

A formulação da TMR com o capim-elefante cv. BRS Capiaçú, cortado aos 60 dias de rebrota apresentar melhor valor nutricional, porém, produz e perde muito efluente, ultrapassando os níveis aceitáveis, além de proporcionar silagens com maiores teores de ácido butírico e menor estabilidade aeróbia. Assim, um ajuste na relação volumoso/concentrado pode ser feito, a fim de ajustar os níveis de fibra das TMR provenientes de capins com idade mais avançada.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O cultivo e uso do capim-elefante, BRS Capiaçú, tem se destacado nos últimos anos e continua demonstrando todo o seu potencial para produção animal. O grande atrativo da cultura é a sua elevada produtividade de massa de forragem, que resulta em maior produção de nutrientes por área de cultivo e, por ser uma cultura perene, permite a diluição dos custos de produção ao longo de até 15 anos. Deste modo, a BRS Capiaçú é uma cultura economicamente viável para a produção e uso na forma de silagem, independente do grau de tecnificação do sistema de produção.

Apesar do corte/colheita poder acontecer a partir dos 60 dias, esta não é uma prática de manejo recomendada, quando se pretende fazer uma “silagem pura”. Neste caso, recomenda-se o corte da BRS Capiaçú apenas quando a cultivar tiver com teor de MS próximo a 30%. As pesquisas apontam que valores próximos podem ser alcançados aos 120 dias (não dispensa a avaliação do teor de MS).

Para aproveitar todo potencial da BRS Capiaçú e ter uma silagem boa qualidade, a recomendação é sempre utilizar um aditivo nutritivo absorvente no momento da ensilagem, além de tomar todos os demais cuidados básicos, desde a implantação da cultura até a descarga do silo. Ressalta-se que a escolha do aditivo pode ser condicionada a disponibilidade e viabilidade econômica de uso de cada região.

REFERÊNCIAS

AOAC. **Official Methods of Analysis**. 18th.ed. Arlington, VA: AOAC international, 2005. 770p.

BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHMIDT, R.J.; HOLMES, B.J.; MUCK, R.E. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**, v.101, p.3952–3979, 2018. DOI: 10.3168/jds.2017-13837.

BUENO, A.V.I.; LAZZARI, G.; JOBIM, C.C.; DANIEL, J.L.P. Ensiling total mixed ration for ruminants: A review. **Agronomy**, v.10, 2020. DOI: 10.3390/agronomy10060879.

CHEN, L.; YUAN, X. JUN; LI, J. FENG; WANG, S. RAN; DONG, Z. HAO; SHAO, T. Effect of lactic acid bacteria and propionic acid on conservation characteristics, aerobic stability and in vitro gas production kinetics and digestibility of whole-crop corn based total mixed ration silage. **Journal of Integrative Agriculture**, v.16, p.1592–1600, 2017. DOI: 10.1016/S2095-3119(16)61482-X.

CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing Silage Quality. In: Buxton, D.R.; Muck, R.E.; Harrison, J.H. (Eds.) **Silage Science and Technology**. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2003. p.141-198.

CUNHA, S.S.; ORRICO JUNIOR, M.A.P.; REIS, R.A.; ORRICO, A.C.A.; SCHWINGEL, A.W.; REIS, S.D.S.; DA SILVA, M.S.J. Use of crude glycerine and microbial inoculants to improve the fermentation process of Tifton 85 haylages. **Tropical Animal Health and Production**, v.52, p.871–879, 2020. DOI: 10.1007/s11250-019-02082-y.

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

FENNER, F.; RATCLIFFE, F.N. **Myxomatosis**. 1.ed. ed. London: Cambridge University Press, 1965. 379p.

FERREIRA, A.C.H.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M.; LOPES, F.C.F.; BRAGA LÔBO, R.N.B. Consumo e digestibilidade de silagens de capim-elefante com diferentes níveis de subproduto da agroindústria da acerola. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 693-701, 2010. DOI: 10.1590/S1806-66902010000400025.

GUSMÃO, J.O.; DANÉS, M.A.C.; CASAGRANDE, D.R.; BERNARDES, T.F. Total mixed ration silage containing elephant grass for small-scale dairy farms. **Grass and Forage Science**, v.73, p.717–726, 2018. DOI: 10.1111/gfs.12357.

GUSMÃO, J.O.; DANÉS, M.A.C.; CASAGRANDE, D.R.; BERNARDES, T.F. Total mixed ration silage containing elephant grass for small-scale dairy farms. **Grass and Forage Science**, v.73, p.717–726, 2018. DOI: 10.1111/gfs.12357.

HOLDEN, L.A. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.1791–1794, 1999. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(99)75409-3.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário**: resultados preliminares - Rio de Janeiro, 2017.

KAISER, E.; WEIB, K.; POLIP, L.V. A new concept for the estimation of the ensiling potential of forages. In: THE INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 13., 2002, Auchincruive. **Proceedings...** Auchincruive: 2002. p.344-358.

KUNG JUNIOR, L.; SHAVER, R.D.; GRANT, R.J.; SCHMIDT, R.J. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, v.101, p.4020–4033, 2018. DOI: 10.3168/jds.2017-13909.

KUNG JUNIOR, L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.). **Silage science and technology**. Madison, USA: American Society of Agronomy, 2003. p.305–360.

KUNG JUNIOR, L.; MUCK, R.E. Silage harvesting and storage. In: BEEDE, D.K. (Ed.). **Large Dairy Herd Management**. Champaign, IL: American Dairy Science Association. 2017. p.723-738.

LI, J.; YUAN, X.; DONG, Z.; MUGABE, W.; SHAO, T. The effects of fibrolytic enzymes, cellulolytic fungi and bacteria on the fermentation characteristics, structural carbohydrates degradation, and enzymatic conversion yields of Pennisetum sinense silage. **Bioresource Technology**, v.264, p.123–130, 2018. DOI: 10.1016/j.biortech.2018.05.059.

LI, P.; JI, S.; WANG, Q.; QIN, M.; HOU, C.; SHEN, Y. Adding sweet potato vines improve the quality of rice straw silage. **Animal Science Journal**, v.88, p.625–632, 2017. DOI: 10.1111/asj.12690.

MAXIN, G.; ANDUEZA, D.; MORVAN, A. LE; BAUMONT, R. Effect of intercropping vetch (*Vicia sativa* L.), field pea (*Pisum sativum* L.) and triticale (X *Triticosecale*) on dry-matter yield, nutritive and ensiling characteristics when harvested at two growth stages. **Grass and Forage Science**, v.72, p.777–784, 2017. DOI: 10.1111/gfs.12277.

MCDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: Chalcombe Publications, 1991.

MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217–1240, 2002.

MICHEL, P.H.. F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.S.; KELLER, K.M.; RAPOSO, V.S.; LIMA, E.M.; SANTOS, F.P.C.; JAYME, D.G. Re-ensiling and inoculant application with *Lactobacillus plantarum* and *Propionibacterium acidipropionici* on sorghum silages. **Grass and Forage Science**, v.72, p.432–440, 2016. DOI: 10.1111/gfs.12253.

MONÇÃO, F.P.; COSTA, M.A.M.S.; RIGUEIRA, J.P.S.; MOURA, M.M.A.; ROCHA, V.R.; GOMES, V.M.; LEAL, D.B.; MARANHÃO, C.M.A.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; CHAMONE, J.M.A. Yield and nutritional value of BRS Capiaçú grass at different regrowth ages. **Semina: Ciências**

Agrárias, v.40, p.2045–2055, 2019. DOI: 10.5433/1679-0359.2019v40n5p2045.

MUCK, R.E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.183–191, 2010. DOI: 10.1590/s1516-35982010001300021.

NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington: National Academy Press, 2001. 405p.

ORRICO JUNIOR, M.A.P.; RETORE, M.; MANARELLI, D.M.; SOUZA, F.B. DE; LEDESMA, L.L.M.; ORRICO, A.C.A. Forage potential and silage quality of four varieties of saccharine sorghum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.1201–1207, 2015. DOI: 10.1590/S0100-204X2015001200010.

ORRICO JUNIOR, M.A.P.; VENDRAMINI, J.M.B.; ERICKSON, J.; MORIEL, P.; SILVEIRA, M.L.A.; AGUIAR, A.D.; SANCHEZ, J.M.D.; SILVA, W.L.; SILVA, H.M. Nutritive value and fermentation characteristics of silages produced from different sweet sorghum plant components with or without microbial inoculation. **Applied Animal Science**, v.36, p.777–783, 2020. DOI: 10.15232/aas.2020-02027.

PEREIRA, A.V.; LÉDO, F.J.S.; MACHADO, J.C. BRS Kurumi and BRS Capiaçú - New elephant grass cultivars for grazing and cut-and-carry system. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.17, p.59–62, 2017. DOI: 10.1590/1984-70332017v17n1c9.

PEREIRA, A.V.; LEDO, F.J.S.; MORENZ, M.J.F.; LEITE, J.L.B.; SANTOS, A.M.B.; MARTINS, C.E.; MACHADO, J.C. BRS Capiaçú: cultivar de capim-elefante de alto rendimento para produção de silagem. **EMBRAPA (INFOTECA-E)**, p.6, 2016.

PEREIRA, A.V.; AUAD, A.M.; SANTOS, A.M.B. et al. **BRS CAPIAÇU E BRS KURUMI: cultivo e uso** / Antonio Vander Pereira ... [et al.]. - Brasília, DF: Embrapa, 2021.

PITT, R.; MUCK, R.E.; PICKERING, N. A model of aerobic fungal growth in silage. Aerobic stability. **Grass and Forage Science**, v.46, p.301–312, 1991. DOI: 10.1111/j.1365-2494.1991.tb02235.x.

PLAYNE, M.J.; MCDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.17, p.264–268, 1966. DOI: 10.1002/jsfa.2740170609.

RETORE, M.; ALVES, J.P.; ORRICO JUNIOR, M.A.P.; MENDES, S.S. Qualidade da silagem do capim-elefante BRS Capiaçú. **EMBRAPA (INFOTECA-E)**, p.10, 2020.

RETORE, M.; ALVES, J.P.; ORRICO JUNIOR, M.A.P.; GALEANO, E.J. Manejo do capim BRS Capiaçú para aliar produtividade à qualidade. **EMBRAPA (INFOTECA-E)**, p.9. 2021.

RIBAS, W.; MONÇÃO, F.P.; GOMES, T.; ROCHA J.R.V.; RIGUEIRA, J.P. Effect of wilting time and enzymatic-bacterial inoculant on the fermentative profile, aerobic stability, and nutritional value of BRS capiaçu grass silage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.50, p.23-34, 2021. DOI: 10.37496/rbz5020200207.

SANTOS, M.A.S.; SOARES, B.C.; DOMINGUES, F.N.; LOURENÇO JR, J.B.; SANTANA, A.C. Avaliação do nível tecnológico da pecuária leiteira no estado do Pará. Amazônia: **Ciência & Desenvolvimento**. v.9, n.18, p.79-96, 2014.

SANTOS, R.J.C.; LIRA, M.A.; GUIM, A.; SANTOS, M.V.F.; DUBEUX, J.C.B.; MELLO, A.C. DE L. DE. Elephant grass clones for silage production. **Scientia Agricola**, v.70, p.6–11, 2013. DOI: 10.1590/s0103-90162013000100002.

SOARES, B.C.; LOURENÇO JUNIOR, J.B.; SANTOS, M.A.S.; SENA, A.L.S.; RODRIGUES FILHO, J.A.; SANTANA, A.C.; HOMMA, A.K.O.; MACIEL E SILVA, A.G.; ANDRADE, S. J.T. Caracterização da cadeia produtiva da pecuária leiteira em Rondon do Pará, Pará, Brasil. **Nucleus Animalium**, v.11, n. 1, p. 25-37, 2019. DOI: 10.3738/21751463.3002.

STAPLES, C.R.; LOUGH, D.S. Efficacy of supplemental dietary neutralizing agents for lactating dairy cows. A review. **Animal Feed Science and Technology**, v.23, p.277–303, 1989. DOI: 10.1016/0377-8401(89)90050-3.

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. DOI: 10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x.

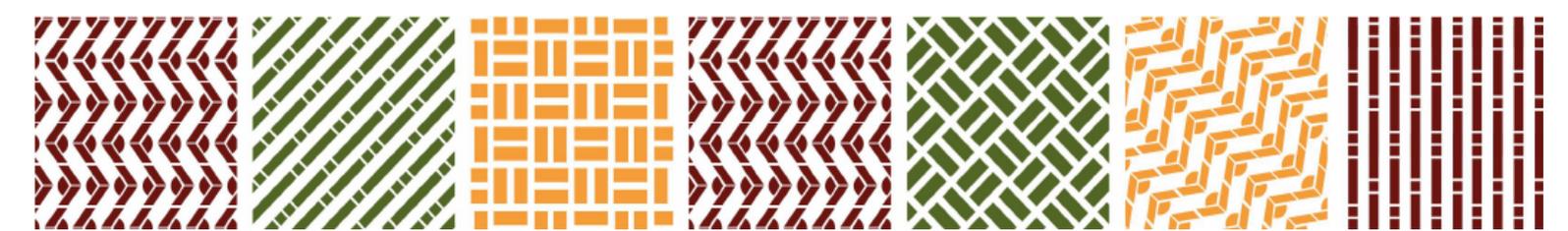
VENDRAMINI, J.M.B.; AGUIAR, A.D.; ADESOGAN, A.T.; SOLLENBERGER, L.E.; ALVES, E.; GALZERANO, L.; SALVO, P.; VALENTE, A.L.; ARRIOLA, K.G.; MA, Z.X.; OLIVEIRA F.C.L. Effects of genotype, wilting, and additives on the nutritive value and fermentation of bermudagrass silage. **Journal of Animal Science**, v.94, p.3061-3071, 2016. DOI: 10.2527/jas.2016-0306.

VIEIRA, P.F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídeos em rações**. 1980. 98p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MS.

WEINBERG, Z.G.; CHEN, Y.; MIRON, D.; RAVIV, Y.; NAHIM, E.; BLOCH, A.; YOSEF, E.; NIKBAHAT, M.; MIRON, J. Preservation of total mixed rations for dairy cows in bales wrapped with polyethylene stretch film - A commercial scale experiment. **Animal Feed Science and Technology**, v.164, p.125–129, 2011. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2010.11.016.

WEISSBACH F; HONIG H. Über die vorhersage und steuerung des gärungsverlaufs bei der silierung von Grünfütter aus extensivem Anbau. **Land-bauforschung Volkenrode**, v.1, p. 10-17, 1996.

WILKINSON, J.M.; DAVIES, D.R. The aerobic stability of silage: Key findings and recent developments. **Grass and Forage Science**, v.68, p.1–19, 2013. DOI: 10.1111/j.1365-2494.2012.00891.x.



SILAGEM DE GRÃO DE MILHO REIDRATADO COM SORO DE LEITE

Ediane Zanin¹
Valter Harry Bumbieris Junior²

¹ Ediane Zanin, Zootecnista Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Estadual de Londrina - Londrina, Paraná, Brasil

² Valter Harry Bumbieris Junior, Zootecnista, Professor Dr., Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Londrina - Londrina, Paraná, Brasil



Produção de silagem de grão de milho reidratado

A cultura do milho (*Zea mays*.) é oriunda da América Central com cultivo amplo no território brasileiro, dada a importância econômica e versatilidade de utilização tanto na alimentação humana como animal (PRESTES et al., 2019). No Brasil a produção de grãos de milho é caracterizada por dois tipos de grãos, o tipo dentado (*soft*) que apresenta 48,2% de endosperma vítreo, possui maior proporção de endosperma farináceo e digestibilidade do amido; o tipo duro (*flint*) que apresenta 78,1% de endosperma vítreo e menor digestibilidade do amido. Com relação a vitriosidade do grão, é reconhecido que está negativamente correlacionada à digestibilidade do amido (PHILIPPEAU; MICHALET-DOREAU, 1997).

O milho grão seco é o ingrediente energético mais utilizado nas rações para alimentação animal, no entanto, também pode ser submetido à reidratação para ser armazenado como silagem. A silagem de grão de milho reidratado é uma estratégia utilizada para garantir a disponibilidade de alimentos durante todo o ano, reduzir o uso de máquinas (OLIVEIRA et al., 2019), diminuir os custos com logística (FERRARETTO; FREDIN; SHAVER, 2015), minimizar os efeitos das oscilações de preço desta *commodity* (ARCARI et al., 2016), e facilitar a estocagem em grandes volumes e preservação dos grãos contra ataques de insetos, roedores e fungos, visto que fazendas não possuem estruturas adequadas para armazenar milho e outros cereais para uso na alimentação animal ao longo do ano (MOMBACH et al., 2019).

A técnica de reidratação e ensilagem do grão de milho está crescente na área de pesquisa de conservação de alimentos pelos brasileiros, devido a maioria dos híbridos de milho cultivados no país apresentarem alta vitreosidade e baixa digestibilidade (CORREA et al., 2002; CARVALHO et al., 2017; JACOVACI et al., 2021). Além disso, nas fazendas do Brasil que possuem sistemas de criação de animais confinados, o uso de silagens de grãos de milho reidratados e úmidos está aumentando, principalmente pelo objetivo de melhorar a digestão do grão (BERNARDES; CASTRO, 2019; DANIEL et al., 2019). Jacovaci et al. (2021) observaram que a eficiência alimentar de bovinos em

confinamento é em média 25,7% maior para o grão de milho ensilado (reidratado ou úmido) do que o grão de milho seco.

O grão de milho é constituído por quatro estruturas físicas que consistem em pericarpo, endosperma, embrião ou germe, e pedicelo ou ponta, cada qual com sua composição química. O grão inteiro possui aproximadamente 72% de amido, 4 a 5% de óleo, e 7 a 15% de proteína, das quais 70-90% são prolaminas consideradas proteínas de reserva, que se localizam principalmente no endosperma, e possuem grande quantidade de prolina e amina. A prolina é responsável pela característica hidrofóbica das prolaminas, ou seja, insolúvel em água com formação de uma barreira hidrofóbica nos grânulos de amido, que impede a ação das enzimas e reduz a degradação do amido (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000). De acordo com Hoffman et al. (2011) durante o processo fermentativo da silagem ocorre a proteólise da matriz proteica hidrofóbica, que envolve os grânulos de amido, por meio da ação de bactérias proteolíticas e das enzimas vegetais, proporcionando maior digestibilidade dessa fração. A proteólise ocorre em diferentes intensidades por diversas vias, sendo que as bactérias são as principais responsáveis por essa degradação de proteínas durante a fermentação da silagem de grãos de milho reidratados (JUNGES et al., 2017).

O processo de moagem do grão de milho seco e sua posterior reidratação visa aumentar sua digestibilidade, que reflete positivamente no desempenho animal, uma vez que o milho utilizado na maioria dos países é caracterizado como do tipo *flint* ou duro, que detém menor digestibilidade (FERRARETTO; CRUMP; SHAVER, 2013). Revisões atuais mostram maior digestibilidade do amido de grãos de milho úmidos e reidratados comparados aos grãos secos (FERRARETTO; CRUMP; SHAVER, 2013; FERRARETTO; FREDIN; SHAVER, 2015; FERNANDES et al., 2021). De acordo com Ferraretto; Fredin e Shaver (2015), isto está relacionado com a redução da proteína que recobre os grânulos de amido durante o processo de ensilagem, pois essa matriz proteica impede a digestão enzimática e hidrolítica no estômago e intestino delgado dos animais (GIUBERTI et al., 2014).

A reidratação do grão é comumente feita com água para atingir níveis finais entre 35 a 37% de umidade (SILVA et al., 2016; DA SILVA et al., 2018). No entanto, produtos líquidos alternativos, de baixo valor agregado ou que detêm características poluentes, mas não tóxicas, também podem ser usados para a reidratação dos grãos de milho seco. Coproduto como o soro de leite, que possui em sua composição consideráveis concentrações de bactérias ácido lácticas e lactose (REKTOR; VATAI, 2004), constitui um bom exemplo para este fim, com vantagens dada ao aporte de mais nutrientes à silagem e a adequada destinação final desse coproduto (REZENDE et al., 2014). O soro de leite contribui na fermentação da massa ensilada, além de proporcionar melhora na estabilidade aeróbica da silagem de grãos reidratados (ZANIN et al., 2021a).

A silagem de grão de milho reidratado consiste na reidratação do grão maduro moído para posterior fermentação em silos. O grão é colhido em estágio de maturação com 10 a 12% de umidade, moído e hidratado para obter teor de umidade de 35 a 40% antes de ser ensilado. O processo ocorre primeiramente pela moagem do grão com tamanho de partícula ajustada para cada espécie e categoria animal. O processamento do grão de milho para ovinos, na categoria de cordeiros, é realizado com uso de peneira de tamanho de 5 mm (BOLSON et al., 2020), gado leiteiro recomenda-se peneira de 5 a 7 mm (ARCARI et al., 2016; CASTRO et al., 2019), gado de corte de 10 a 12 mm (JACOVACI et al., 2021) e leitões desmamados, peneiras de 1,5 mm (ZANIN et al., 2021a). O grão de milho quando moído em peneira grossa (15 mm) pode favorecer perdas da silagem, devido a percolação da água para a parte inferior do silo, após a compactação. Além de contribuir para um ambiente propício ao desenvolvimento de fungos e leveduras (GOMES et al., 2020).

O moinho utilizado para processamento do grão que facilita a reidratação, é do tipo martelo. No entanto, o moinho do tipo rolo também pode ser usado para moer o grão, desde que haja uniformidade no processamento. Em ambos os tipos de moinhos, é importante manter um fluxo adequado na potência do motor para padronizar a quebra dos grãos (ZANIN et al., 2021a).

O princípio de ensilagem seguinte ao processamento dos grãos de milho é a reidratação (DA SILVA et al., 2018) realizada com uso de duas fontes líquidas, a água ou soro de leite integral (PEREIRA et al., 2013; REZENDE et al., 2014; SILVA et al., 2016; ZANIN et al., 2021a). A proporção utilizada da fonte líquida para cada quilograma de milho moído, deve ser calculada para obter o teor de MS esperado na silagem de 65 a 67% (DA SILVA et al., 2018; DA SILVA et al., 2019; ZANIN et al., 2021a). Os grãos de milho quando moídos apresentam teor de MS em torno de 87% e umidade de 12 a 13% (ZANIN et al., 2021a), e nesses teores a fermentação é restrita. Com a reidratação (teor de 35 a 37% de umidade esperado) condições de fermentação são oferecidas durante a ensilagem, bem como crescimento microbiano e consequente digestibilidade do amido (SILVA et al., 2016; DA SILVA et al., 2018).

Nessa fase de reidratação é importante considerar a fonte líquida a ser utilizada, pois a água por ser um recurso natural essencial para existência de vida na terra, e com risco de escassez no planeta, deve ser reduzido o uso e/ou substituído na produção de alimentos. É sabido que a água potável é obtida de fontes superficiais como rios, represas, lagos e canais, e o descarte inadequado de efluentes domésticos e industriais nesses cursos de água, resultam em poluição com consequente desequilíbrio do ecossistema e riscos ambientais (EDOKPAYI et al., 2017; GORVARDIA et al., 2020).

Estima-se que a produção de produtos agropecuários é responsável pelo maior consumo de água do mundo, com cerca de 70% da retirada de água doce do planeta (HOEKSTRA et al., 2014). Nesse sentido, alternativas para produção de alimentos com fontes líquidas reaproveitáveis é um caminho a ser adotado, afim de alcançar uma produção animal sustentável. O uso de soro de leite integral para reidratação de grãos de milho se mostra como uma alternativa atraente, devido à variedade e concentração de bactérias ácido lácticas (REKTOR; VATAI, 2004), e pelo alto teor de água em sua composição.

O soro de leite é um coproduto obtido durante o processo de fabricação do queijo, por meio da separação da caseína e da gordura do leite. Possui em sua composição 93 a 94% de água, 4,4 a 5% de

lactose, 0,7 a 0,9% de proteínas solúveis e 0,6 a 1,0% de sais minerais (PAULA et al., 2011; ALVES et al., 2014), que podem servir de substrato para bactérias ácido lácticas epifíticas do milho (FITZSIMONS et al., 2007). Apresenta também uma concentração simbólica de ácido láctico, porém, com importância na aceleração do rebaixamento do pH da massa ensilada. Pode ser utilizado em diferentes finalidades na alimentação humana e animal, e mais recente para uso agrícola (MANTOVANI et al., 2015), mas sem regras definidas quanto as dosagens e formas de aplicação (MORRILL et al., 2014). O descarte inapropriado do soro ácido de leite é um fato preocupante, pois pode conduzir a poluição das águas, gerar odor desagradável, alteração da estrutura físico-química do solo e, sobretudo descumprimento da lei (OLIVEIRA; BRAVO; TONIAL, 2012). Portanto, alternativas de uso desse coproduto são importantes meios para evitar descarte inapropriado.

Para aprimorar o processo de fermentação da silagem de grãos de milho reidratados pode ser utilizado ainda o soro de leite em pó, diluído em água. Esse produto é rico em lactose e proteínas solúveis, das quais, cabe destacar a lactoferina e a lactoperoxidase que são consideradas proteínas antimicrobianas (YADA, 2004), com potencial ação após abertura do silo e combate a microrganismos deteriorantes, auxiliando na estabilidade aeróbia da silagem. No entanto, esse processo ainda carece do uso de água potável, o que não é esperado da produção animal nos dias atuais, visto a participação da produção pecuária à pegada hídrica (*footprint*) da humanidade (HOEKSTRA et al., 2014).

Ainda durante o processo de reidratação dos grãos secos, o uso de aditivos deve ser considerado (CARVALHO et al., 2017), pois atuam em melhorias da fermentação, redução de perdas de nutrientes e inibição do crescimento de microrganismos indesejáveis (KUNG JUNIOR et al., 2007; REZENDE et al., 2014). Os aditivos microbianos ou bacterianos, por exemplo, são compostos por bactérias homofermentativas e heterofermentativas que atuam no prolongamento da estabilidade aeróbica das silagens de grãos de milho úmido e reidratados (DA SILVA et al., 2018; DA SILVA et al., 2019).

Após a reidratação deve ser realizado o enchimento do silo de forma rápida, com objetivo de evitar a evaporação da fonte líquida e diferenças nos teores de MS da silagem. A massa hidratada pode ser armazenada em diferentes tipos de silos, desde trincheiras, bags até tambores plásticos, com excelentes resultados de conservação (ZANIN et al., 2021a). O tamanho do silo deve ser planejado de acordo com a retirada diária de silagem, sendo recomendado de 25 a 30 cm/dia. A compactação da silagem de grãos de milho reidratado deve atingir uma densidade média esperada de 1050 kg/m³ (LUGÃO et al., 2011) para garantir preservação e fermentação do material ensilado, bem como o princípio de vedação que evita a entrada de oxigênio na silagem e deve ser feito com uso de lona específica e de alta qualidade para cobertura de silos (JOBIM et al., 2007).

O tempo de armazenamento da silagem irá refletir diretamente na digestibilidade do amido, devido ao aumento na preteólise, ou seja, a quebra da matriz proteica presente no endosperma que reveste os grânulos de amido (KUNG JUNIOR et al., 2018). O período de silo fechado é de no mínimo de 45 a 60 dias, sendo ideal mais que 90 dias para promover maior digestibilidade do amido e da MS, e maior estabilidade aeróbia das silagens (ARCARI et al., 2016; SANTOS et al., 2019; DE ALMEIDA CARVALHO-ESTRADA et al., 2020). Com 60 dias de armazenamento, Fernandes et al. (2021) obtiveram resultados em que a proteólise da matriz proteica dos grãos no silo promoveu melhorias na digestibilidade da MS e do amido das silagens de grãos de milho de híbrido tipo *flint*. Dessa forma, a qualidade e o processamento dos grãos, a reidratação e demais princípios da ensilagem realizados de forma adequada são meios importantes para obter uma silagem de boa qualidade.

Qualidade químico-fermentativa e de estabilidade aeróbia de silagens de grãos de milho reidratados

A qualidade da SGMR está diretamente ligada com a qualidade do grão e da fonte líquida de reidratação. Os estudos científicos

conduzidos com esse tipo de silagem foram realizados nos últimos 10 anos, e tratam em sua grande maioria a qualidade químico-fermentativa (REZENDE et al., 2014; JUNGES et al., 2017; GOMES et al., 2020; FERNANDES et al., 2021), microbiológica (DA SILVA et al., 2019; DE ALMEIDA CARVALHO-ESTRADA et al., 2020) estabilidade aeróbica (REZENDE et al., 2014; SILVA et al., 2016), e sobretudo, dos efeitos do uso de aditivos químicos e bacterianos na silagem (DA SILVA et al., 2018; DA SILVA et al., 2019). Recentemente, estudos foram conduzidos sobre a utilização da SGMR com animais de produção, dentre eles, os efeitos sobre desempenho produtivo de vacas leiteiras (FERARRETTO et al., 2013; ARCARI et al., 2016; CASTRO et al., 2019), de gado de corte em confinamento (JACOVACI et al., 2021) de ovinos de corte e leite (FIGUEIRA et al., 2020; BOLSON et al., 2020), e leitões desmamados (ZANIN et al., 2021b).

Para a fonte líquida comumente utilizada na reidratação de grãos de milho, alguns valores referenciais de composição química de silagens são apresentados na Tabela 1. Os resultados obtidos nesses estudos são valores considerados adequados de nutrientes para esse tipo de silagem e próximos entre os estudos desenvolvidos para MS e PB. Já para FDN e FDA é possível observar uma variação entre os valores encontrados, o que pode estar relacionado, segundo os autores referenciados na tabela, que além da variação desses teores nos grãos de milho, a atividade enzimática sobre as fibras também variam com o tempo de armazenamento das silagens.

Tabela 1. Composição químico-fermentativa de SGMR com água (30 a 35% de umidade).

<i>Nutrientes (% da MS)</i>						<i>Autores</i>
MS	PB	FDN	FDA	N-NH ₃	pH	
63,79	10,09	21,39	3,79	-	-	Rezende et al. 2014
67,00	82,00	16,83	3,20	-	3,9	Arcari et al. 2016
56,30	70,20	9,47	4,59	9,32	4,25	Oliveira et al. 2019
67,00	83,20	-	-	7,36	3,74	Junges et al. 2017
62,80	9,11	-	-	0,71	-	Da Silva et al. 2018

MS= matéria seca; PB- proteína bruta; FDN= fibra em detergente neutro; FDA= fibra em detergente ácido; N-NH₃= nitrogênio amoniacal em g/kg MS do N total.

Sobre o uso de diferentes fontes líquidas para reidratação dos grãos de milho e os efeitos nas características químico-fermentativas da silagem (Tabela 2), o coproduto soro de leite foi investigado por Rezende et al. (2014) em três níveis de umidade de reidratação do grão de milho com água ou soro de leite e inoculação bacteriana. Sobre a composição química, os teores médios de MS das silagens foram maiores para a reidratação com soro de leite (64,92% de MS) do que com água (62,85% de MS). Já para as silagens inoculadas (63,6% de MS) não foi observado alteração no conteúdo de MS, e as silagens não inoculadas apresentaram valor médio de 64,16% de MS.

Para o teor de proteína bruta (PB) Rezende et al. (2014) encontraram para as SGMR com água os maiores valores do que com soro de leite (10,27% e 9,61%, respectivamente). Já para os teores de FDN e FDA os efeitos foram observados pela fonte líquida utilizada e o nível de umidade na reidratação. As SGMR com soro de leite não inoculadas, apresentaram os menores valores para FDN de 13,95% e 14,71% para os níveis de umidade de 300 e 400 ml/kg, respectivamente. Os menores teores de FDA foram observados para as SGMR soro de leite e inoculante com 6,5% e 5,4%, nos níveis de 300 e 350 ml/kg de umidade na reidratação. Esses resultados, segundo os autores, podem estar relacionados, com a variação desses teores de nutrientes nos

grãos de milho e a atividade enzimática sobre as fibras, que também variam com o tempo de armazenamento das silagens.

Tabela 2. Composição químico-fermentativa (% da MS) de silagem de grão de milho reidratado (SGMR) com soro de leite com e sem inoculante.

Nutrientes	SGMR com água e inoculante bacteriano			SGMR com soro de leite integral			SGMR com soro de leite integral e inoculante bacteriano		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
MS	66,44	62,30	67,70	67,49	65,27	62,82	67,76	64,17	63,70
PB	86,3	9,53	10,47	74,7	9,17	10,47	80,9	9,78	10,12
EE			4,09		-	3,72		-	4,18
FDN	90,8	23,18	9,17	83,0	15,71	11,28	82,5	20,23	12,86
FDA		4,39	2,19		2,18	2,08		0,54	2,70
pH	4,03	4,42	3,89	4,00	4,17	4,26	4,01	4,04	4,43
N-NH ₃		-	0,04		-	0,05		-	0,04
CT		-	22,54		-	27,68		-	26,63
Ác. Org.		1,54	2,74		1,74	2,98		1,52	2,99
Autor*	1	2	3	1	2	3	1	2	3

MS=Matéria seca na base da matéria natural; PB= Proteína bruta; EE=Extrato etéreo; FDN=fibra detergente neutro; FDA=fibra detergente ácido; CT = Capacidade tampão (e.mg/100g MS); N-NH₃ = Nitrogênio Amoniacal (% do nitrogênio total); Ác. org= ácidos orgânicos (% da MS)

*Autores: 1=Da Cruz et al. (2021); 2=Rezende et al. (2014); 3=Zanin et al. (2019)

As silagens de grãos de milho reidratados com soro de leite, segundo Zanin et al. (2019c) apresentaram baixos teores de N-NH₃ e adequado valor de pH na abertura dos silos e na exposição ao ar (Tabela 2). Esses resultados, segundo os autores, podem ser devido à composição do soro de leite, que possui carboidratos utilizados como substratos pelas BAL no processo de fermentação favorecendo a redução rápida do pH e menor atividade proteolítica. Para as silagens com soro de leite fluido inoculadas, os valores pH também foram baixos,

devido à ação dos inoculantes bacterianos que permitem um pH mais estável das silagens. Para os demais nutrientes avaliados, como os teores de MS, PB, EE e fibras (Tabela 2), os efeitos do soro de leite fluido também foram positivos e caracterizaram a silagem de grão reidratado de boa qualidade (ZANIN et al., 2019a; 2021d).

Para DA CRUZ et al. (2021) foi encontrado maiores teores de MS e cinzas para as silagens de grãos de milho reidratados com soro de leite líquido comparado a reidratação dos grãos com água (Tabela 2), sem apresentar diferença para perdas de MS. Estes resultados, segundo os autores, são justificados pelo conteúdo de MS e minerais presentes no soro de leite. As silagens que receberam inoculante bacteriano-enzimático e como fonte de reidratação o soro de leite, foram obtidos os menores valores de pH. A digestibilidade FDA foi maior para as silagens que combinaram o inoculante e o soro de leite na reidratação. Esse resultado parece estar relacionado com o complexo enzimático do aditivo, o qual contém celulase e hemicelulose que podem causar afrouxamento do arranjo estrutural das fibras presentes no pericarpo do milho. Para este estudo, os autores concluíram que o soro de leite ácido e o uso do enzimático-bacteriano inoculante melhorou as características químico-fermentativas, e de digestibilidade *in vitro* das silagens.

Sob diferentes perspectivas de avaliar e aprimorar a qualidade químico-fermentativa das SGMR, Farraretto et al. (2015) adicionaram enzima exógena protease a fim de aumentar a proteólise e digestibilidade do amido, bem como inclusão de inoculantes bacterianos para acelerar a fermentação e aumentar a produção de ácidos. Não foi observado diferença para o conteúdo de MS, PB e N-NH₃ nas silagens tratadas com e sem inoculante e enzima protease. A inoculação microbiana reduziu o pH (3,99 vs. 4,40 em média) em comparação com SGMR sem adição de inoculante, devido a maiores concentrações de ácido lático (1,69 vs. 0,95% do MS em média). Além de baixa concentração de ácido acético, propiônico e etanol com a inoculação bacteriana.

Já Oliveira et al. (2019) avaliaram os efeitos da incorporação de enzimas amilolíticas no milho moído reidratado sobre o perfil

fermentativo e a composição química da silagem. A adição da enzima amilase aumentou o teor de MS nas silagens e a α -glucanase aumentou a atividade da enzima amilase. Foi observado maior contagem de BALs e N-NH₃, sem alterar a composição química da silagem, quando comparado com os valores das silagens controle. Para estes autores, as enzimas amilolíticas melhoraram a fermentação do milho reidratado e a enzima α -glucanase aumentou as perdas fermentativas.

Com intuito de utilizar diferentes fontes líquidas na reidratação dos grãos de milho e efeitos na composição de SGMR, Tres et al. (2020) avaliaram os efeitos de níveis de okara (subproduto do processo de fabricação do leite de soja e tofu) sobre a qualidade químico-fermentativa e estabilidade aeróbia de SGMR. Os autores observaram que a inclusão de okara aumentou linearmente a PB, EE, FDN, FDA, cinzas e concentração de ácido láctico. A estabilidade aeróbia das silagens aumentou com a inclusão de okara, devido à maior quantidade de ácidos graxos de cadeia curta, como os ácidos butírico e acético, que se acumularam durante a fermentação. No entanto, segundo estes autores, o nível de inclusão de okara na SGMR não deve exceder 200 g kg⁻¹ com base na MS.

Quanto aos efeitos de aditivos sobre a qualidade químico-fermentativa, Da Silva et al. (2019) compararam a conservação da silagem de grãos de milho reidratado (SGMR) e grão úmido tratado ou não com *Lactobacillus buchneri* em diferentes tempos de abertura. No geral, o teor de MS aumentou para ambos os tratamentos até os 240 dias de estocagem e reduziu até os 300 dias. Foi observado maior teor de MS para SGMR até os 60 dias de abertura, e maior teor de PB do que grão úmido em todos os 300 dias de estocagem. Quanto a inoculação de *L. buchneri* os valores de pH aumentaram para grão úmido ao longo período avaliado, e houve redução na contagem de leveduras nas silagens inoculadas. Os autores concluíram que a SGMR é uma alternativa ao grão úmido e que a inoculação de *L. buchneri* melhorou a estabilidade aeróbia de ambos os tipos de silagens.

Da Silva et al. (2018) investigaram o efeito de diferentes tipos e doses de inoculantes na SGMR. As silagens tratadas com diferentes

doses de *L. plantarum* e *Pediococcus acidilactici* não diferiram nos teores de PB, MS e N-NH₃ das silagens sem inoculantes. A medida que as doses da inoculação com *L. buchneri* eram aumentados os teores de PB, MS e N-NH₃ elevavam. Para estes autores o aumento da concentração de N-NH₃ nas silagens tratadas com *L. buchneri* foi associado à diminuição da concentração de prolaminas, as quais são decompostas por enzimas e microrganismos, através da proteólise e solubilização de ácidos durante a fermentação.

O parâmetro de estabilidade aeróbia das silagens é utilizado para medir a velocidade de deterioração da massa ensilada sob exposição ao ar após abertura do silo (JOBIM et al., 2007), e seu rompimento ocorre quando a silagem eleva a temperatura a 2°C acima da temperatura ambiente (MORAN et al. 1996; TAYLOR; KUNG JUNIOR, 2002). Para mensurar a estabilidade aeróbia das silagens, os valores de pH e temperatura tem sido observado para ao valor máximo atingido após abertura dos silos, tempo para atingir o valor máximo, tempo para que a silagem apresente tendência de elevação, e tempo para a temperatura romper a estabilidade (JOBIM et al., 2007).

A deterioração da silagem está relacionada aos parâmetros de qualitativos desse alimento. Quanto melhor for a qualidade da silagem, maior será a atividade de microrganismos que a decompõem, devido a presença de maiores concentrações de carboidratos solúveis, ácidos e etanol, que são utilizados como substratos por fungos e leveduras. Fatores como concentração de oxigênio e a profundidade que o ar penetra no silo, ou seja, a porosidade da silagem determinada pela massa específica (kg de silagem/m³), podem influenciar a estabilidade aeróbia da silagem (JOBIM et al., 2007).

A estabilidade aeróbica e deterioração das silagens estão intimamente ligadas com a presença de fungos e leveduras presentes na massa ensilada. Os fungos possuem ação de metabolizar os açúcares e ácidos orgânicos, que resultará na formação de gás carbônico e água, e aumento na temperatura do silo. Outra ação é a degradação de proteínas com conseqüente produção de amônia, a qual dificulta o abaixamento do pH (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). A

presença de leveduras somado aos fungos e bacilos também agem na degradação do ácido láctico, logo que ocorre a abertura dos silos com agravamento na estabilidade das silagens, pois essa degradação gera dióxido de carbono, ácido acético e etanol (LINDGREN et al., 1985).

A sofisticação da técnica de ensilagem envolve a inclusão de aditivos químicos e bacterianos, que são utilizados para preservar a qualidade e evitar a deterioração das silagens. As bactérias heterofermentativas desempenham papel fundamental na prevenção de deterioração aeróbica (KUNG et al., 2003). O uso de inoculantes bacterianos que possuem o *L. buchneri* têm mostrado aumento na estabilidade das silagens de grão de milho reidratado e grão úmido (BASSO et al., 2012; REZENDE et al., 2014; DA SILVA et al., 2018).

Rezende et al. (2014) ao avaliar a estabilidade aeróbia da SGMR com soro de leite durante 80 horas de exposição ao ar, verificaram que a inclusão de inoculante com *Enterococcus faecium*, *L. plantarum* e *Pediococcus acidilactici* proporcionou maior estabilidade das silagens, independente do líquido utilizado para reidratação. No geral, apresentaram baixas temperaturas dentro dos silos e menor pH durante a exposição, e valores médios mais baixos para temperatura máxima de 27,02°C e pH máximo de 4,45. Para Rabelo et al. (2014) a aplicação de BAL homofermentativas reduziu a estabilidade aeróbica, devido as silagens apresentarem alto valor nutritivo, e os nutrientes assim preservados são utilizados por microrganismos deteriorantes. Segundo Rezende et al. (2014), esse comportamento é típico de silagens com alta umidade, e a associação entre alta umidade e inoculante (homofermentativo) faz com que ocorra redução da estabilidade aeróbica das silagens de grãos de milho.

Da Silva et al. (2018) investigaram diferentes tipos e doses de inoculantes em SGMR. As silagens foram tratadas com diferentes doses de *L. plantarum*, *Pediococcus acidilactici* e *L. buchneri* não foram influenciadas pelos efeitos das diferentes doses. A estabilidade aeróbica das silagens tratadas com *L. buchneri* aumentou em 406% em comparação com a silagem sem aditivo. Já a estabilidade aeróbia das silagens tratadas com *L. plantarum*, *Pediococcus acidilactici* reduziu

em 26% em relação a silagem sem aditivo. No entanto, o processo de fermentação não foi alterado pela inoculação das bactérias homofermentativas, mas a concentração de ácido acético foi reduzida significativamente, caracterizando menor estabilidade e maiores picos de temperatura. O pH das silagens tratadas com *L. buchneri* permaneceu estável durante os 12 dias de exposição aeróbia, já o pH das silagens sem aditivo e tratadas com *L. plantarum* e *Pediococcus acidilactici* aumentou acentuadamente após os 4 dias de exposição permanecendo superior a *L. buchneri* ao longo dos 12 dias.

Da Silva et al. (2019) compararam a conservação das SGMR e grão úmido tratadas ou não com inoculante de *L. buchneri* em diferentes tempos de estocagem. Foi constatado que a estabilidade aumentou com o tempo de armazenamento e foi maior em ambas silagens inoculadas com *L. buchneri*, quando comparadas ao tratamento controle. Segundo os autores, esse aumento na estabilidade foi relacionado ao gradual acúmulo de produtos da fermentação, como ácido acético e propiônico.

De forma geral, as silagens de grãos de milho reidratados com água e ou soro de leite apresentam boas características químico-fermentativas e quando inoculadas garantem maior estabilidade aeróbia quando expostas ao ar.

Microbiologia e uso de inoculantes bacterianos em silagens de grãos de milho reidratados

A população microbiana das silagens varia entre os microrganismos desejáveis e indesejáveis, que determinam a qualidade geral da silagem. As espécies de bactérias aeróbias facultativas de maior número da população, que não contribuem para preservação das silagens, são inibidas logo que o silo é fechado. Para a fermentação da massa ensilada as bactérias lácticas desempenham papel fundamental de conservação. Estas incluem principalmente gêneros *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Pediococcus* e *Leuconostoc*, as quais são responsáveis pela produção do ácido láctico e pela fermentação de açúcares (MUCK et al., 2013).

As bactérias ácido lácticas (BAL) possuem um papel fundamental no processo de ensilagem, pois inibem o crescimento de microrganismos indesejáveis que deterioram a silagem e facilitam a recuperação da energia dos carboidratos fermentados, por meio da produção de ácido láctico. As BAL da microflora epifítica (endógena) são essenciais para o processo de fermentação da silagem e responsáveis pela produção do ácido láctico. No entanto, existe grande variação na concentração e espécie de acordo com a cultura utilizada (SILVA et al., 2011).

Em silagens os principais gêneros de BAL são os *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus* e *Streptococcus*. As bactérias desses gêneros podem ser divididas em homofermentativas e heterofermentativas. As homofermentativas (ex. *L. acidophilus* e *L. lactis*) produzem principalmente o ácido láctico e caracterizam-se mais eficientes em produção desse ácido e perda de energia. Já as heterofermentativas produzem substâncias adicionais como o etanol e ácido acético, além do gás carbônico (CO₂). Essas podem ser classificadas em três grupos diferentes de acordo com o modo de uso da glicose: homofermentativas obrigatórias (1), heterofermentativas facultativas (2) e obrigatórias (3) (HOLZER et al., 2003).

As espécies do grupo 1 são responsáveis pela fermentação de hexoses à ácido láctico com a enzima frutosebifosfato (FBP), ou seja, convertem a glicose apenas em ácido láctico (ex. *L. acidophilus*, *L. lactis*, etc). As do grupo 2 fermentam hexoses e pentoses quase que exclusivamente à ácido láctico utilizando a enzima FBP, mas são capazes de fermentar também as hexoses em etanol e ácido acético com a enzima fosfoquetolase (ex. *L. curvatus*, *L. plantarum*, etc). Já as heterofermentativas do grupo 3, além de fermentar hexoses à ácido láctico, resultam em produtos como etanol, acético e CO₂ apenas com a enzima fosfoquetolase (ex. *L. buchneri*, *L. fermentum*). Nas silagens estão presentes, em sua grande maioria, as BAL dos grupos heterofermentativas facultativas (*L. curvatus*, *L. plantarum*, etc) e obrigatórias (*L. buchneri*, *L. fermentum*) (HOLZER et al., 2003).

L. plantarum é considerado uma das espécies mais estudadas na produção de silagens. Essa bactéria é classificada como

heterofermentativa facultativa com características de crescimento vigoroso, possui competitividade e dominância sobre os outros microrganismos e capacidade de produzir elevadas quantidades de ácido láctico, a partir da fermentação de açúcares presente nas forragens. Possui faixa de temperatura de crescimento até 50°C e habilidade de crescer em substrato com baixo teor de umidade, além de produzir rapidamente pH de 4,0 para inibir o crescimento de outros microrganismos (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

L. buchneri é uma espécie de bactérias heterofermentativas obrigatórias com inúmeros estudos sobre sua contribuição nos últimos anos à conservação da silagem, principalmente de grãos ensilados (DA SILVA et al., 2018; DA SILVA et al., 2019; OLIVEIRA et al., 2019). O *L. buchineri* metaboliza ácido láctico em pH de 3,8 e converte ácido acético em pH inferior a 5,8. Um terço da MS é perdida na forma de CO₂ durante a conversão do ácido láctico à acético, mas a presença do ácido acético após abertura do silo pode compensar as maiores perdas pela ação dos microrganismos aeróbios (WEINBERG; MUCK, 1996).

A microbiologia da SGMR foi estudada recentemente e abrange desde os microrganismos benéficos à fermentação até os indesejáveis (Tabela 3). Da Silva et al. 2018 encontraram que as SGMR tratadas com *Lactobacillus buchineri* apresentaram maior contagem de bactérias ácido lácticas (BAL) do que a silagem controle. Já as silagens tratadas *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus acidilactici* apresentaram menores contagens de BAL. O aumento de 89,6% de BAL nas silagens tratadas *Lactobacillus buchineri*, pode ser explicada segundo os autores, que a degradação do ácido láctico por *L. buchineri* serve como autoproteção contra o declínio do pH permitindo a sobrevivência das bactérias por longos períodos. As silagens controle (sem aditivo) apresentaram média de 3,6 tratadas com *Lactobacillus plantarum* e *Pediococcus acidilactici* média de 2,59 e com *L. buchineri* 6,37 de log UFC/g.

Da Silva et al. (2019) também observaram que a inoculação de *L. bucheneri* apresentou maior contagem de bactérias ácidos lácticas nas SGMR e SGU até os 120 dias de armazenamento e menor contagem

de leveduras, além da redução na contagem de leveduras aos 30, 60 e 90 dias de armazenamento para ambas as silagens.

Oliveira et al. (2019) avaliaram a inclusão de enzimas amilolíticas na SGMR sobre o perfil microbiológico da silagem. Para as silagens tratadas com enzimas α -amilase e α -glucanase apresentaram maior contagem de BALS (5 e 6,15 log₁₀, respectivamente) e menor contagens de leveduras e mofo e bactérias aeróbias quando comparadas com a silagem sem aditivos. Os autores explicam que as adições das enzimas provavelmente aumentaram a disponibilidade de substrato para crescimento de BAL e contribuíram para acelerada redução do pH. A razão para redução na contagem de fungos e bactérias aeróbias é a fermentação rápida, pois é responsável pelo aumento na absorção do oxigênio para estabelecer a anaerobiose.

Tabela 3. Microrganismos identificados em silagens de grãos de milho reidratados

Espécies identificadas	Aditivos	Autores
BAL, <i>Clostridium</i> , levedura, mofo	Enzimas	Junges et al. 2017
BAL	Bacteriano	Da Silva et al. 2018
BAL, anaeróbica, aeróbica, mofo e levedura	Enzimas	Oliveira et al. 2019
BAL, levedura	<i>L. buchneri</i>	Da Silva et al. 2019

MS= Matéria seca.

Fonte: Adaptado de Zanin et al. (2021a)

Além das bactérias benéficas encontradas na massa ensilada pode haver os microrganismos indesejáveis do gênero *Clostridium*, que são bactérias anaeróbicas fermentadoras de açúcares, ácido lático e aminoácidos. Os efeitos negativos dessa fermentação resultam em perdas de MS, produção de ácido butírico e aminas, menor aceitação do alimento pelo animal e redução da estabilidade aeróbica das silagens. No gênero *Clostridium* os sacarolíticos produzem ácido butírico a partir da fermentação de açúcares e ácido lático identificado como *C. butyricum*, os proteolíticos que fermentam aminoácidos e produzem os

ácidos butírico, acético, propiônico, além da produção de amônia, aminas e gás carbônico pelo *C. sporogenes*. Ainda pode haver a junção de ambos, os sacaro-proteolíticos como exemplo o *C. perfringens* (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

A contaminação por bactérias anaeróbica da espécie *Listéria monocytogenes* é um agravante na produção de silagens, devido à alta patogenicidade ao homem e aos animais. Esta bactéria pode contaminar a massa ensilada durante o processo de colheita das culturas e seu desenvolvimento pode ocorrer em meios com pH superior a 5,2 (LINDGREN; PAHLOW; OLDENBURG, 2002). As enterobactérias também podem ocasionar perdas na qualidade da silagem por competirem pelos açúcares com as BAL no início da fermentação, visto que sua inibição ocorre em pH menor que 5,0. As silagens podem ser expostas a contaminação por fungos, leveduras e mofos. As leveduras anaeróbicas por sua vez promovem fermentação alcóolica de açúcares e os fungos de crescimento aeróbico, como os *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium* que levam a formação de toxinas com efeitos prejudiciais à saúde dos animais (LINDGREN et al., 1985).

A estabilidade aeróbica e deterioração das silagens estão intimamente ligadas com a presença de fungos e leveduras presentes na massa ensilada. Os fungos possuem ação de metabolizar os açúcares e ácidos orgânicos que resultará na formação de gás carbônico e água e aumento na temperatura do silo. Outra ação é a degradação de proteínas com consequente produção de amônia (NH₃), a qual dificulta o abaixamento do pH (McDONALD, HENDERSON e HERON, 1991). A presença de leveduras somado aos fungos e bacilos também agem na degradação do ácido láctico, logo que ocorre a abertura dos silos com agravamento na estabilidade das silagens, pois essa degradação gera dióxido de carbono, ácido acético e etanol (LINDGREN et al., 1985).

A aplicação de aditivos biológicos em silagens tem por objetivo a adição de BAL em quantidades suficientes para dominar o processo fermentativo, a fim de produzir rapidamente ácido láctico e a diminuição do pH. Assim, junto com o peróxido de hidrogênio e as bactérias produzidas no processo de fermentação, ocorre a preservação e

melhorias das propriedades nutritivas da silagem (GOLLOP; ZAKIN; WEINBERG, 2005). Segundo McDonald, Henderson e Heron (1991) o curso da fermentação pode ser comprometido por fatores inerentes a cultura e de manejo durante a ensilagem, e o uso de inoculantes bacterianos pode contribuir positivamente neste processo. No entanto, de acordo com Kung Junior et al. (2003), o rápido rebaixamento de pH da massa ensilada compromete a produção de ácido acético, que por ventura determina uma silagem com baixa estabilidade aeróbia. Por outro lado, bactérias heterofermentativas obrigatórias podem prevenir a deterioração aeróbica. Isso indica que uma consorciação de bactérias heterofermentativas facultativas e homofermentativas pode resultar em silagens de melhor qualidade.

Os aditivos podem ser classificados em 4 categorias segundo McDonald, Henderson e Heron (1991) e Kung et al. (2003) com base em sua preservação das silagens: estimuladores da fermentação, inibidores da fermentação, inibidores de deterioração aeróbia, nutrientes e absorventes. Para Muck et al. (2018) os aditivos podem apresentar mais modos de ação baseado nas categorias mencionadas acima, além dos efeitos que se concentram dentro do silo, como também a utilização pelos animais. Diante desse contexto, Muck et al. (2018) dividiram em 6 grupos de aditivos como perspectiva de melhor aproveitamento e aplicabilidade dessas informações pelos produtores: BAL homofermentativa (1), BAL heterofermentativa obrigatória (2), inoculantes combinados contendo BAL (heterofermentativa obrigatória mais homofermentativa ou facultativa) (3), outros inoculantes (não BAL) (4), aditivos químicos (5) e enzimas (6).

Os aditivos compostos por BAL homofermentativa (1) são mais antigos e comumente utilizados, atualmente são reconhecidas como heterofermentativas facultativas por possuírem a enzima fosfoquetolase, a qual permite a fermentação de pentoses para produção de ácido láctico e acético. Os efeitos sobre as silagens tratadas com esse tipo de aditivo resultam em concentrações mais baixas de ácido acético, butírico, e nitrogênio amoniacal, além do pH mais baixo e promover boa recuperação de MS. Com relação ao desempenho animal

foi observado aumento na produção de leite (OLIVEIRA et al., 2017), melhoria no desempenho devido a inibição de toxinas e microrganismos prejudiciais (ELLIS et al., 2016), além do aumento na massa microbiana do rúmen (CONTRERAS-GOVEA et al., 2011). No entanto, melhorias no desempenho animal promovidas pela qualidade da silagem inoculada são difíceis de explicar (MUCK et al., 2018).

As BAL heterofermentativas obrigatórias (2) correspondem à família *Lactobacillaceae*, gênero *Lactobacillus*, *Oenococcus*, *Leuconostoc* e *Weissella*. Dentre estes gêneros, o *Lactobacillus* da espécie *buchneri* é mais estudado e visto como potencial em termos de uso para melhorar a fermentação da silagem, por estar relacionado diretamente com a estabilidade aeróbia das silagens (MUCK et al., 2018).

O uso de inoculantes combinados contendo BAL (3) visa alcançar os benefícios que tanto as bactérias heterofermentativas facultativas, quanta as obrigatórias oferecem, em um mesmo produto para qualidade da silagem. A heterofermentativa facultativa controla o período de fermentação ativa precoce, eliminando as enterobactérias, clostrídios e outros microrganismos, para reduzir as perdas por proteólise e MS, e espera-se rápida queda do pH. Enquanto que a BAL heterofermentativa obrigatória (ex. *L. buchneri*), por sua vez converteria de forma lenta o ácido láctico em ácido acético, aumentando o pH e melhoria da estabilidade aeróbica, após o período de fermentação ativa da silagem. Quanto ao desempenho animal espera dessa associação a contribuição no ganho de peso diário ou produção de leite, por exemplo, devido a silagem ser conservada de forma ideal e se manterá fresca no cocho (MUCK et al., 2018).

Outros inoculantes (espécies não BAL) (4) como *Streptococcus bovis*, *Propionibacterium acidipropionici*, espécies de *Bacillus* e leveduras foram investigados nos últimos anos. Um exemplo de inoculação em silagens, é com espécies de *Propionibacterium* para produção de ácido propiônico durante a ensilagem e melhorar a estabilidade aeróbica (MUCK et al., 2018).

Os aditivos químicos (5) em forma de ácidos e sais, também são usados em silagens. O ácido fórmico pode ser usado para causar uma

acidificação e declinação direta de bactérias indesejáveis, porém deve ser respeitado a taxa de aplicação e tamponamento do mesmo. Outros ácidos como sórbico, benzóico, propiônico e acético também são utilizados para melhorar a estabilidade aeróbica da silagem, pois atuam na inibição direta de leveduras e bolores. Já os sais, inibem leveduras e fungos através da liberação do respectivo ácido, proporcionando melhora na estabilidade aeróbica das silagens. Os sais utilizados são benzoato de sódio, sorbato de potássio, propionato de amônio, propionato de cálcio, propionato de sódio e acetato de sódio (AUERBACH et al., 2012).

Para os aditivos enzimáticos (6) o objetivo de adição nas silagens é melhorar a fermentação e valor nutricional. O aditivo é composto por mistura de enzimas celulases e hemicelulases, que irão atuar na liberação de carboidratos da parede celular das plantas, e deixar disponíveis esses compostos para as BAL fermentarem em ácido láctico. Com relação ao desempenho animal tanto para aditivos químicos e enzimáticos como para os demais inoculantes biológicos os efeitos são positivos, porém a maioria dos trabalhos apresentam observações de forma indireta. Ainda se faz necessário muitos estudos de como a adição desses compostos em silagens afetam o desempenho de animais e também para oportunizar uma seleção aprimorada na escolha de aplicação (MUCK et al., 2018).

De forma geral, os aditivos (ácidos e sais; ex. ácido propiônico e acético, benzoato de sódio) possuem as principais ações de preservar o teor de carboidratos solúveis, proporcionar valores de pH mais altos, promover melhorias da estabilidade aeróbica da silagem e atuar como controlador da população microbiana. Já os aditivos com bactérias heteroláticas (inoculante microbiano; ex. *L. buchneri*) possuem ações de favorecimento da produção de ácidos orgânicos, controle de forma efetiva leveduras e fungos, controle de pH (pH mais estável), e aumento da estabilidade aeróbica das silagens, principalmente na proteção de painel do silo, quando exposto ao oxigênio.

Uso da silagem de grão de milho reidratado na alimentação animal

O desempenho produtivo de diferentes espécies de animais de produção foi investigado por meio de estudos científicos desenvolvidos com objetivo de avaliar os efeitos do uso de silagem de grão de milho reidratado. Até o momento, estudos com bovinos de corte e leite, ovinos e suínos em fase de crescimento (Tabela 4) foram conduzidos e apresentam resultados de ganhos satisfatórios com inclusão desse tipo de alimento.

Tabela 4. Desempenho produtivo de animais de produção alimentados com silagem de grão de milho reidratado

Espécie	Desempenho produtivo			Referências
<i>Suínos</i>	<i>Consumo (g/dia de MS)</i>	<i>Ganho de peso (g/dia)</i>	<i>Conversão alimentar</i>	
Leitões desmamados (21-50 dias)	428,18	222,80	1,94	Zanin et al. (2021b)
<i>Ovinos</i>	<i>Consumo (kg/dia de MS)</i>	<i>Digestibilidade de MS (%)</i>	<i>Ovulação (%)</i>	
Ovelhas Santa Inês	1,00	-	75	Figueira et al. (2020)
Cordeiros confinados	1,08	73,15	-	Bolson et al. (2020)
<i>Bovinos de leite</i>	<i>Consumo (kg/dia de MS)</i>	<i>Produção de leite (kg/vaca/dia)</i>	<i>Sólidos totais (g/100 g)</i>	
Vacas em lactação	18,79	23,43	3,04	Arcari et al. (2016)
Vacas em lactação	20,2	31,1	3,64	Castro et al. (2019)
<i>Bovinos de corte</i>	<i>Consumo (kg/dia de MS)</i>	<i>Ganho de peso (kg/dia)</i>	<i>Eficiência alimentar</i>	
Gado de corte em confinamento	8,85	1,58	0,194	Jacovaci et al. (2021)

MS = Matéria seca

Fonte: Adaptado de Zanin et al. (2021a)

Para leitões desmamados que foram avaliados no período de 21 a 50 dias de idade, Zanin et al. (2021b) incluíram na dieta SGMR com água, água+inoculante e/ou soro de leite, a fim de avaliar o desempenho produtivo comparado a ração à base de grão de milho seco (RC) (Tabela 4). Neste estudo, foi observado maior ganho de peso diário (GPD) e melhor conversão alimentar (CA) para RC com 306,01 g dia⁻¹ e 1,37, respectivamente. No entanto, os leitões que receberam ração com silagem de grão reidratado com água apresentaram GPD de 248,17 g dia⁻¹ sem diferir significativamente do grupo RC no período total avaliado. Os tratamentos com SGMR não diferiram entre si ($P>0,05$) para GPD e CA. Foram alcançados valores de GPD de 213,41 g dia⁻¹ para o grupo de leitões que receberam ração com SGMR com água+inoculante, e 206,83 g dia⁻¹ silagem com grão reidratado com soro de leite. Para o parâmetro de consumo de ração não foi observado diferença significativa entre os tratamentos com valor médio de 415,66 para RC e 428,18 g dia⁻¹ de MS para os tratamentos com inclusão de silagem. Para estes autores, a SGMR com água pode ser considerada um alimento alternativo ao grão de milho seco em rações de leitões desmamados até os 50 dias de idade, sem afetar o desempenho produtivo desses animais.

Figueira et al. (2020) com o objetivo de avaliar o efeito da substituição do milho moído por SGMR no desenvolvimento folicular em ovelhas Santa Inês, encontraram que o estro e a taxa de crescimento dos folículos ovulatórios foram maiores no grupo SGMR do que no grupo controle, resultando em folículos maiores na ovulação. Não foi observado efeito dos tratamentos no consumo de MS, nas concentrações plasmáticas de glicose e nitrogênio ureico, ou na porcentagem de ovelhas que ovularam e no número de ovulações. O consumo de MS pelo grupo de ovelhas que receberam a SGMR na dieta foi de 1 kg/dia e a taxa de ovulação de 75%, com ganho médio diário de 96,5 g/dia. Para esses autores, a substituição do milho moído por silagem de grãos de milho reidratados em dietas de *flushing* pode alterar o desenvolvimento folicular, resultando em atraso no início do estro e na ovulação de folículos maiores e isso não beneficia o número de ovulações.

Bolson et al. (2020) avaliaram a eficiência do consumo de ração, digestibilidade, eficiência microbiana e balanço de nitrogênio de cordeiros em confinamento alimentados com inclusão de SGMR com glicerina bruta ou água em substituição do milho seco. Os cordeiros apresentaram consumo médio de 1,08 kg/dia e melhoria da digestibilidade da MS com 73,15 % nas dietas com silagem de milho reidratado. Foi observado que o consumo de FDN foi maior para o grão de milho seco e a dieta contendo 225 g/kg de NM de glicerina bruta teve menor ingestão de FDA. O balanço de nitrogênio e a eficiência microbiana não foram afetadas pela inclusão de silagem na dieta. Os autores desse estudo, concluíram que a inclusão de SGMR com 150 g/kg NM de glicerina bruta é recomendada como ração em substituição à dieta de milho seco, devido ao uso eficiente dos nutrientes da dieta e melhoria no desempenho animal.

O uso de SGMR foi avaliado também quanto ao desempenho de bovinos leiteiros. Arcari et al. (2016) avaliaram o efeito da substituição do milho seco pelo milho reidratado com 90 dias de armazenamento em dietas para vacas leiteiras sobre o consumo de nutrientes, digestibilidade aparente do trato total e produção e composição do leite. O aumento da inclusão da silagem causou aumento no consumo de MS (18,79 kg/dia), PB e carboidratos não fibrosos e a ingestão de FDN diminuiu quadraticamente. Foi observado aumento linear da produção de leite (23,43 kg/vaca/dia) e a produção de gordura, proteína, lactose e sólidos totais (3,04 g/100g) com inclusão da SGMR. Os autores concluíram que a substituição do milho seco por grão reidratado aumenta a produção de leite em 2,1 litros/vaca/dia e digestibilidade total aparente do amido em 8% de vacas leiteiras no final da lactação.

Para Castro et al. (2019) o efeito da SGMR foi avaliado quanto ao tamanho de partícula e a proporção de amido na dieta sob o consumo, desempenho da lactação, digestibilidade dos nutrientes, perfil de fermentação ruminal e comportamento mastigação de vacas leiteiras. A moagem do milho com tamanho de partícula de 2.185 μm , segundo os autores, não afetou o armazenamento do grão ensilado e o milho armazenado por mais de 200 dias eliminou amplamente o efeito do

tamanho de partícula no consumo, desempenho da lactação, digestibilidade dos nutrientes, perfil de fermentação ruminal e comportamentos de mastigação e seleção. No entanto, os grãos moídos mais finos foram mais fermentáveis no rúmen do que o moído grosso, além de ter reduzido o tempo de ruminação por dia e aumentado o tempo de alimentação por ingestão de MS. A conclusão dos autores foi de que a moagem mais grossa do milho grão pode ser uma estratégia para aumentar a taxa de moagem, poupar mão de obra e energia durante a ensilagem, sem afetar o desempenho da vaca.

Para bovinos de corte em confinamento alimentados com SGMR e silagem de grão úmido, os resultados de desempenho foram revisados por Jacovi et al. (2021) por meio de uma meta-análise. Foi constatado, segundo os autores, que a ensilagem do grão de milho aumentou a digestibilidade do trato total da MS em mais de 4,59% e 3,33% do amido. Já o consumo de MS diminuiu em 14,1%, com 10,3 e 8,85 kg/d para seca e ensilada, respectivamente, bem como para o consumo de energia metabolizável em 4,39%. Porém, o ganho médio diário (1,61 e 1,58 kg/d para milho seco e ensilado, respectivamente) e as características de carcaças não foram afetados. A eficiência alimentar aumentou em 18,3%, com valor de 0,164 para o grão seco e 0,194 para grão ensilado, e o valor alimentar do grão ensilado foi 25,7% maior que o grão seco. Diante dos resultados obtidos, os autores concluíram que a ensilagem é uma estratégia eficiente para melhorar o valor calórico do grão de milho do tipo duro para bovinos em terminação.

Considerações finais

De forma geral, a silagem de grão de milho reidratado é uma alternativa de preservação e armazenamento dos grãos, bem como uma forma de assegurar estoque de alimento em períodos críticos do ano. A qualidade da silagem de grão reidratado está diretamente relacionada com o processamento e a qualidade dos grãos, na qual a granulometria durante a moagem deve ser considerada para cada espécie animal e tempo de armazenamento. A reidratação do grão moído pode ser realizada com uso do soro de leite integral, o qual é uma fonte líquida

alternativa à água, e oferece boa qualidade da silagem. Durante a ensilagem dos grãos é importante considerar o uso de aditivos bacterianos que aprimoram a conservação, fermentação e estabilidade aeróbia da silagem. O período de armazenamento da silagem (silo fechado) é de no mínimo de 45 a 60 dias, sendo ideal um período maior que 90 dias de silo fechado, para garantir maior digestibilidade do amido, matéria seca, e estabilidade aeróbia. Por fim, o uso crescente da silagem de grão reidratado na alimentação animal caracterizam-na como alimento alternativo ao grão de milho seco nas dietas.

REFERÊNCIAS

ALVES, M.P. et al. Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 3, p. 212-226, 2014.

ARCARI, M.A. et al. Effect of substituting dry corn with rehydrated ensiled corn on dairy cow milk yield and nutrient digestibility. **Animal Feed Science and Technology**, v. 221, p. 167-173, 2016.

AUERBACH, H.; WEISS, K.; NADEAU, E. Benefits of using silage additives. In: **Proc. 1st International Silage Summit**, Leipzig, Saxony, Germany, p. 75–144, 2012.

BASSO, F. C. et al. Fermentation and aerobic stability of high-moisture corn silages inoculated with different levels of *Lactobacillus buchneri*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 2369–2373, 2012.

BERNARDES, T.; CASTRO, T. Silages and roughage sources in the Brazilian beef feedlots. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 3, p. 411, 2019.

BOLSON, D.C. et al. Corn silage rehydrated with crude glycerin in lambs' diets. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 6, p. 3307-3314, 2020.

CARVALHO, B. F. et al. Fermentation profile and identification of lactic

acid bacteria and yeasts of rehydrated corn kernel silage. **Journal of Applied Microbiology**, v. 122, n. 3, p. 589-600 2017.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CASTRO, L. P. et al. Lactation performance of dairy cows fed rehydrated and ensiled corn grain differing in particle size and proportion in the diet. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 11, p. 9857-9869, 2019.

CONTRERAS-GOVEA, F. E. et al. Microbial inoculant effects on silage and in vitro ruminal fermentation, and microbial biomass estimation for alfalfa, BMR corn, and corn silages. **Animal Feed Science and Technology**, v. 163, p. 2–10, 2011.

CORREA, C.E.S. et al. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 3008-3012, 2002.

DANIEL, J. L. P. et al. Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil. **Grass and Forage Science**, v. 74, p. 188-200, 2019.

DA CRUZ, F. N. F. et al. Fermentative losses and chemical composition and in vitro digestibility of corn grain silage rehydrated with water or acid whey combined with bacterial-enzymatic inoculant. *Semina: Ciências Agrárias*, 42(6), 3497-3514, (2021).

DA SILVA, N. C. et al. Fermentation and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of *Lactobacillus buchneri* or a combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4158-4167, 2018.

DA SILVA, N. C. et al. Influence of storage length and inoculation with *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of high-moisture corn and rehydrated corn grain silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 251, p. 124–133, 2019.

DE ALMEIDA CARVALHO-ESTRADA, P. et al. Effects of hybrid, kernel

maturity, and storage period on the bacterial community in high-moisture and rehydrated corn grain silages. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 43, n. 5, p. 126131, 2020.

ELLIS, J. L. et al. Effects of lactic acid bacteria silage inoculation on methane emission and productivity of Holstein Friesian dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 7159–7174, 2016.

FERRARETTO, L. F.; FREDIN, S.M.; SHAVER, R. D. Influence of ensiling, exogenous protease addition, and bacterial inoculation on fermentation profile, nitrogen fractions, and ruminal in vitro starch digestibility in rehydrated and high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 7318–7327, 2015.

FERRARETTO, L. F.; CRUMP, P.M., SHAVER, R.D., Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 96, p. 533–550, 2013.

FERNANDES, J. et al. Influence of hybrid, moisture, and length of storage on the fermentation profile and starch digestibility of corn grain silages. **Animal Feed Science and Technology**, v. 271, p. 114707, 2021.

FITZSIMONS, S. M.; MULVIHILL, D. M.; MORRIS, E. R. Denaturation and aggregation processes in thermal gelation of whey proteins resolved by differential scanning calorimetry. **Food Hydrocolloids**, v.21, n.4, p.638-644, 2007.

FIGUEIRA, L. M. et al. Effects of flushing with rehydrated corn grain silage on follicular development in tropical Santa Inês ewes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 49, 2020

GIUBERTI, G. et al. Factors affecting starch utilization in large animal food production system: A review. **Starke**, v. 66, p. 72–90, 2014.

GOLLOP, N.; ZAKIN, V.; WEINBERG, Z. G. Antibacterial activity of lactic acid bacteria included in inoculants for silage and in silages treated with these inoculants. **Journal of Applied Microbiology**, v. 98, n. 3, p. 662–666, 2005.

GOMES, A. L. et al. Effects of processing, moisture, and storage length on the fermentation profile, particle size, and ruminal disappearance of reconstituted corn grain. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 11, skaa332, 2020.

HOLZER, M. et al. The role of *Lactobacillus buchneri* in forage preservation. **Trends in Biotechnology**, v. 21, n. 6, p. 282-287, 2003.

HOEKSTRA, A. Water for animal products: a blind spot in water policy. **Environment Research Letters**, v. 9, n. 9, 2014.

HOFFMAN, P. C. et al. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, 94, 2465-2474, 2011.

JACOVACI, F. A. et al. Effect of ensiling on the feeding value of flint corn grain for feedlot beef cattle: A meta-analysis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, p. e20200111, 2021.

JOBIM, C. C. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101-119, 2007.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G. Princípios básicos da fermentação na ensilagem. In: Reis, R. A., Bernardes, T. F.; Siqueira, G. R. **Forragicultura: Ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal-SP: FUNEP, 649-660. 2013.

JUNGES, D. et al. Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 9048-9051, 2017.

KUNG JR., L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Ed.) **Silage Science and Technology**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2003, p.251-304.

KUNG JUNIOR, L. et al. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of ground and whole highmoisture

corn. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 2309–2314, 2007.

KUNG JÚNIOR, L. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 4020-4033, 2018.

LINDGREN, S. et al. Microbial dynamics during aerobic deterioration of silages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 36, n. 9, p. 765-774, 1985.

LINDGREN, S.; PAHLOW, G.; OLDENBURG, E. Influences of microbes and their metabolites on feed and food quality. In: K. Seggaard et al. (ed.) **Proc. 18th General Meeting of the European Grassland Federation**, Aalborg, Denmark. 22–25 May 2000. British Grassland Society, Reading, UK, p. 503-511, 2002.

LUGÃO, S. M. B. Silagem de Grão Úmido de Milho. In: **Silagem de Milho na Atividade Leiteira do Sudoeste do Paraná: do manejo de solo e de seus nutrientes a ensilagem de planta inteira e grãos úmidos**. Lapar, p. 99-112, 2011.

MOMBACH, M. A. et al. Silage of rehydrated corn grain. *Arquivo Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 71, n. 3, 959-966, 2019.

MANTOVANI, J. R. et al. Soro ácido de leite como fonte de nutrientes para o milho. **Agriambi**, v. 4, n. 19, p. 324-329, 2015.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **The Biochemistry of Silage**. 2th ed, UK: Chalcombe Publications, 1991, 340 p.

MORAIS, G. et al. Additives for grain silages: a review. **Slovak Journal Animal Science**, v. 50, n. 1, p. 42–54, 2017.

MORAN, J. P. et al. A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage. In: **Proceedings of XI International silage conference**. Aberystwyth, UK, 162-163, 1996.

MORRILL, W. B. B. et al. Produção e nutrientes minerais de milheto

forrageiro e sorgo sudão adubado com soro de leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 182- 188, 2012.

MUCK, R. E. Recent advances in silage microbiology. **Agricultural and Food Science**, v. 22, p. 3-15, 2013.

MUCK, R. E. et al. Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 5, p. 3980–4000, 2018.

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

SANTOS, W. P. et al. The effect of length of storage and sodium benzoate on the nutritive value of reconstituted sorghum grain silages for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 10, p. 9028-9038, 2019.

OLIVEIRA, D. F.; BRAVO, C. E.; TONIAL, I. B. Soro de leite: um subproduto valioso. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 67, n. 385, p. 64-71, 2012.

OLIVEIRA, A. S. et al. Meta-analysis of effects of inoculation with homofermentative and facultative heterofermentative lactic acid bacteria on silage fermentation, aerobic stability, and the performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 4587–4603, 2017.

OLIVEIRA, E. R. et al. Effects of exogenous amylolytic enzymes on fermentation, nutritive value, and in vivo digestibility of rehydrated corn silage. **Animal Feed Science and Technology**, v. 251, p. 86-95, 2019.

PAHLOW, G.; et al. Microbiology of ensiling. In: Buxton D.R., Muck R.E. and Harrison J.H. **Anais...** Silage science and technology. Madison, Wisconsin, USA: Agronomy Publication No. 42, American Society of Agronomy, p. 31 -93, 2003.

PAULA, L. et al. Crescimento e nutrição mineral de milho forrageiro em cultivo hidropônico com soro de leite bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 931-939, 2011.

PRESTES, I. D. et al. Principais fungos e micotoxinas em grãos de milho e suas consequências. **Scientia Agropecuaria**, v. 10, n. 4, p. 559-570, 2019.

PEREIRA, M. N. et al. Silagem de milho reidratado na alimentação do gado leiteiro. **Informe Agropecuário**, v. 34, p. 27-33, 2013.

RABELO, C. H. S. et al. Silagens de milho inoculadas microbiologicamente em diferentes estádios de maturidade: perdas fermentativas, composição bromatológica e digestibilidade in vitro. **Ciência Rural**, v. 44, p. 368–373, 2014.

REZENDE, A.V. et al. Rehydration of corn grain with acid whey improves the silage quality.

REKTOR, A.; VATAI, G. Membrane filtration of Mozzarella whey. **Desalination**, v. 162, p. 279-286, 2004. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 213–221, 2014.

TAYLOR, C.C.; KUNG JUNIOR, L. The effect of *Lactobacillus buchneri* on fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 6, p. 126-1532, 2002.

TRES, T.T. et al. Effect of okara levels on corn grain silage. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, p. e20190184, 2020.

SILVA, C. M. et al. Estabilidade de silagens de grãos úmidos de milho e milho reidratado. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.17, n.3, p.331-343. 2016.

SILVA, T. C. et al. Papel da fermentação láctica na produção de silagem. **PUBVET**, v. 5, Art-992, 2011.

WEINBERG, Z.; 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.

YADA, R. Y. **Protein in food processing**. England: Woodhead Publishing, 2004. 689 p.

ZANIN, E., BUMBIERIS JUNIOR, H. V., DA SILVA, C. A., GALBEIRO, S. **Guia para produção de silagem de grão de milho reidratado.** [Livro eletrônico] Londrina, PR: Universidade Estadual de Londrina, 2021a, 20 p.

ZANIN et al. Diets formulated with rehydrated corn grain silage on the performance of weaned piglets. IN: VI Congresso de Ciência e tecnologia da UTFPR-DV e III Mostra Científica da Pós-graduação. 2021b. Disponível em: <http://portal.utfpr.edu.br/estrutura/pesquisa-e-pos-graduacao/dirppg/dois-vizinhos>

ZANIN, E. et al. Fermentative characteristics of acid whey rehydrated grain corn silage. IN: impósio Internacional de Qualidade e Conservação de Forragem (ISFQC), 2019c. Disponível em: <https://isfqcbrasil.com.br/eventos-anteriores/?lang=pt-br>

ZANIN, E. et al. Chemical characteristics of rehydrated acid whey corn silage. : impósio Internacional de Qualidade e Conservação de Forragem (ISFQC), 2019d. Disponível em: <https://isfqcbrasil.com.br/eventos-anteriores/?lang=pt-br>

RESUMOS

ADIÇÃO DE ENZIMA EXÓGENA PROTEASE EM SILAGEM DE SORGO GIGANTE BOLIVIANO AGRI 002E: ESTABILIDADE AERÓBIA

Alessandra G. Fontenele¹, Maikon A. T. Araújo¹, Alan V. B. Paixão¹, Marcos P. Lima¹, Rayran A. Silva¹, Jefferson R. Gandra*

Palavras-chave: *Bacillus licheniformis*, extrato enzimático, pH, *Sorghum bicolor*, temperatura

Introdução: O sorgo gigante boliviano AGRI 002E (*Sorghum bicolor*) produz altos níveis de matéria seca mesmo sobre condições climáticas desfavoráveis para a maioria das culturas. A inclusão de enzimas exógenas em forragens conservadas pode reduzir perdas, melhorar o valor nutricional e estabilidade aeróbia de forragens conservadas. O objetivo deste estudo foi avaliar a adição proteases em silagem de sorgo gigante boliviano Agri 002E, sob estabilidade aeróbia. **Material e Métodos:** Foram utilizados 50 silos experimentais distribuídos aleatoriamente em delineamento inteiramente casualizado, onde os tratamentos experimentais foram: 1- Controle (sem adição de protease); 2 - 500 (adição de 500 ml/ton de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis*, atividade de protease 600 UI/ml); 3 - 1000 (adição de 100 ml/ton de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis*, atividade de protease 600 UI/ml); 4 - 1500 (adição de 1500 ml/ton de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis*, atividade de protease 600 UI/ml); 5 - 2000 (adição de 2000 ml/ton de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis*, atividade de protease 600 UI/ml). Após a abertura dos silos, amostras foram colocadas em baldes plásticos, pesadas e armazenadas em temperatura ambiente para avaliação da estabilidade

¹ Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá. Instituto de Estudos em Desenvolvimento Agrário e Regional. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. PEPETI- Canaã dos Carajás-PA.

*Autor correspondente: jeffersongandra@unifesspa.edu.br

aeróbia, onde foram mensurados diariamente a temperatura do ar (OC). As temperaturas das silagens no período após abertura foram obtidas a cada 8 horas durante cinco dias por meio de um termômetro inserido na massa de silagem contida nos baldes. A estabilidade aeróbia foi calculada como o tempo gasto, em horas, para a massa de silagem elevar em 1oC em relação à temperatura do ambiente. No período de estabilidade aeróbia as silagens foram amostradas diariamente para determinação do pH. As análises estatísticas foram realizadas pelo SAS 9.2 e as médias analisadas por regressão polinomial e medidas repetidas no tempo, nível de significância de 5%. **Resultados e Discussão:** Foi observado efeito de tempo e tratamento para a temperatura dos silos no período da estabilidade aeróbia. Foi observado efeito quadrático para a diferença de temperatura ambiental e a temperatura dos silos com dose ótima de protease (extrato enzimático de *Bacillus licheniformis*) de 1000 ml/ton. A silagem com inclusão de 1000 ml/ton de protease perdeu a estabilidade aeróbia depois de 96 horas de avaliação, enquanto a silagem controle perdeu a estabilidade com 36 horas de exposição ao oxigênio. Para o pH, foi observado efeito de tempo e tratamento para adição de protease nas silagem de sorgo gigante boliviano Agri 002E. Foi observado efeito linear decrescente para a concentração de pH no período de exposição ao oxigênio, onde quanto maior a inclusão de protease menor o pH obtido. **Conclusões:** A inclusão de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis* influenciou positivamente a estabilidade aeróbia da silagem de sorgo gigante boliviano Agri 002E, recomendando a dose de 1000 ml/ton.

ADIÇÃO DE ENZIMA EXÓGENA PROTEASE EM SILAGEM DE SORGO GIGANTE BOLIVIANO AGRI 002E: PERDAS FERMENTATIVAS

Maikon A. T. Araújo¹, Thiago N. Coutinho¹, Marcos P. Lima¹, Francely T. Gomes¹, Rayran A. Silva¹, Jefferson R. Gandra*

Palavras-chave: *Bacillus licheniformis*, ensilagem, extrato enzimático, forragem tropical, *Sorghum bicolor*.

Introdução: O sorgo gigante boliviano AGRI 002E (*Sorghum bicolor*) produz altos níveis de matéria seca mesmo sobre condições climáticas desfavoráveis para a maioria das culturas. A inclusão de enzimas exógenas em forragens conservadas pode reduzir perdas, melhorar o valor nutricional e estabilidade aeróbia de forragens conservadas. O objetivo deste estudo foi avaliar a adição proteases em silagem de sorgo gigante boliviano Agri 002E, sob as perdas fermentativas. **Material e Métodos:** Foram utilizados 50 silos experimentais distribuídos aleatoriamente em delineamento inteiramente casualizado, onde os tratamentos experimentais foram: 1- Controle (sem adição de protease); 2 - 500 (adição de 500 ml/ton de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis*, atividade de protease 600 UI/ml); 3 - 1000 (adição de 100 ml/ton de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis*, atividade de protease 600 UI/ml); 4 - 1500 (adição de 1500 ml/ton de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis*, atividade de protease 600 UI/ml); 5 - 2000 (adição de 2000 ml/ton de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis*, atividade de protease 600 UI/ml). Os silos experimentais foram compostos de baldes de polietileno de 40 cm de altura e 30 cm de diâmetro, com

¹ Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá. Instituto de Estudos em Desenvolvimento Agrário e Regional. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. PEPETI- Canaã dos Carajás-PA.

*Autor correspondente: jeffersongandra@unifesspa.edu.br

tampas com válvulas de *Bunsen* para permitir o escape dos gases. No fundo dos silos, foi colocado areia seca (2kg) separada do capim Mombaça por uma tela e um tecido de náilon para quantificação do efluente produzido. Aos 60 dias de fermentação, foram novamente pesados para determinação das perdas por gases e, em seguida, abertos aos 60 dias. Após a retirada da silagem, o conjunto silo, areia, tela e tecido de náilon foram pesados para quantificação do efluente e perdas. As análises estatísticas foram realizadas pelo SAS 9.2 e as médias analisadas por regressão polinomial, nível de significância de 5%.

Resultados e Discussão: Foi observado efeito quadrático ($P < 0,028$) para as perdas por gases (matéria fresca e % da matéria seca), perdas totais (% da matéria seca) e recuperação da matéria seca. Para todas as variáveis supracitadas o ponto ótimo foi de 1000 ml/ton de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis*. A adição de enzimas exógenas proteases na dose de 1000 ml/ton reduziu as perdas por gases e perdas totais de matéria seca e aumentou a recuperação de matéria das silagens de sorgo gigante boliviano. A adição de proteases pode ter beneficiado o desenvolvimento de bactérias ácido lácticas por proporcionar maior concentrações de nutrientes no processo de fermentação reduzindo as perdas e aumentando a recuperação de matéria seca.

Conclusões: A inclusão de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis* na dose de reduziu as perdas de matéria de silagem de sorgo gigante boliviano Agri 002E, recomendando a dose de 1000 ml/ton.

ADIÇÃO DE ENZIMA EXÓGENA PROTEASE EM SILAGEM DE SORGO GIGANTE BOLIVIANO AGRI 002E: VALOR NUTRICIONAL

Francey T. Gomes¹, Maikon A. T. Araújo¹, Alan V. B. Paixão¹, Marcos P. Lima¹, Alessandra G. Fontenele¹, Jefferson R. Gandra*

Palavras-chave: *Bacillus licheniformis*, ensilagem, extrato enzimático, proteína bruta, *Sorghum bicolor*.

Introdução: O sorgo gigante boliviano AGRI 002E (*Sorghum bicolor*) produz altos níveis de matéria seca mesmo sobre condições climáticas desfavoráveis para a maioria das culturas. A inclusão de enzimas exógenas em forragens conservadas pode reduzir perdas, melhorar o valor nutricional e estabilidade aeróbia de forragens conservadas. O objetivo deste estudo foi avaliar a adição proteases em silagem de sorgo gigante boliviano Agri 002E, sob o valor nutricional. **Material e Métodos:** Foram utilizados 50 silos experimentais distribuídos aleatoriamente em delineamento inteiramente casualizado, onde os tratamentos experimentais foram: 1 - Controle (sem adição de protease); 2 - 500 (adição de 500 ml/ton de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis*, atividade de protease 600 UI/ml); 3 - 1000 (adição de 100 ml/ton de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis*, atividade de protease 600 UI/ml); 4 - 1500 (adição de 1500 ml/ton de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis*, atividade de protease 600 UI/ml); 5 - 2000 (adição de 2000 ml/ton de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis*, atividade de protease 600 UI/ml). Aos 60 dias de fermentação, após abertura dos silos amostras de 300 g foram coletadas de cada silo, onde teores de matéria seca (método 950.15), cinzas (método 942.05), proteína bruta

¹ Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá. Instituto de Estudos em Desenvolvimento Agrário e Regional. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. PEPETI- Canaã dos Carajás-PA.

*Autor correspondente: jeffersongandra@unifesspa.edu.br

(CP, método 984.13), extrato etéreo (método 92039) e fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (método 973.18) foram avaliados de acordo com AOAC (2000). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e amido foram analisados de acordo com Van Soest et al. (1991). As análises estatísticas foram realizadas pelo SAS 9.2 e as médias analisadas por regressão polinomial, nível de significância de 5%. **Resultados e Discussão:** Foi observado efeito linear crescente ($P < 0,022$) para os teores de matéria seca, matéria orgânica, extrato etéreo, nutrientes digestíveis totais e energia líquida de lactação, onde a inclusão de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis* aumentou as concentrações dos nutrientes mencionados. Foi observado efeito quadrático ($P = 0.002$) para os teores de proteína bruta com dose ótima de 1000 ml/ton de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis*. Foi observado 10,77% de proteína bruta para o tratamento de 1000 ml/ton de protease, no entanto para as silagem sem adição de proteína bruta o teor de proteína obtido foi de 8.56%. **Conclusões:** A inclusão de extrato enzimático de *Bacillus licheniformis* influenciou positivamente o valor nutricional da silagem de sorgo gigante boliviano Agri 002E, recomendando a dose de 1000 ml/ton.

EFEITOS DA EXPOSIÇÃO AO AR DE SILAGENS DE SORGO FORRAGEIRO REALOCADAS

Julian Marinho¹, Karollayne Dib², Raquel Cunha³, Andrea Guimarães⁴

Palavras-chave: estabilidade, forragem, qualidade, reensilagem, silagem

Introdução: O armazenamento de forragem por meio da ensilagem é uma excelente alternativa utilizada nos sistemas de criação animal, para conservar a forrageira de boa qualidade. Através desse método de conservação é possível as propriedades suplementarem seus animais em todos os períodos de déficit alimentar. Assim, tem surgido um mercado promissor, a comercialização de silagens, para as propriedades que não praticam e as que ainda não fazem bom uso da prática desse método. Mercado este que para desenvolver, necessita mover a silagem para um novo silo, surgindo à prática da realocação de silagens, que é caracterizado pela mudança de uma silagem já feita para outro silo ou outra propriedade. Diante disso o presente trabalho teve como objetivo analisar o efeito do tempo de exposição ao ar da silagem de sorgo forrageiro realocada, através das análises químico-bromatológica.

Material e métodos: O trabalho foi realizado no laboratório de Bromatologia da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, no município de Santarém. O delineamento utilizado foi o experimental inteiramente casualizado com dez tratamentos: o controle e os tempos de realocação (TR) de 0; 6; 12; 18; 30; 36; 42; 48 e 60 horas, com três repetições cada. Após 30 dias de armazenamento as silagens foram abertas para o processo de realocação. Em seguida, foi avaliada a temperatura inicial (TI) das silagens no início da realocação e a tempe-

¹ Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém-PA, Brasil, e-mail: nailuhj@gmail.com

² Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém-PA, Brasil.

³ Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém-PA, Brasil.

⁴ Instituto de Biodiversidade e Florestas, Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém-PA, Brasil.

ratura final (TF) antes das silagens serem realocadas de volta aos silos. Após a realocação, os silos foram abertos com mais 30 dias de armazenamento, e feitos a avaliação sensorial das silagens, análises químico – bromatológica e avaliação da estabilidade aeróbia. As perdas por gases e a recuperação de MS foram quantificadas de acordo com as equações propostas por Paziani et al. (2006). A composição químico-bromatológica, foi obtida segundo Silva e Queiroz (2002) para matéria seca (MS), matéria mineral (MM). Os valores de MO (matéria orgânica) foram estimados pela seguinte formula: Em que: $MO = 100 - MM$. A análise sensorial e estabilidade aeróbia, foram submetidos a análise descritiva. Os resultados foram submetidos à análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey de acordo com o programa estatístico SISVAR 5.6[®], a um nível de significância de 5%. **Resultados e discussão:** A avaliação sensorial quanto ao aspecto nutritivo e sanitário das silagens realocadas de sorgo, foram classificadas como “Boa a Muito Boa”, pois não demonstraram alterações significativas nos parâmetros analisados. Sobre as temperaturas inicial e final das silagens antes de realocar, foi observado que as silagens com maiores TR (tempo de realocação) apresentaram um aumento discreto nos valores de TF e TMax. A Tmin apresentou uma diminuição dos valores entre as silagens com maiores TR. As silagens expostas a realocação apresentaram aumento no teor de MS (matéria seca), com o TR de 60h com maior teor de MS em relação ao controle ($P < 0,05$). Não foi observado efeito do TR para PG (Perda de gases) e RMS (Recuperação de matéria seca), ($P > 0,05$). Para MM, MO, o TR foi significativo ($P < 0,05$), com maiores teores de MM no T2 (3,75%) e T10 (3,44%). Foi observado aumento significativo de MO em todas as silagens que ficaram expostas ao ar por diferentes tempos. Em relação a estabilidade, as silagens ficaram até 36 horas sem quebra de estabilidade. **Conclusões:** Silagens de sorgo bem conservadas podem ser realocadas por um tempo de até 36 horas de exposição ao ar sem quebra de estabilidade e perda de valor nutritivo e sanitário, com aumento significativo de matéria seca.

POPULAÇÃO MICROBIANA DE SILAGEM DE SOJA PLANTA INTEIRA: TEMPO DE ARMAZENAMENTO, INOCULANTE MICROBIANO E ÁCIDOS ORGÂNICOS

Rayran A. Silva¹, Marcos P. Lima¹, Francely T. Gomes¹, Thiago N. Coutinho¹, Alessandra G. Fontenele¹, Jefferson R. Gandra*

Palavras-chave: aditivos, *Glycine max* L, pH, silagem de leguminosa, temperatura.

Introdução: O uso da silagem de soja é uma alternativa para complementar o volumoso da dieta. Porém, historicamente a soja planta inteira era considerada uma cultura de difícil ensilagem, por apresentarem baixo teor de matéria seca e carboidratos solúveis, aumentando as perdas durante a fermentação. Trabalhos mostram que a soja pode ser ensilada de forma exclusiva, com uso de aditivos, principalmente bactérias do ácido lático o objetivo do trabalho foi avaliar a ação de inoculante bacteriano, ácido propiônico e ácido fórmico na ensilagem de planta de soja com diferentes tempos de abertura sobre a estabilidade aeróbia. **Material e Métodos:** Foram utilizados 120 silos experimentais compostos por baldes de polietileno de 40 cm de altura e 30 cm de diâmetro. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com medidas repetidas no tempo, onde os tratamentos foram: 1 – CON (sem adição de aditivos), 2 – INO (Aplicação de inoculante bacteriano: 4g / ton com mistura de 4×10^{10} cfu / g de *Lactobacillus plantarum* e $2,6 \times 10^{10}$ cfu / g de *Propionibacterium acidipropionici*), 3 – AcF (adição de produto à base de ácido fórmico: mistura de 2 ml / kg de ácido orgânico de 35-45% de ácido fórmico, 15-45% de ácido propiônico e 15-

¹ Faculdade de Ciências Agrárias de Marabá. Instituto de Estudos em Desenvolvimento Agrário e Regional. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. PEPETI- Canaã dos Carajás-PA.

*Autor correspondente: jeffersongandra@unifesspa.edu.br

20% de formato de sódio). 4 – AcP (adição de produto à base de ácido propiônico: mistura de 2 ml / kg de ácido propiônico 50-60%, ácido fórmico 15-20% e propionato de sódio 1-5%, 1- propionato de glicerol 5% e 15-25% glicerol). A cultivar de soja (*Glycine max* L.) utilizada foi GMX CANCHEIRO RR, colhida no estágio vegetativo R7 nas condições de cultivo do sul de Mato Grosso do Sul. Os silos experimentais foram abertos a cada 30 dias, compondo 6 tempos de abertura e 180 dias de armazenamento total. Após a abertura dos silos, amostras foram colocadas em baldes plásticos, pesadas e armazenadas em temperatura ambiente para avaliação da estabilidade aeróbia, onde foram mensurados diariamente a temperatura do ar (OC). As temperaturas das silagens no período após abertura foram obtidas a cada 8 horas durante cinco dias por meio de um termômetro inserido na massa de silagem contida nos baldes. A estabilidade aeróbia foi calculada como o tempo gasto, em horas, para a massa de silagem elevar em 1oC em relação à temperatura do ambiente. No período de estabilidade aeróbia as silagens foram amostradas diariamente para determinação do pH. Os dados foram submetidos a análise de variância utilizando o PROC MIXED (versão 9.3, SAS Institute, Cary, NC). **Resultados e Discussão:** Houve efeito de tratamento ($P < 0,001$), tempo ($P < 0,001$) e interação ($P < 0,04$) em todos os períodos avaliados ($P < 0,001$) para a temperatura. Para o pH houve efeito de tratamento ($P < 0,001$) com exceção aos 120 dias ($P > 0,05$), efeito de tempo ($P < 0,019$) em todos os períodos avaliados. Os tratamentos com aditivos reduziram a temperatura (ambiente – silo °C) no silo em todos os períodos ($P < 0,001$), e, com exceção aos 30 dias de armazenamento ($P = 0,811$), os aditivos diminuíram o pH da silagem ao longo da exposição aeróbia em relação ao controle ($P < 0,004$). As silagens com adição de ácidos orgânicos tiveram a menor elevação de temperatura e tiveram redução de pH nos períodos avaliados, em relação ao INO ($P < 0,007$). **Conclusões:** A adição de ácidos orgânicos influenciou positivamente a estabilidade aeróbia da silagem de soja de planta inteira. Recomenda-se o tempo mínimo de abertura de 90 dias para silagem de soja planta inteira.

DIAGNÓSTICO DA PRODUÇÃO E DA UTILIZAÇÃO DE SILAGENS NA REGIÃO DE SANTARÉM NO ESTADO DO PARÁ

Kely Prissila Saraiva Cordovil¹, Salatiel Ribeiro Dias², Marcia Mourão Ramos Azevedo³, Danielle do Nascimento Oliveira⁴

Palavras-chave: conservação de forragem, ensilagem, nutrição animal

Introdução: Em 2020, o agronegócio teve um bom desempenho na maioria das regiões do país. No estado do Pará, apesar dos avanços e das condições favoráveis para a produção pecuária, a estacionalidade de produção de forragem compromete o desenvolvimento do setor. Diante disso, a conservação de alimentos na forma de silagem é uma alternativa para minimizar as variações produtivas entre o período das chuvas e das secas. Assim, os objetivos do presente estudo foram a identificação das formas que impactam no manejo e utilização da silagem, principais barreiras para a produção de silagem e, mensuração do nível de tecnificação das propriedades que realizam ensilagem na região de Santarém-PA. **Material e métodos:** Foi realizada uma reunião com o diretor do Departamento de Pecuária do Sindicato Rural de Santarém (SIRSAN), com o intuito de obter informações sobre os produtores de silagem no município. Foram identificados cinco produtores que produziam e utilizavam silagens em sua propriedade e, após isso, os mesmos foram contatados e convidados a participar da pesquisa, mediante assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido. Foi aplicado um questionário contendo vinte e oito questões voltadas para a avaliação de características qualitativas. Assim, foram utilizados cinco questionários representando os cinco produtores. **Resultados e discussão:** De acordo com os resultados obtidos, as propriedades carac-

¹ Universidade Federal do Oeste do Pará, Travessa Rui Barbosa, 146 - Centro. Santarém, Pará, CEP 68.005-080, Brasil. E-mail: kely20125026@gmail.com

terizaram-se como tecnificadas, com utilização de técnicas de ensilagem compatíveis à obtenção de silagem de boa qualidade. As forrageiras mais utilizadas foram o milho e o capim BRS Capiáçu, sendo confeccionadas entre os meses de março a setembro. O tipo de colheitadeira mais utilizada foi o puxado a trator, sendo utilizada máquina autopropelida em uma única propriedade. Em todas as propriedades o tipo de serviço utilizado foi próprio, ou seja, as máquinas e os equipamentos para o corte e ensilagem pertenciam aos produtores. Dos 5 produtores que participaram da pesquisa, apenas um utilizava assistência técnica na confecção de silagem. A produção média de silagem das fazendas/propriedades eram em torno de 20 a 200 toneladas. Os silos utilizados foram o silo tipo trincheira, de superfície e em sacos. De acordo com os produtores, o tipo de lona/filme plástico que é usada para cobrir/vedar os silos é a lona dupla face de 200 micras, sendo utilizado como cobertura da lona, terra e pneus. Quando perguntado se utilizam aditivos, todos os produtores responderam que sim. O armazenamento da silagem em três propriedades era feito em sacos prensados, numa delas era armazenada em lona na superfície do solo e em uma não houve resposta. O tempo de armazenamento do material ensilado variou de 2 a 12 meses, contudo, três dos produtores responderam que se o silo estivesse bem vedado a silagem ficava armazenada por um tempo indeterminado. Em relação ao tempo de utilização da silagem, as respostas variaram de 2 a 12 meses. Nas cinco propriedades, a descarga da silagem era realizada de forma manual, sendo fornecida, principalmente, para animais de corte (Nelore) e de produção leiteira (Gir, Girolando e búfala da raça Murrah). A produção de silagem na região de Santarém é baixa, os poucos produtores que produzem, utilizam para consumo próprio, sendo que 4 dos 5 produtores responderam que vendem o excedente da silagem produzida. Em respostas as perguntas sobre as maiores lacunas da produção de silagem, os produtores citaram os valores altos para a produção, os custos elevados de insumos, a falta de espécies adequada ao processo de ensilagem, principalmente do milho e, a dificuldades na colheita e armazenamento. Já em relação a pergunta sobre quais as principais

barreiras enfrentadas ao produzir e usar silagem na região, obteve-se como respostas o custo elevado e o excesso de chuva na época da colheita. **Conclusões:** O milho e o capim BRS Capiacu são as culturas mais utilizadas na produção de silagem e, são utilizadas em rebanho de bovinos (corte e leite) e bubalinos. A produção de silagem no município de Santarém ainda está em desenvolvimento, apesar das propriedades apresentadas nesta pesquisa fazerem uso de técnicas e conhecimentos sobre a produção e a utilização de silagens, faz-se necessária a difusão das técnicas para outros produtores da região, visando o aumento e desenvolvimento do setor agropecuário.

USO DE FARELOS DE MILHO, ARROZ E TRIGO COMO SEQUESTRANTES DE UMIDADE EM SILAGEM DE RESÍDUOS AGROINDÚSTRIAIS DE ABACAXI

Karollayne Dib¹, Julian Marinho², Raquel Cunha³, Andrea Guimarães⁴

Palavras-chave: alimentação animal, resíduos, silagem, subproduto.

Introdução: O uso de aditivos em silagens tem sido cada vez mais estudados com o objetivo de reduzir perdas e / ou melhorar o valor nutricional das silagens, trazendo benefícios para o desempenho dos animais e da indústria. Com o grande desenvolvimento da produção animal, a alimentação tem sido alvo de grandes estudos, silagens de resíduos agroindústrias tem ganhado espaço. É grande as quantidades de restos de cultura e resíduos que são produzidos, porém com pouca utilização na alimentação animal. O subproduto do abacaxi (*Ananas comosus*), já tem sido visto como alternativa para a alimentação de animais e na consorciação com os aditivos que por sua vez funcionam como sequestradores de umidade, tem possibilitado o aumento da qualidade desse alimento. Portanto, o trabalho objetivou avaliar as características físico-química e bromatológica da silagem de resíduos agroindustriais do abacaxi, com o uso de aditivos sequestrantes de umidade, farelo de milho, arroz e trigo. **Material e métodos:** O ensaio foi conduzido no Laboratório de Bromatologia da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Foram feitos quatro tratamentos: resíduo de abacaxi (sem uso de aditivo) e resíduo de abacaxi com os aditivos com a adição de: 20% farelo de milho, 20% de farelo de arroz e 20% de farelo de trigo) sendo 5 repetições para cada tratamento. O delineamento utilizado foi

¹ Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém-PA, Brasil. E-mail: karoldib12@gmail.com.

² Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém-PA, Brasil.

³ Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém-PA, Brasil.

⁴ Instituto de Biodiversidade e Florestas, Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, Santarém-PA, Brasil.

inteiramente casualizado. Foram feitos 20 silos experimentais, vedados com fita adesiva e abertos com 30 dias após a ensilagem, em seguida foram determinados: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA). Para o ensaio da estabilidade aeróbia, foi feita uma amostra composta de cada tratamento com 2 kg de silagem não compactado acondicionadas em baldes de polipropileno com capacidade para 7 kg, onde ficaram por 6 dias em uma sala fechada com temperatura ambiente. Para as análises estatísticas, o pH e a temperatura foram submetidos a análise descritiva. As médias da composição química – bromatológica foram submetidas a análise de variância e de regressão. Foi utilizado o pacote estatístico SISVAR 5.6. **Resultados e discussão:** O teor de MS da silagem somente de resíduo de abacaxi apresentou 14,84%, sendo os maiores valores para o tratamento com adição de milho com 27,8% e 28,2% para o tratamento de farelo de arroz, ($P < 0,05$). Estes resultados mostram-se abaixo dos valores considerados ideais (30 a 35%) por McDonald et al. (1991) para obter uma silagem de boa qualidade, porém observou-se um aumento significativo do teor de MS, após o uso de farelos como sequestrantes de umidade. A PB apresentou teor de 8,15% para o tratamento apenas com resíduo de abacaxi e teve maiores valores no tratamento de adição de farelo de arroz e trigo, sendo 14,84% e 15,53% respectivamente ($P < 0,05$). Para FDN, os resultados mostraram 38,67% no tratamento somente com resíduo de abacaxi e uma diminuição ampla para o tratamento com a inclusão de farelo de milho apresentando um teor de 9,37%. Os valores de FDA foram maiores no tratamento com adição de farelo de trigo 16,62%, ($P < 0,05$). O NIDA aumentou linearmente, com maior valor no tratamento com inclusão de farelo de trigo com 0,0023% ($P < 0,05$). Em relação a estabilidade aeróbia, as médias de temperatura e pH mostraram uma quebra de estabilidade após 36 horas para a temperatura e 60 horas de exposição aeróbia para o pH. **Conclusões:** Os tratamentos com adição de aditivos sequestrantes de umidade proporcionaram silagens de boa qualidade, com boa estabilidade aeróbia, e um aumento considerável de MS e PB.

ISBN 6 500 3536 9-3



APOIO



REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO

