

## POTENCIALIDADES E DESAFIOS DA SILAGEM DE SORGO BOLIVIANO (AGRI002E) NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS LEITEIROS

Tiago Venturini\*; Maximiliane Alavarse Zambom\*\*; Marcela Abbado Neres\*\*\*; Rodrigo Cesar dos Reis Tinini\*\*\*\*; Jéssica Gabi Dessbessell\*\*\*\*\*; Andressa Radtke Baungratz\*\*\*\*\*

\*Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (UNIOESTE/UTFPR), venturini\_tiago@hotmail.com.

\*\*Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), mazambom@hotmail.com.

\*\*\*Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), mabaneres@gmail.com.

\*\*\*\*Coordenador do curso de Zootecnia da Faculdade Uniguauçu, digotinini@hotmail.com.

\*\*\*\*\* Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), jessicagabidess@gmail.com.

\*\*\*\*\* Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), zootecnistaandressa@gmail.com.

### INFORMAÇÕES

#### *Histórico de submissão:*

Recebido em: 15 fev. 2024.

Aceite: 29 abr. 2024.

Publicação online: maio 2024.

### RESUMO

A produção leiteira no Brasil é destaque mundial. No entanto, desafios como a redução do número de produtores e a sazonalidade na disponibilidade de forragem têm impactado o setor. A nutrição é crucial para a eficiência produtiva, entretanto, representa um dos maiores custos na atividade. Nesse contexto, a ensilagem surge como uma importante alternativa para conservar alimentos e manter seu valor nutritivo, especialmente com forrageiras como milho e sorgo. O sorgo, uma cultura adaptável a diversas condições climáticas e solos, tem se destacado como uma alternativa viável. Estudos demonstram que a substituição total da silagem de milho pela de sorgo não compromete a produção e a composição do leite. No entanto, a fermentação adequada é crucial para a qualidade da silagem, exigindo um ambiente anaeróbico e uma população adequada de bactérias ácido-láticas. A falta dessas condições pode resultar em perdas e fermentações indesejadas. Para mitigar esses riscos, a utilização de aditivos na ensilagem é uma prática comum. Eles visam aumentar a população de bactérias ácido-láticas, garantindo uma fermentação adequada e reduzindo populações indesejáveis de microrganismos. A inoculação com bactérias láticas tem demonstrado melhorias no desempenho animal e na qualidade da silagem. Além disso, aditivos químicos como a ureia podem controlar o pH da silagem e aumentar a recuperação de matéria seca. Variedades de sorgo estão sendo desenvolvidas para melhorar a digestibilidade da fibra e aumentar o consumo dos animais, sem comprometer a produção de leite. Em resumo, a silagem de sorgo apresenta potencial como uma alternativa alimentar eficiente, especialmente quando combinada com práticas adequadas de ensilagem e uso de aditivos.

**Palavras-chave:** aditivos; alimentos alternativos; ensilagem; fermentação, sorgo AGRI 002E.

### ABSTRACT

The dairy production in Brazil is a global highlight. However, challenges such as the reduction in the number of producers and the seasonality in forage availability have impacted the sector. Nutrition is crucial for productive efficiency; however, it represents one of the highest costs in the activity. In this context, ensilage emerges as an important alternative to preserve feed and maintain its nutritional value, especially with forages such as corn and sorghum. Sorghum, a crop adaptable to various climatic conditions and soils, has stood out as a viable alternative. Studies demonstrate that the complete substitution of corn silage by sorghum does not compromise milk production and composition. However, proper fermentation is crucial for silage quality, requiring an anaerobic environment and an adequate population of lactic acid bacteria. The lack of these conditions can result in losses and unwanted fermentations. To mitigate these risks, the use of additives in ensilage is a common practice. They aim to increase the population of lactic acid bacteria, ensuring proper fermentation and reducing undesirable populations of microorganisms. Inoculation with lactic acid bacteria has shown improvements in animal performance and silage quality. Additionally, chemical additives such as urea can control silage pH and increase dry matter recovery. Sorghum varieties are being developed to improve fiber digestibility and increase animal consumption without compromising milk production. In summary, sorghum silage presents potential as an efficient feed alternative, especially when combined with proper ensilage practices and the use of additives.

**Keywords:** additives; alternative feeds; ensiling; fermentation; sorghum AGRI 002E.

**Copyright** © 2024, Tiago Venturini; Maximiliane Alavarse Zambom; Marcela Abbado Neres, Rodrigo Cesar dos Reis Tinini, Jéssica Gabi Dessbessell, Andressa Radtke Baungratz. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Citação:** VENTURINI, Tiago; ZAMBOM, Maximiliane Alavarse; NERES, Marcela Abbado; TININI, Rodrigo Cesar dos Reis; DESSBESSELL, Jéssica Gabi; BAUNGRATZ, Andressa Radtke. Potencialidades e desafios da silagem de sorgo boliviano (AGRI002E) na alimentação de bovinos leiteiros. *Iguazu Science*, São Miguel do Iguauçu, v. 2, n. 3, p. 9-18, maio 2024.

## INTRODUÇÃO

A produção leiteira brasileira apresenta destaque no cenário mundial, estando entre os quatro maiores produtores. Entretanto, alguns fatores tem reduzido significativamente o número de produtores na atividade, por outro lado à melhoria da eficiência dos sistemas de produção tem contribuído para melhora dos índices produtivos. A nutrição desempenha papel crucial na eficiência produtiva, por outro lado, representa o maior custo da atividade leiteira. A disponibilidade de alimentos de qualidade é essencial, especialmente em propriedades mais tecnificadas (BUMBIERIS JUNIOR et al., 2009).

Embora o clima brasileiro favoreça o cultivo de pastagens durante todo o ano, a sazonalidade pode reduzir a disponibilidade de forragem, aumentando os custos de produção (ZOUGMORE et al., 2016). A ensilagem é uma importante alternativa para armazenar e conservar alimentos, mantendo seu valor nutritivo. Dentre as forrageiras que apresentam as melhores características para a ensilagem destacam-se o milho (*Zea mays* L.) e o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) (ZHANG et al., 2015). O milho é a forrageira de maior destaque na produção de silagem, em virtude de sua produção, características produtivas e valor nutritivo. Porém, a cultura do milho é um produto nobre com elevado custo de produção por sua utilização em larga escala na alimentação de monogástricos e alimentação humana, sendo necessários alimentos alternativos que possam ser substitutos ao milho.

O sorgo forrageiro se destaca por sua adaptação a diferentes condições climáticas e solos, além de ser uma cultura mecanizável. Estudos mostraram que a substituição total da silagem de milho pela silagem de sorgo não afetou a produção e composição do leite (CATTANI et al., 2017).

A fermentação láctica é crucial para a qualidade da silagem, exigindo um ambiente anaeróbico e uma população adequada de bactérias ácido-láticas. A falta dessas condições pode resultar em perdas no processo fermentativo, incluindo fermentações indesejadas como a butírica, devido à presença de leveduras (OLIVEIRA et al., 2010). Para mitigar esses riscos, o pré-tratamento com aditivos é uma alternativa que visa aumentar o número de bactérias ácido-láticas, garantindo uma fermentação adequada e redução de populações indesejáveis de microrganismos.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### ALIMENTOS ALTERNATIVOS PARA BOVINOCULTURA LEITEIRA

A utilização de alimentos alternativos na alimentação de bovinos está se tornando uma prática comum devido à volatilidade de preços dos alimentos tradicionais, como milho e soja, que são commodities agrícolas. Essa tendência é impulsionada principalmente por considerações econômicas, visando reduzir os custos de alimentação e melhorar a eficiência alimentar.

Um fator determinante na escolha de fontes alternativas é a disponibilidade regional, que oferece uma maior variedade de alimentos e flexibilidade para balancear a dieta dos animais, complementando ou substituindo os ingredientes convencionais. Isso permite ajustes adequados e maior eficiência na produção (BARLETTA et al., 2012).

Estudos têm investigado a utilização de fontes alternativas, como milho (grão e silagem) e soja (farelo), na alimentação de ruminantes, considerando aspectos nutricionais e digestíveis dos alimentos. O objetivo é determinar os melhores níveis de inclusão e/ou substituição na dieta para otimizar o desempenho produtivo, sem comprometer os parâmetros sanguíneos e ruminais, e melhorar a qualidade do produto final. Além disso, busca-se avaliar a viabilidade econômica dessas alternativas (OLIVEIRA et al., 2012).

### CULTURA DO SORGO

O sorgo é uma planta nativa do Noroeste Africano, modificada cientificamente por gerações, apresentando mais de 7.000 genótipos e nomenclaturas distintas, com diferentes aptidões. Os biotipos de sorgo são classificados pela sua taxionomia em (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), diferindo fenotipicamente de acordo com a origem e funcionalidade (KIMBER et al., 2013).

A cultura do sorgo é caracterizada como plantas de dias curtos com altas taxas de fotossíntese, espécies do grupo C4, necessitando de temperaturas superiores a 21°C para seu máximo desenvolvimento.

O sorgo é o quinto cereal de maior importância na alimentação humana e animal em grande parte do

território mundial, apresentando-se distribuído principalmente nas regiões semiáridas dos trópicos e subtropicais (PEERZADA et al., 2017).

Nos países africanos, sua maior utilização é na alimentação humana, por ser uma fonte importante de amido. No Brasil, seu uso principal é necessariamente na alimentação animal, tanto na forma de grãos, incluso na formulação de rações de ruminantes e monogástricos, quanto na utilização da planta inteira, sendo armazenado na forma de silagem ou realizado o pastejo pelos animais (BORGHI et al., 2013).

O sorgo forrageiro é uma cultura que se assemelha nutricionalmente e agronomicamente ao milho (PESCE et al., 2000), contudo, apresenta condições que favorecem sua utilização em áreas de baixa fertilidade e que são susceptíveis a déficits hídricos (BORBA et al., 2012).

O sorgo apresenta uma vasta quantidade de cultivares sendo dividido em quatro grupos principais: granífero, forrageiro, sacarino e vassoura. O sorgo granífero caracteriza-se por apresentar plantas de baixa estatura com presença de panícula e elevada produção de grãos. O sorgo forrageiro é caracterizado por plantas de porte alto, podendo atingir quatro metros, com presença ou ausência de panícula e baixa produção de grãos, utilizado principalmente na produção de silagem, fenação, pastejo e cobertura de solo. O terceiro grupo também se assemelha ao sorgo forrageiro, porém, pela característica de possuir elevados teores de carboidratos solúveis é comumente utilizado na produção de açúcar e álcool. O grupo denominado de vassoura tem finalidade artesanal, cujas panículas são apropriadas para confecção de vassouras, como o nome sugere (RIBAS, 2010).

Segundo Von Pinho et al. (2010), existe um intermediário entre os sorgos denominados de granífero e forrageiro, pois apresentam porte médio e elevada produção de grãos, possuindo alta qualidade no material produzido, sendo caracterizado como sorgo de duplo propósito ou sorgo forrageiro de alta qualidade.

A cultura do sorgo forrageiro apresenta características agrônomicas que o difere na sua classificação em sorgo de porte alto com elevada produção de matéria verde e baixa produção de grãos (<10%), apresentando ciclo fenológico longo; sorgo de porte médio ou duplo propósito com menor produção de massa, porém, produção intermediária de grãos (30%) em sua constituição; e sorgo granífero de baixo porte, com baixa produção de massa e elevada produção de grãos (60%) (CÂNDIDO et al., 2002).

O sorgo AGRI 002E é um novo híbrido de sorgo de genética boliviana (AGRICOMSEEDS) com finalidade de duplo propósito, servindo como cobertura de solo e alternativa alimentar animal na forma de silagem. Tem como principais características agrônomicas o porte elevado (3,5-4m), perfilhamento e

fotossensibilidade, requerendo dias de maiores horas-luz para o não florescimento, visto que é uma variedade com inexpressível produção de grãos (PAZIANI, et al., 2020).

O híbrido surge como uma alternativa alimentar interessante, devido às suas características agrônomicas e nutricionais apresentarem parâmetros necessários para um processo fermentativo de qualidade, que determinam adequado teor de MS, alta concentração de carboidratos solúveis e baixa capacidade tampão (FERNANDES et al., 2009). O ciclo fenológico apresenta variação de 100 a 120 dias.

## ENSILAGEM

Os volumosos são um componente essencial na dieta dos ruminantes, principalmente nos bovinos leiteiros, visto que representam a maior parte da matéria seca consumida e a principal fonte de fibra para a ruminação e manutenção das condições adequadas do trato gastrointestinal (COSTA et al., 2005).

A Região Sul do Brasil apresenta clima subtropical, característico por apresentar verões quentes e chuvosos sem estação seca definida e baixa frequência de geadas, contribuindo para que ocorra a estacionalidade das pastagens caracterizado por períodos de elevada disponibilidade e qualidade da forragem com períodos de comprometimento no crescimento forrageiro.

Uma alternativa difundida entre os produtores para atenuar os efeitos da escassez de alimento e tornar a produção sustentável é conservar o excedente de forragem produzido em períodos de abundância, para posterior utilização na alimentação dos animais em épocas de escassez. Outro fator que contribui para o crescimento da conservação de alimentos é a substituição dos sistemas leiteiros extensivos por sistemas intensivos, buscando maximizar a produção leiteira dos animais, visto que a exigência do animal aumenta e faz-se necessário o uso de alimentos de qualidade ao longo de todo o ano (RODRIGUES, 2006).

A prática da conservação consiste em manter a qualidade nutricional dos alimentos com o mínimo de perdas possíveis para posterior utilização (NEUMANN et al., 2010). As principais alternativas utilizadas para conservar os volumosos são a fenação, por meio de desidratação da planta, e o processo de ensilagem realizado por bactérias ácido-láticas (BAL) que fermentam o material sem a presença de oxigênio, reduzindo o seu pH para inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis, preservando o material por um longo período (GIMENES et al., 2005).

O processo de fermentação do material ensilado caracteriza-se propriamente em quatro fases. A primeira fase é a aeróbia, com duração curta de algumas horas, onde ocorre o consumo do oxigênio atmosférico presente devido à respiração celular da

ferragem ensilada. Paralelamente, ocorre a ação dos microrganismos aeróbios (fungos, leveduras e bactérias) e de enzimas da planta (proteases e carboidratases) que consomem os carboidratos solúveis resultando na produção de calor, água e dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>).

Após o fechamento, inicia-se a fase de fermentação realizada pelas bactérias ácido-láticas (BAL), microrganismos autóctones que necessitam de condições ideais de temperatura, pH (3,8-5,0) e fonte de substrato no material ensilado para poder colonizar e dar início à fermentação. Com a ausência de oxigênio no ambiente, os microrganismos convertem os açúcares presentes na ferragem (glicose, frutanos e frutose) em ácidos orgânicos (lático, acético, butírico e propiônico) ocasionando a queda do pH (SANTOS et al., 2010).

A fermentação normalmente varia entre 10 e 14 dias, sendo dependente do teor de carboidratos solúveis, capacidade tampão e teor de matéria seca do material ensilado. Passado esse período fermentativo, as BAL vão diminuir lentamente tornando-se inativas em razão da redução do pH e da fonte de substrato (ROTZ; MUCK, 1994).

A terceira fase é a estabilidade, que consiste em manutenção do pH ácido e da anaerobiose, impedindo a ação de microrganismos e fermentações indesejáveis na silagem até o momento de abertura.

Finalmente, a última fase é a de degradação aeróbica que ocorre pós-abertura do silo. O material é exposto ao oxigênio, contribuindo para o desenvolvimento e ação de leveduras e bactérias acéticas que degradam os ácidos orgânicos. Ocorre elevação do pH, aumento de temperatura e ação de microrganismos facultativos (fungos e enterobactérias) promovendo putrefação do material ensilado (SANTOS; ZANINE, 2006).

A qualidade da silagem é determinada pelo processo de conservação promovido pela microflora presente. Os microrganismos encontrados nesta são divididos de maneira geral em dois grupos: microrganismos desejáveis (bactérias lácticas) que produzem os ácidos orgânicos e os indesejáveis (*Clostridium* sp., enterobactérias, leveduras e fungos aeróbios) que ocasionam perdas de MS e comprometem a qualidade e o consumo de silagem pelos animais.

A população de BAL que compõe a microflora da silagem é geralmente pertencente aos gêneros *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* e *Streptococcus* (PAHLOW et al., 2003). Sua proliferação ocorre quando há disponibilidade de conteúdo celular (açúcares) e ambiente anaeróbico, reduzindo o pH, inibindo a ação de microrganismos que competem pelo substrato e iniciando os processos fermentativos que originam os ácidos orgânicos. Além dos carboidratos solúveis, as BAL necessitam de aminoácidos e vitaminas para que ocorra maior

desenvolvimento e consequente inibição de microrganismos indesejáveis (PAHLOW et al., 2003).

De forma geral, estas são caracterizadas em dois grupos conforme seus produtos a partir da fermentação da glicose, podendo ser homofermentativas, responsáveis pela produção de ácido lático, e heterofermentativas, que juntamente com o ácido lático produzem etanol, dióxido de carbono e ácido acético.

Existem determinados microrganismos considerados indesejáveis na silagem. Estes se desenvolvem quando o material ensilado apresenta baixo teor de matéria seca e de carboidratos solúveis, elevada capacidade de tamponamento, temperatura e pH elevados e reduzida população de BAL. Os clostrídios são os principais microrganismos responsáveis por uma silagem com má fermentação, apresentando pH elevado, produção de ácido butírico e amônia e influenciando no consumo dos animais (JOBIM et al., 1997).

As bactérias do gênero *Clostridium* são classificadas em sacarolíticas, quando realizam a fermentação de carboidratos solúveis resultando na produção de ácido butírico, dióxido de carbono (CO<sup>2</sup>) e hidrogênio; em proteolíticas quando degradam aminoácidos em amônia e aminas; e sácaro-proteolíticas que promovem fermentação e proteólise resultando na produção de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>) (SANTOS et al., 2013).

As enterobactérias são bacilos gram-negativos anaeróbios facultativos e se desenvolvem nos primeiros dias após o fechamento do silo quando o pH do material ensilado se encontra elevado. As enterobactérias fermentam os açúcares disponíveis diminuindo a disponibilidade de substrato para as BAL, reduzindo a produção de ácidos orgânicos e consequentemente a qualidade da silagem.

Outra consequência significativa da presença de enterobactérias é a degradação de proteínas, pois resulta em produção de aminas e ácidos graxos ramificados influenciando diretamente na palatabilidade, valor nutricional da silagem e reduzindo o consumo voluntário dos animais (SÁ NETO, 2012). Entretanto, a atividade dessas bactérias fica restrita a pH superior a 5,0, dessa forma uma rápida acidificação do meio contribui para inibição da ação das enterobactérias.

As leveduras têm elevada importância na qualidade da silagem em condições de aerobiose, pois seu desenvolvimento abrange uma ampla faixa de pH (3,5 a 6,5) (ARCHUNDIA; BOLSEN, 2001). Atuam na degradação de ácidos orgânicos (lático, acético, propiônico, cítrico, málico) e na fermentação dos açúcares remanescentes produzindo etanol, elevando o pH e propiciando condições para desenvolvimento de microrganismos indesejáveis.

Os fungos são estritamente aeróbios e desenvolvem-se principalmente em locais onde há

presença de oxigênio durante o armazenamento e na abertura do silo (EL-SHANAWANY et al., 2005), principalmente quando o ambiente propicia as condições necessárias para o seu desenvolvimento que são: calor, umidade, pH elevado, substrato, presença de O<sub>2</sub> e uma deterioração aeróbia elevada provocada por leveduras e bactérias aeróbias (ARCHUNDIA; BOLSEN, 2001).

A ação dos fungos na silagem acarreta reações de oxidação do material, consumindo substratos e gerando calor e CO<sub>2</sub> (BERNARDES et al., 2009). Tais processos aumentam as perdas de MS, reduzem o teor energético e a palatabilidade, principalmente pela degradação das proteínas e carboidratos (MUCK et al., 2013). Outro problema ocasionado pela presença de fungos no silo é a produção de micotoxinas, principalmente quando os mesmos estão em situação de estresse, liberando essa substância para sua defesa, acarretando problemas para os animais que irão consumir a silagem.

O processo fermentativo é condicionado por uma série de fatores que irão definir a qualidade do produto em relação ao material ensilado. A determinação do perfil fermentativo é uma forma de supor quais microrganismos atuaram no processo, qual tipo de fermentação ocorreu e quais os produtos oriundos. Entretanto, os processos são dependentes do tipo de material utilizado, forma de colheita e armazenamento, emprego de aditivos, velocidade do processo e da posterior retirada da silagem para fornecimento aos animais (KUNG JUNIOR; SHAVER, 2001).

As análises do perfil fermentativo, microbiológicas e as análises químicas padrões contribuem para explicar os baixos valores nutritivos da silagem e o baixo consumo dos animais, sendo que o conteúdo de carboidratos, proteínas e ácidos orgânicos influenciam diretamente o comportamento alimentar e a ingestão de matéria seca (OLIVEIRA et al., 2017).

## ADITIVOS PARA SILAGEM

A ensilagem propriamente dita é um processo utilizado para armazenar e preservar o alimento, com o mínimo de perdas do valor nutritivo da forragem. Quando as condições de elaboração, armazenagem e retirada do material não são adequadas, podem ocasionar perdas dos nutrientes ocasionados por fermentações indesejáveis e até riscos a sanidade dos animais (VIEIRA et al., 2004).

A cultura do milho e do sorgo, culturas comumente utilizadas para ensilagem, apresentam condições ideais para ensilagem (elevados teores de matéria seca, e de carboidratos solúveis em água e baixo poder tampão), entretanto, devido à demora ou falhas durante as fases do processo fermentativo, torna-se necessário a utilização de aditivos para reduzir as perdas e estimular a fermentação desejada, para

preservar a qualidade do alimento (PERAZZO et al., 2017).

Uma característica peculiar da cultura do sorgo é apresentar teores de carboidratos solúveis superiores às concentrações mínimas necessárias para uma boa fermentação (NEUMANN et al., 2010). Dessa maneira, esse excesso de carboidratos solúveis e de ácido láctico serve de substrato para o desenvolvimento e predominância de fungos filamentosos e leveduras, que em contato com o oxigênio deterioram o material ensilado (Reação de Maillard), ocasionando baixa estabilidade aeróbia e perdas de MS e nutrientes (JOBIM et al., 2007).

A utilização dos aditivos na silagem tem por finalidade preservar o alimento, reduzindo as perdas de nutrientes e conseqüente benefício ao desempenho animal. Os aditivos são caracterizados pelos seus efeitos na preservação da silagem, sendo estimulantes de fermentação desejada, inibidores de fermentações secundárias, inibidores da deterioração aeróbia, aditivos nutrientes e absorventes (KUNG JUNIOR et al., 2003).

Schmidt et al. (2014) propuseram três grupos de aditivos, geralmente utilizados no Brasil: aditivos químicos, microbianos e sequestrantes de umidade. Os aditivos microbianos podem ser caracterizados como bactérias lácticas homofermentativas ou heterofermentativas, podendo estar isoladas ou associadas (MUCK et al., 2018).

Ensaio com vacas em lactação demonstraram que a inoculação da silagem com bactérias lácticas homofermentativas e/ou heterofermentativas ocasionou elevação na produção de leite, no desempenho e na eficiência de produção (OLIVEIRA et al., 2017).

A melhora no desempenho animal ocasionado pela inoculação é uma incógnita, pois alguns estudos apontam que a inoculação da silagem não modifica o perfil fermentativo em relação ao material não inoculado, porém, apresenta melhorias na produtividade animal (KUNG JUNIOR; MUCK, 2015). Por outro lado, a inoculação influencia positivamente o perfil fermentativo da silagem, juntamente com melhora na produção animal (MUCK et al., 2013). Dessa forma, surgiram hipóteses de que a inoculação ocasiona inibição do crescimento de microrganismos prejudiciais que produzem toxinas e refletem negativamente na palatabilidade da silagem (ELLIS et al., 2016) e ocorre interação entre as bactérias ácido lácticas da silagem com os microrganismos ruminais otimizando a digestão dos nutrientes (WEINBERG et al., 2003).

Recomenda-se a utilização dos aditivos em forragens que apresentem características limitantes ao processo fermentativo da silagem (YITBAREK; TAMIR, 2014). O sorgo juntamente com o milho são as culturas consideradas padrão para o processo de

ensilagem, entretanto, algumas variedades de sorgo apresentaram alto teor de carboidratos solúveis.

A ureia é um aditivo indicado para controlar o pH da silagem, aumentar a recuperação de matéria seca e manter a estabilidade aeróbica, evitando a rápida diminuição do pH e inibindo o crescimento de microrganismos (fungos filamentosos e leveduras) responsáveis pelas fermentações indesejáveis (ARAKI et al., 2017). Além disso, pode ser considerada como um aditivo nutriente, pois contribui no aumento do valor nutritivo do material ensilado (VIEIRA et al., 2004).

## **SILAGEM DE SORGO NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS**

A bovinocultura de leite e de corte é condicionada à utilização de volumosos, visto que a fração fibrosa tem papel importante na manutenção da flora ruminal e no fornecimento de energia com baixo custo. O consumo voluntário do animal e os mecanismos de digestão estão diretamente relacionados às características físicas e químicas do alimento, sendo o desempenho do animal dependente da energia digestível oriunda do alimento que é consumida (REIS et al., 2012).

Nutricionalmente, possuir informações sobre a digestão ruminal das forragens é indispensável, visto que é o compartimento responsável pela digestão da porção fibrosa para fornecimento de nutrientes para a resposta microbiana e do animal (DETMANN et al., 2005).

A silagem é uma das alternativas mais difundidas como forma de armazenar o alimento volumoso para os ruminantes, pela minimização das perdas após a colheita, facilidade de manuseio e mistura com demais ingredientes da dieta dos animais (MAHANNA; CHASE, 2003).

A determinação da composição química e propriedades físicas da silagem é essencial para o balanceamento da dieta dos animais, visto que tais parâmetros como conteúdo de amido, proteína e fibra são determinantes nos produtos finais da fermentação, influenciando no consumo de matéria seca e no desempenho animal (OLIVEIRA et al., 2017).

Segundo Oba e Allen (2000) o conteúdo, a digestibilidade e o tamanho das partículas da fibra são responsáveis diretamente pela quantidade de alimento a ser ingerido pelo animal, bem como pela eficiência na produção leiteira. À medida que ocorre aumento do FDN da dieta, normalmente a resposta dos animais é aumentar o tempo de consumo e a seleção do alimento fornecido, entretanto, em dietas com maior digestibilidade do FDN ocorre redução no tempo de mastigação.

A silagem de sorgo é uma alternativa eficiente como fonte de volumoso, pela sua elevada resistência a déficits hídricos, principalmente em regiões que apresentam riscos à produção de silagem de milho

(PERAZZO et al., 2013), maior rendimento de biomassa que a cultura do milho, alto valor nutricional e baixo custo de produção (PEERZADA et al., 2017).

No entanto, a utilização da silagem de sorgo para vacas de alta produção é um desafio a ser superado, pois é característico da cultura do sorgo apresentar altas concentrações de FDN e lignina, que influenciam no consumo dos animais (CONTRERAS-GOVEA et al., 2010). Dessa maneira, estudos recentes tem pesquisado híbridos de sorgo que apresentem melhor digestibilidade da fibra beneficiando o consumo dos animais, principalmente animais de alta produção (BERNARD; TAO, 2015; KHOSRAVI et al., 2018; CATTANI et al., 2017).

Recentemente, diversos experimentos avaliando a substituição parcial ou total da silagem de milho pela silagem de sorgo para vacas de alta produção tem-se mostrado eficientes, não afetando a produção, nem a composição do leite (COLOMBINI et al., 2010; COLOMBINI et al., 2012; CATTANI et al., 2017).

Outro quesito presente nas variedades de sorgo é a presença de compostos fenólicos, a exemplo dos taninos, que podem ser associados a efeitos adversos (fatores antinutricionais), reduzindo o CMS, a produção de leite e a digestibilidade da proteína (OLIVEIRA et al., 2007). Dessa forma, o desenvolvimento de variedades com baixos teores de taninos, melhor digestibilidade e degradabilidade da fibra, são alternativas para otimizar a oferta de nutrientes para os animais (ZHANG et al., 2015; CAMPANILI et al., 2017).

## **CONCLUSÕES**

Um resumo das principais conclusões sobre o potencial do sorgo boliviano para silagem destaca suas vantagens nutricionais, adaptabilidade agrônômica e impacto econômico e ambiental. Estudos têm mostrado que o sorgo boliviano possui características nutricionais favoráveis, incluindo alto teor de carboidratos não fibrosos e energia metabolizável, tornando-o uma opção valiosa para a produção de silagem. Sua adaptabilidade agrônômica também é destacada, com boa resistência a condições adversas de crescimento, como seca e altas temperaturas.

Além disso, o sorgo boliviano demonstra potencial para impacto econômico positivo, pois pode reduzir os custos de produção de ração animal e aumentar a eficiência na utilização de recursos agrícolas. No aspecto ambiental, seu cultivo pode promover práticas mais sustentáveis, como a economia de água e a redução das emissões de gases de efeito estufa associadas à produção animal.

Para pesquisas futuras nesta área, sugere-se explorar ainda mais as características nutricionais do sorgo boliviano e seu impacto na saúde e desempenho animal. Além disso, estudos sobre práticas de manejo

agronômico específicas para maximizar a produtividade e a qualidade da silagem de sorgo boliviano podem fornecer insights valiosos para os produtores. Investigações sobre os aspectos econômicos e ambientais do cultivo de sorgo boliviano em diferentes regiões e sistemas de produção também são recomendadas para avaliar seu potencial em contextos variados.

## REFERÊNCIAS

- ARAKI, H.M.C.; OLIVEIRA, E.R.; GANDRA, J.R.; GOES, R.H.T.B.; TAKIYA, C.S.; JACAÚNA, A.G.; OLIVEIRA, K.M.P.; VASQUES, D.N.; BRANDÃO CONSOLO, N.R.; DEL VALLE, T.A.; DUAN ORBACH, N. Association of biological and chemical additives on nutrient composition, total losses, microbiological and fermentative profile of sugarcane silage. **Iranian Journal of Applied Animal Science**. v. 7, n. 4, p. 577-584, 2017.
- ARCHUNDIA, M.E.U.; BOLSEN, K.K. **Aerobic deterioration of silage: processes and prevention**. In: Proceedings of Alltech's 17th Annual Symposium. Thrumpton Nottingham. UK. 2001. p.127-144.
- BARLETTA, R.V.; RENNÓ, F.P.; GANDRA, J.R.; FREITAS JUNIOR, J.E.; VERDURICO, L.C.; MINGOTI, R.D.; VILELA, F.G. Blood parameters and performance of dairy cows fed with whole raw soybean. **Archivos de Zootecnia**. v. 61, n. 236, p. 483-492, 2012.
- BERNARD, J.K.; TAO, S. Short communication: Production response of lactating dairy cows to brachytic forage sorghum silage compared with corn silage from first or second harvest. **Journal of Dairy Science**. v. 98, n.12, p. 8994-9000, 2015.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; AMARAL, R.C. Chemical and microbiological changes and aerobic stability of marandu grass silages after silo opening. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 38, n. 1, p. 1-8, 2009.
- BORBA, L.F.P.; FERREIRA M.A.; GUIM, A.; TABOSA, J.N.; GOMES, L.H.S; SANTOS, V.L.F. Nutritive value of different silage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivars. **Acta Scientiarum**. v. 4, n. 2, p. 123-129, 2012.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C.A.C.; NASCENTE, A.S.; SOUSA, V.V.; MARTINS, P.O.; MATEUS, G.P.; COSTA, C. Sorghum grain yield, forage biomass production and revenue as affected by intercropping time. **European journal of agronomy**. v. 51, n. 1, p. 130-139, 2013.
- BUMBIERIS JUNIOR, V.H.; DIAS, F.J.; KAZAMA, R.; ZAMBOM, M.A.; ARRUDA, D.S.R.; ARTIBANO, V. Produção e qualidade do leite de vacas da raça Holandesa alimentadas com silagens de grama estrela (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst). **Acta Scientiarum, Animal Sciences**. v. 29, n. 1, p. 71-78, 2007.
- CAMPANILI, P.R.B.; SARTURI, J.O.; BALLOU, M.A.; TROJAN, S.J.; SUGG, J.D.; OVINGE, L.A.; ALRUMAIH, A.U.; PELLARIN, L.A.; HOFFMAN, A.A. Effects of silage type and inclusion level on ruminal characteristics and feeding behavior of steers fed finishing diets. **Journal of Animal Science**. v. 95, n. 10, p. 4623-4637, 2017.
- CÂNDIDO, M.J.D.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G. Características fermentativas e potencial biológico de silagens de híbridos de sorgo cultivados com doses crescentes de adubação. **Revista Ceres**. V. 49, n. 288, p. 151-167, 2002.
- CATTANI, M.; GUZZO, N.; MANTOVANI, R.; BAILONI, L. Effects of total replacement of corn silage with sorghum silage on milk yield, composition, and quality. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. v. 8, n. 1, p.1-15, 2017.
- COLOMBINI, S., GALASSI, G.; CROVETTO, G.M.; RAPETTI, L. Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silages in the dairy cow. **Journal of Dairy Science**. v. 95, n. 8, p. 4457-4467, 2012.
- COLOMBINI, S.; RAPETTI, L.; COLOMBO, D.; GALASSI, G.; CROVETTO, G.M. Brown midrib forage sorghum silage for the dairy cow: Nutritive value and comparison with corn silage in the diet. **Italian Journal of Animal Science**. v. 9, n. 3, p. 273-277, 2010.
- CONTRERAS-GOVEA, F.; MARSALIS, M.A.; LAURIAULT, L.M.; BEAN, B.W. Forage sorghum nutritive value: A review. **Forage Grazinglands**. v. 8, n. 1, p. 1-6, 2010.
- COSTA, M.G.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, VALADARES, R.F.D.; MENDONÇA, S.S.; SOUZA, D.P.; TEIXEIRA, M.P. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 34, n. 6, p. 2437-2445, 2005.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; P.R.; ZERVOUDAKIS, J.T.; CABRAL, L.S.; GONÇALVES, L.C.; VALADARES, R.F.D. Níveis de

- proteína em suplementos para terminação de bovinos em pastejo durante o período de transição seca/águas: digestibilidade aparente e parâmetros do metabolismo ruminal e dos compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 34, n. 4, p. 1380-1391, 2005.
- ELLIS, J.L.; HIND RICHSEN, I.K.; KLOP, G.; KINLEY, R.D.; MILORA, N. BANNINK, A.; DIJKSTRA, J. Effects of lactic acid bacteria silage inoculation on methane emission and productivity of Holstein Friesian dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. v. 99, n. 9, p. 7159-7174, 2016.
- EL-SHANAWANY, A.A.; MOSTAFA, M. E.; BARAKAT, A. 2005. Fungal populations and Mycotoxins in silage in Assuit and Sohag governorates in Egypt, with special reference to characteristic *Aspergilli* toxins. **Mycopathologia**. v. 159, c. 2, 2005, p. 281-289.
- FERNANDES, F.E.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G.; CARVALHO, G.G.P.; OLIVINDO, C.S. Forage sorghum silage with added urea in two storage periods. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 38, n. 11, p. 2111-2115, 2009.
- GIMENES, A.L.G.; MOREIRA, F.B.; MIZUBUTI, I.Y.; PEREIRA, E.S. Efeitos da utilização de inoculantes em silagens de forrageiras sobre os teores de proteína e fibra, digestibilidade dos nutrientes, pH, fermentação e estabilidade aeróbia. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 26, n. 4, p. 601-610, 2005..
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 36, n. supl., p.101-119, 2007..
- JOBIM, C.C.; REIS, R.A.; RODRIGUES, L.R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. Presença de microrganismos na silagem de grãos úmidos de milho ensilado com diferentes proporções de sabugo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 32, n. 2, p. 201-204, 1997.
- KHOSRAVI, M.; ROUZBEHAN, Y.; REZAEI, M.; REZAEI, J. Total replacement of corn silage with sorghum silage improves milk fatty acid profile and antioxidant capacity of Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v. 101, n. 12, p. 1-9, 2018.
- KIMBER, C.T.; DAHLBERG, J.A.; KRESOVICH, S. The gene pool of Sorghum bicolor and its improvement. **Genomics of the Saccharinae**. v. 1, n. 1, p. 23-41, 2013.
- KUNG JUNIOR, L.; TAYLOR, C.C.; LYNCH, M.P.; NEYLON, J.M. The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v. 86, n. 1, p. 336-43, 2003.
- KUNG JUNIOR, L.; SHAVER, R. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. **Focus on forage**. v. 3, n. 13, p. 1-5, 2001.
- KUNG JUNIOR, L.; MUCK, R.E. **Silage additives: Where are we going?** In: DANIEL, J.L.P.; MORAIS, G.; JUNGES, D.; NUSSIO, L.G. (Eds.). International Silage Conference, 2015. p.72-81.
- MAHANNA, W.; CHASE, L.E. Practical applications and solutions to silage problems. **Silage Science and Technology. Agronomy Monograph**. v. 42, n. 1, p. 855-895, 2003.
- MUCK, R.E.; NADEAU, E.M.G.; McALLISTER, T.A.; CONTRERAS-GOVEA, F.E.; SANTOS, M.C.; KUNG JUNIOR, L. 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.; WEINBERG, Z.G.; CONTRERAS-GOVEA, F.E. Silage extracts used to study the mode of action of silage inoculants in ruminants. **Agricultural and Food Science**. v. 22, n. 1, p. 108-114, 2013.
- NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M.R.; FARIA, M.V.; UENO, R.K.; REINERH, L.L.; DURMAN, T. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v. 3, n. 2, p. 187-195, 2010.
- OBA, M.; ALLEN, M.S. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. Feeding behavior and nutrient utilization. **Journal of Dairy Science**. v. 83, n. 6, p. 1333-1341, 2000.
- OLIVEIRA, A.S.; WEINBERG, Z.G.; OGUNADE, I.M.; CERVANTES, A.A.P.; ARRIOLA, K.G.; JIANG, Y.; KIM, D.; LI, X.; GONÇALVES, M.C.M.; VYAS, D.; ADESOGAN, A.T. 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, n. 6, p. 4587-4603, 2017.
- OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O.; ALMEIDA, V.V.; PEIXOTO, C.A.M.



- Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 39, n. 1, p. 61-67, 2010.
- OLIVEIRA, R.L.; LEÃO, A.G.; RIBEIRO, O.L.; BORJA, M.S.; PINHEIRO, A.A.; OLIVEIRA, R.L.; SANTANA, M.C.A. Subprodutos da indústria de biodiesel utilizados na alimentação de ruminantes. **Revista Colombiana de Ciências Pecuárias**. v. 25, n. 4, p. 625-638, 2012.
- OLIVEIRA, S.G., BERCHIELLI, T.T.; PEDREIRA, M.D.; PRIMAVESI, O.; FRIGHETTO, R.; LIMA, M.A. Effect of tannin levels in sorghum silage and concentrate supplementation on apparent digestibility and methane emission in beef cattle. **Animal Feed Science and Technology**. v. 135, n. 1, p. 236-248, 2007.
- PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F.; SPOELSTRA, S.F. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America. 2003. p.31-93.
- PAZIANI, S.F.; FREITAS, R.S.; DUARTE A.P.; TICELLI M.; SAWAZAKI, E.; NUSSIO, L.G.; MARTINS, A.L.M.; GALLO, P.B. Giants *Sorghums* for silage. **Brazilian Journal Development**. v. 6, n. 12, p.99936-99946, 2020.
- PEERZADA, A.M.; ALI, H.; HANIF, Z.; BAJWA, A.A.; KEBASO, L.; FRIMPONG, D.; IQBAL, N.; NAMUBIRU, H.; HASHIM, S.; RASOOL, G.; MANALIL, S. Eco-biology, impact, and management of *Sorghum halepense* (L.). **Biological Invasions**. v. 16, n. 1, p. 1-9, 2017.
- PERAZZO, A.F.; CARVALHO, G.G.P.; SANTOS, E.M.; BEZERRA, H.F.C., SILVA, T.C., PEREIRA, G.A.; RAMOS, R.C.S.; RODRIGUES, J.A.S. Agronomic evaluation of sorghum hybrids for silage production cultivated in semiarid conditions. **Frontiers in Plant Science**. v. 8, n. 1, p. 1088-1095, 2017.
- PERAZZO, A.F.; SANTOS, E.M.; PINHO, R.M.A.; CAMPOS, F.S.; RAMOS, J.P.F.; AQUINO, M.M.; SILVA, T.C. Características agrônomicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. **Ciência Rural**. v. 43, n. 10, p. 1771-1776, 2013.
- PESCE, D.M.C.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I. Análise de vinte genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), de portes médio e alto, pertencentes ao ensaio nacional. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 29, n. 4, p. 978-987, 2000.
- REIS, R.A.; RUGGIERI, A.C.; OLIVEIRA, A.A.; AZENHA, M.V.; CASAGRANDE, D.R. 2012. Suplementação como estratégia de produção de carne de qualidade em pastagens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v. 13, n. 3, p. 642-655, 2012.
- RIBAS, M.N. **Avaliação agronômica e nutricional de híbridos de sorgo com capim-sudão, normais e mutantes bmr - portadores de nervura marrom**. 2010. 140f. Tese (Doutorado em zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.
- RODRIGUES, J.A.S. 2006. **Produção e utilização de silagem de sorgo**. Embrapa Milho e Sorgo, 14p.
- ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. 1994. Changes in forage quality during harvest and storage. In: Fahey Jr., G.C. Forage quality, evaluation, and utilization. Madison. **American Society of Agronomy**. p.828-868.
- SÁ NETO, A. **Caracterização microbiológica, parâmetros fermentativos e estabilidade aeróbia em silagens de forragens tropicais com aditivos microbianos**. 2012. 114f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- SANTOS, A.O.; ÁVILA, C.L.S.; SCHWAN, R.F. Selection of tropical lactic acid bacteria for enhancing the quality of maize silage. **Journal of Dairy Science**. v. 96, n. 12, p. 7777-7789, 2013.
- SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M. Silagem de gramíneas tropicais. **Colloquium Agrariae**. v. 2, n. 3, p. 32-45, 2006.
- SANTOS, M.V.F.; GÓMEZ CASTRO, A.G.; PEREA, J.M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**. v. 59, n. 232, p. 25-43, 2010.
- SCHMIDT, P.; NUSSIO, L.G.; QUEIROZ, O.C.M.; SANTOS, M.C.; ZOPOLLATTO, M.; TOLEDO FILHO, S.G.; DANIEL, J.L.P. Effects of *Lactobacillus buchneri* on the nutritive value of sugarcane silage for finishing beef bulls. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 43, n. 1, p. 8-13, 2014.
- VIEIRA, F.A.P.; BORGES, I.; STEHLING, C.A.; GONÇALVES, V L.C.; COELHO, S.G.; FERREIRA,

- M.I.C.; RODRIGUES, J.A.S. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 56, n. 6, p. 764-772, 2004.
- VON PINHO, R.G.; VASCONCELOS, R.C.D.; BORGES, I.D.; REZENDE, A.V. 2010. Influência da altura de corte das plantas nas características agronômicas e valor nutritivo das silagens de milho e de diferentes tipos de sorgo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v. 5, n. 2, p. 266-279, 2010.
- WEINBERG, Z.G.; MUCK, R.E.; WEIMER, P.J. The survival of silage inoculant lactic acid bacteria in rumen fluid. **Journal of Applied Microbiology**. v. 94, n. 6, p. 1066-1071, 2003.
- YITBAREK, M.B.; TAMIR, B. Silage additives: review. **Open Journal of Applied Sciences**. v. 4, n. 5, p. 258-274, 2014.
- ZHANG, S.J.; CHAUDHRY, A.S.; OSMAN, A.; SHI, C.Q.; EDWARDS, G.R.; DEWHURST, R.J.; CHENG, L. Associative effects of ensiling mixtures of sweet sorghum and alfalfa on nutritive value, fermentation and methane characteristics. **Animal Feed Science and Technology**. v. 206, n. 1, p.29-38, 2015.
- ZOUGMORÉ, R.; PARTEY, S.; OUÉDRAOGO, M., OMITOYIN, B. THOMAS, T.; AYANTUNDE, A.; ERICKSEN, P., SAID, M.; JALLOH, A. 2016. Toward climate-smart agriculture in West Africa: a review of climate change impacts, adaptation strategies and policy developments for the livestock, fishery and crop production sectors. **Agriculture**