

EFEITOS DA INCLUSÃO DE MILHO MOÍDO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS, VALOR NUTRICIONAL E POPULAÇÃO MICROBIANA DA SILAGEM DE SOJA PLANTA INTEIRA

Jefferson Rodrigues Gandra¹, Khivia Vitória da Silda Andraide², Milca Welame da Silva Barros², Gabryella Lopes de Oliveira², Kallyl Cristian da Silva Nascimento², Wanderson da Silva Lopes², Matheus Maia Moura², Mylena Kaori Tutida³

¹ Doutor em Ciências pela Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, Brasil

²Bacharelado em Zootecnia pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA), Xinguara, Pará, Brasil.

³Mestranda em Produção Sustentável e Saúde Animal pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), Campus Umuarama, Paraná, Brasil.

E-mail: mylenatutida1@gmail.com.

Recebido em: 15/05/2026 – Aprovado em: 05/06/2026 – Publicado em: 30/06/2026

DOI: 10.18677/EnciBio_2026A13

RESUMO

No âmbito da produção animal, diversos desafios surgem e precisam ser superados, dentre eles a baixa disponibilidade de alimento volumoso durante os períodos de estiagem. Entre as estratégias utilizadas para conservação de forragens destinadas à alimentação de ruminantes, destaca-se a ensilagem. A cultura da soja apresenta elevado potencial para produção de silagem devido ao seu alto valor nutritivo; entretanto, características como baixo teor de matéria seca e reduzida concentração de carboidratos solúveis podem comprometer o processo fermentativo. Nesse contexto, a inclusão de milho moído pode representar uma alternativa eficiente para melhorar a qualidade da silagem. Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de milho moído na silagem de soja planta inteira sobre a composição bromatológica, perfil fermentativo, população microbiana e degradabilidade *in situ*. Foram utilizados 20 silos experimentais distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos: Controle, sem inclusão de milho moído; M5, inclusão de 5% de milho moído na matéria fresca da soja planta inteira; M10, inclusão de 10% de milho moído na matéria fresca da soja planta inteira; e M15, inclusão de 15% de milho moído na matéria fresca da soja planta inteira. A inclusão de milho moído na silagem de soja planta inteira influenciou positivamente as perdas fermentativas, o valor nutricional e a população microbiana. Dessa forma, recomenda-se a inclusão de 6,64% de milho moído na matéria fresca da planta inteira de soja no momento da ensilagem.

PALAVRAS-CHAVE: Forragem; Glycine max; ensilagem; suplementação volumosa; Zea mays.

EFFECTS OF INCLUDING GROUND CORN ON THE FERMENTATIVE CHARACTERISTICS, NUTRITIONAL VALUE AND MICROBIAL POPULATION OF WHOLE-PLANT SOYBEAN SILAGE

ABSTRACT

In the context of animal production, several challenges arise and need to be overcome, including the low availability of forage during periods of drought. Among the strategies used for forage conservation intended for ruminant feeding, ensiling stands out. Soybean cultivation has a high potential for silage production due to its high nutritional value; however, characteristics such as low dry matter content and reduced concentration of soluble carbohydrates can compromise the fermentation process. In this context, the inclusion of ground corn can represent an efficient alternative to improve silage quality. The objective was to evaluate the effects of including ground corn in whole-plant soybean silage on the bromatological composition, fermentation profile, microbial population, and *in situ* degradability. Twenty experimental silos were used, distributed in a randomized design, with four treatments: Control, without the inclusion of ground corn; M5, inclusion of 5% ground corn in the fresh matter of the whole soybean plant; M10, inclusion of 10% ground corn in the fresh matter of the whole soybean plant; In the M15 study, the inclusion of 15% ground corn in the fresh matter of the whole soybean plant was recommended. The inclusion of ground corn in whole-plant soybean silage positively influenced fermentative losses, nutritional value, and microbial population. Therefore, the inclusion of 6.64% ground corn in the fresh matter of the whole soybean plant at the time of ensiling is recommended.

KEYWORDS: Forage; Glycine max; bulky supplementation; Zea mays.

INTRODUÇÃO

A silagem consiste em uma forma de conservação de forragens obtida por meio da fermentação anaeróbia. Essa técnica permite preservar os nutrientes da planta com mínimas perdas, uma vez que carboidratos solúveis são convertidos em ácidos orgânicos pela ação de microrganismos, criando condições adequadas para a conservação do material (GOBETTI *et al.*, 2011).

A ensilagem encontra-se amplamente consolidada entre os produtores rurais brasileiros, sendo o milho, o sorgo e a cana-de-açúcar as principais culturas utilizadas. O milho destaca-se pela elevada qualidade nutricional, facilidade de fermentação, alta aceitabilidade pelos animais e elevado rendimento de matéria seca por área cultivada. O uso de silagens de leguminosas ainda é pouco difundido no Brasil; contudo, essas forrageiras apresentam elevado valor nutritivo, podendo contribuir para o aumento da qualidade dos volumosos utilizados na alimentação de ruminantes (ROSA, 2014). Dentre essas, destaca-se a soja (Glycine max), que apresenta elevado teor proteico e alta digestibilidade (GOBETTI *et al.*, 2011).

A soja possui baixos teores de matéria seca e carboidratos solúveis, fatores que podem comprometer o processo fermentativo, tornando necessária a utilização de aditivos capazes de melhorar a qualidade da fermentação. Dessa forma, pesquisas relacionadas à produção de silagem de soja são importantes para o desenvolvimento de estratégias que permitam aumentar a eficiência de conservação e valor nutricional (ROSA, 2014).

Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de milho moído na silagem de soja planta inteira sobre a composição bromatológica, perfil fermentativo, população microbiana e degradabilidade *in situ*, visando determinar o nível ideal de inclusão desse aditivo e o momento adequado de utilização da silagem.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma propriedade privada localizada no município de Canaã dos Carajás, Pará, Brasil. A cultivar de soja utilizada foi a GMX Cancheiro RR (*Glycine max* L.), colhida no estádio reprodutivo R7, sob as condições edafoclimáticas da região de Carajás, Pará.

Delineamento experimental

Foram utilizados 20 silos experimentais distribuídos aleatoriamente em delineamento inteiramente casualizado. Os tratamentos experimentais foram constituídos por diferentes níveis de inclusão de milho moído na matéria fresca da soja planta inteira, sendo:

1. Controle: sem inclusão de milho moído;
2. M5: inclusão de 5% de milho moído na matéria fresca da soja planta inteira;
3. M10: inclusão de 10% de milho moído na matéria fresca da soja planta inteira;
4. M15: inclusão de 15% de milho moído na matéria fresca da soja planta inteira.

Perdas fermentativas

Após 30 dias de fermentação, os silos foram novamente pesados para determinação das perdas por gases e, posteriormente, abertos para coleta das amostras. Após a retirada da silagem, o conjunto composto por silo, areia, tela e tecido de náilon foi pesado para quantificação da produção de efluentes.

A perda por gases foi calculada pela seguinte equação:

$$Pg = (PSi - PSf) / MSi \times 100$$

em que:

Pg = perda por gases (% da matéria seca);

PSi = peso do silo no momento da ensilagem (kg);

PSf = peso do silo no momento da abertura (kg);

MSi = matéria seca ensilada (kg).

A produção de efluentes foi determinada pela equação:

$$Pe = (PSaf - PSai) / MNi \times 1000$$

em que:

Pe = produção de efluente (kg/t de matéria verde ensilada);

PSaf = peso do conjunto silo, areia, tela e náilon após a abertura (kg);

PSai = peso do conjunto silo, areia, tela e náilon antes da ensilagem (kg);

MNi = quantidade de matéria verde ensilada (kg).

Recuperação da matéria seca

A recuperação da matéria seca foi calculada utilizando a seguinte equação:

$$RMS = (MSf / MSi) \times 100$$

em que:

RMS = recuperação da matéria seca (%);

MSf = quantidade de matéria seca ao final do período de fermentação;

MSi = quantidade de matéria seca no momento da ensilagem.

A variação dos teores de matéria seca foi determinada pela diferença entre os valores observados no momento da ensilagem e após a abertura dos silos.

Perfil fermentativo

Antes da ensilagem, a soja foi amostrada em triplicata para cada tratamento. Cada amostra foi dividida em duas subamostras. Uma foi utilizada para determinação da capacidade tampão, conforme metodologia descrita por Playne e McDonald (1966),

e para mensuração do pH. A segunda subamostra foi pesada e submetida à secagem em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas.

Composição bromatológica

As amostras coletadas antes da ensilagem e após a abertura dos silos foram secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C durante 72 horas. Posteriormente, foram pesadas, moídas em moinho de facas até obtenção de partículas inferiores a 1 mm e armazenadas em recipientes plásticos para determinação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e nutrientes digestíveis totais (NDT), utilizando espectroscopia no infravermelho próximo (NIRS).

Estabilidade aeróbia

Após a abertura dos silos, amostras das silagens foram acondicionadas em baldes plásticos previamente pesados e mantidas em temperatura ambiente para avaliação da estabilidade aeróbia.

As temperaturas das silagens foram monitoradas a cada 12 horas durante cinco dias consecutivos por meio de termômetro inserido no centro da massa ensilada. Simultaneamente, registraram-se a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar.

A estabilidade aeróbia foi definida como o período necessário para que a temperatura da silagem excedesse em 1 °C a temperatura ambiente, conforme metodologia proposta por Driehuis *et al.*, (2001).

Após cinco dias de exposição aeróbia, os recipientes foram novamente pesados para determinação da recuperação da matéria seca. Durante todo o período experimental também foram realizadas avaliações diárias do pH das silagens.

Microbiologia

Antes da ensilagem, amostras do material foram enviadas para análises microbiológicas visando à quantificação de fungos, leveduras e contagem bacteriana total.

Após 30 dias de fermentação, os silos foram abertos e as amostras coletadas em diferentes pontos da massa ensilada. Foram utilizados 10g de amostra para homogeneização em 90 mL de solução salina esterilizada, realizando-se diluições seriadas de 10^{-1} a 10^{-6} .

As quantificações microbiológicas foram realizadas em triplicata para cada diluição, utilizando placas microbiológicas prontas do tipo Compact Dry®.

Análises estatísticas

Os dados obtidos foram analisados utilizando o programa SAS® (Statistical Analysis System), versão 9.1.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA).

Inicialmente, verificaram-se a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias por meio do procedimento PROC UNIVARIATE. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o PROC MIXED, conforme o seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

em que:

Y_{ij} = variável dependente;

μ = média geral;

T_i = efeito do tratamento;

ϵ_{ij} = erro experimental.

Os graus de liberdade foram ajustados pelo método Kenward-Roger (DDFM = KR). Foram avaliados os efeitos linear e quadrático dos níveis de inclusão de milho moído, adotando-se nível de significância de 5% ($P < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em relação às perdas fermentativas, foi observado efeito linear ($P = 0,003$) para a produção de efluentes (kg/t de matéria natural), indicando que a inclusão crescente de milho moído promoveu redução das perdas líquidas durante o processo de ensilagem. De acordo com a equação de regressão obtida, para cada incremento de 1% de milho moído houve redução de 2,279 kg/t nas perdas por efluentes (Tabela 1).

TABELA 1. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de acordo com os tratamentos experimentais

Item	Inclusão de milho moído (%) ¹				EPM ²	Valor de P ³	
	0	5	10	15		Linear	Quad
<i>Perdas</i>							
Gases (MN)	2,19	2,42	2,68	2,31	0,101	0,515	0,151
Gases (%MS)	3,18	3,97	4,75	4,45	0,195	0,003	0,091
Efluente (kg/ton)	51,82	52,21	38,49	18,41	4,361	0,001	0,138
Efluente (%MS)	7,49	8,51	6,86	3,42	0,655	0,010	0,050
Totais (%MS)	10,67	12,48	11,61	7,87	0,664	0,092	0,029
Recuperação (%MS)	89,32	87,51	88,38	92,12	0,664	0,092	0,029
<i>Estabilidade aeróbia</i>							
Tempo (horas)	81,60	86,40	76,80	81,60	2,965	0,735	0,549
Temperatura max (°C)	26,76	27,23	28,67	28,32	1,325	0,238	0,565
pH	5,42	5,24	5,26	5,10	0,043	0,014	0,898

¹Inclusão de milho moído em porcentagem da matéria fresca na planta inteira de soja. ²EPM (erro padrão da média). ³Probabilidade de efeito linear e quadrático.

A redução das perdas por efluentes pode ser atribuída ao aumento dos teores de matéria seca da massa ensilada. A silagem de soja caracteriza-se por apresentar elevada umidade, alta capacidade tampão e reduzida concentração de carboidratos solúveis, fatores que favorecem perdas fermentativas e dificultam a rápida estabilização do material. Segundo Li *et al.* (2024), silagens de soja produzidas com maiores teores de matéria seca apresentam melhor padrão fermentativo e menor produção de efluentes, devido à redução da atividade de água disponível para o crescimento de microrganismos indesejáveis.

Para as perdas por gases (%MS), perdas totais (%MS) e recuperação da matéria seca, observou-se efeito quadrático ($P \leq 0,029$). Os pontos ótimos estimados foram de 11,68%, 4,49% e 5,83% de inclusão de milho moído para perdas por gases, perdas por efluentes e perdas totais, respectivamente. Esses resultados demonstram que níveis moderados de inclusão favorecem a fermentação, enquanto inclusões excessivas podem não proporcionar benefícios adicionais.

A melhoria da recuperação da matéria seca observada neste estudo está associada ao favorecimento da fermentação láctica. Muck *et al.* (2021) destacam que a disponibilidade adequada de carboidratos fermentáveis estimula o desenvolvimento de bactérias ácido-láticas, responsáveis pela rápida acidificação da massa ensilada e pela redução das perdas de nutrientes decorrentes da respiração vegetal e da atividade de microrganismos deterioradores.

Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) para estabilidade aeróbia e temperatura máxima das silagens. Entretanto, houve redução linear dos valores de pH ($P = 0,014$) com o aumento dos níveis de milho moído. Para cada incremento de 1% de milho moído na matéria fresca observou-se redução de 0,0188 unidades de pH.

A queda do pH representa um dos principais indicadores de eficiência fermentativa. A adição de milho moído aumentou a disponibilidade de substratos energéticos para as bactérias ácido-láticas, favorecendo a produção de ácido láctico e acelerando a acidificação do meio. Xu *et al.* (2024), avaliando silagens contendo soja e fontes adicionais de carboidratos, verificaram comportamento semelhante, observando maior produção de ácido láctico e menores valores de pH quando houve incremento na disponibilidade de carboidratos fermentáveis.

A inclusão crescente de milho moído aumentou linearmente ($P \leq 0,005$) os teores de matéria seca, proteína bruta e nutrientes digestíveis totais (Tabela 2). Por outro lado, os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) apresentaram redução linear ($P < 0,0001$).

TABELA 2. Valor nutricional e contagem microbiana de acordo com os tratamentos experimentais

Item	Inclusão de milho moído (%) ¹				EPM ²	Valor de P ³	
	0	5	10	15		Linear	Quad
<i>% matéria seca</i>							
Matéria seca	27,41	31,05	33,47	36,88	0,880	<,0001	0,894
Proteína bruta	15,70	15,93	17,70	17,07	0,264	0,005	0,299
FDN	47,74	39,87	34,68	32,63	1,581	<,0001	0,132
FDA	35,22	31,53	28,76	24,31	1,106	<,0001	0,780
NDT	60,34	64,64	66,44	69,35	0,880	<,0001	0,502
<i>Contagem microbiana (Log₁₀)</i>							
Bactérias ácido-láticas	4,46	4,38	4,69	3,79	0,075	<,0001	<,0001
Fungos e leveduras	5,05	5,02	5,07	5,03	0,004	<,0001	<,0001

¹Inclusão de milho moído em porcentagem da matéria fresca na planta inteira de soja. ²EPM (erro padrão da média). ³Probabilidade de efeito linear e quadrático.

Os teores de matéria seca aumentaram de 27,41% no tratamento controle para 36,88% no tratamento com 15% de milho moído. Esse resultado demonstra a eficiência do milho como aditivo absorvente de umidade, contribuindo para a obtenção de condições mais adequadas ao processo fermentativo. Segundo Zhang *et al.* (2024), o aumento da matéria seca em silagens de soja está diretamente relacionado à melhoria do perfil fermentativo e à preservação dos nutrientes durante o armazenamento.

O incremento observado nos teores de proteína bruta pode ser explicado pela menor intensidade das perdas fermentativas e pela maior preservação dos compostos nitrogenados ao longo da fermentação. Estudos conduzidos por Jin *et al.* (2024), demonstraram que silagens de soja submetidas a fermentações mais eficientes apresentam menores perdas proteicas e menores concentrações de nitrogênio amoniacal, refletindo em maiores teores de proteína bruta na massa conservada.

O aumento dos nutrientes digestíveis totais e a redução dos teores de FDN e FDA estão relacionados à composição química do milho moído. Como o milho apresenta elevada concentração de amido e menor proporção de componentes fibrosos quando comparado à planta inteira de soja, sua inclusão promove efeito de diluição das frações fibrosas da silagem. Além disso, a melhor preservação dos carboidratos durante o processo fermentativo contribui para elevar o valor energético do material ensilado.

Resultados semelhantes foram reportados por Li *et al.* (2024), que observaram aumento da digestibilidade e redução das frações fibrosas em silagens de soja submetidas a estratégias que favoreceram a fermentação láctica. Em relação à população microbiana, observou-se efeito quadrático ($P < 0,0001$) para contagem de bactérias ácido-láticas, fungos e leveduras. O ponto ótimo estimado para a inclusão de milho moído foi de 5,43%.

A maior disponibilidade de carboidratos fermentáveis proporcionada pelo milho favorece inicialmente o crescimento das bactérias ácido-láticas, que rapidamente dominam o ambiente fermentativo. Como consequência, ocorre redução do pH e limitação do crescimento de fungos, leveduras e outros microrganismos deterioradores. Jin *et al.* (2024), verificaram que silagens de soja com melhor perfil fermentativo apresentaram predominância de bactérias ácido-láticas dos gêneros *Lactobacillus* e *Lentilactobacillus*, acompanhada por redução significativa da população de fungos e leveduras.

Além da redução da população fúngica, a maior atividade das bactérias ácido-láticas contribui para a preservação dos nutrientes e para a estabilidade microbiológica da silagem durante o armazenamento. Segundo Muck *et al.* (2021), a rápida acidificação da massa ensilada constitui o principal mecanismo de controle microbiológico em silagens de alta qualidade, reduzindo perdas de matéria seca e preservando compostos energéticos e proteicos.

De forma geral, os resultados demonstram que a inclusão de milho moído melhora significativamente a qualidade fermentativa da silagem de soja planta inteira, reduzindo perdas, favorecendo a preservação dos nutrientes e promovendo um ambiente microbiológico mais estável. Os benefícios observados refletem diretamente na qualidade nutricional da silagem e reforçam a utilização do milho moído como estratégia eficiente para otimizar a conservação da soja destinada à alimentação de ruminantes.

CONCLUSÕES

A inclusão de milho moído na silagem de soja planta inteira melhora as características fermentativas e o valor nutricional do material ensilado. A adição do aditivo promove aumento dos teores de matéria seca, proteína bruta e nutrientes digestíveis totais, além de reduzir as perdas fermentativas e as frações fibrosas da silagem.

A inclusão de milho moído também favorece o desenvolvimento de uma microbiota fermentativa mais eficiente, contribuindo para a redução do pH e para a preservação dos nutrientes durante o armazenamento.

Com base nas equações de regressão obtidas e considerando conjuntamente as perdas fermentativas, composição bromatológica e população microbiana, recomenda-se a inclusão de aproximadamente 6,64% de milho moído na matéria fresca da planta inteira de soja no momento da ensilagem.

REFERÊNCIAS

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; VAN WIKSELAAR, P. G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, v. 56, n. 4, p. 330-343, 2001.

GOBETTI, S. T. C.; NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; UENO, R. K.; LEÃO, G. F. M.; ASHBEL, F. Produção e utilização da silagem de planta inteira de soja (*Glycine max*) para ruminantes. **Ambiência**, v. 7, n. 3, p. 603-616, 2011.

JIN, Y.; ZHANG, X.; LIU, H.; WANG, Y.; CHEN, M. Fermentation quality, microbial community and nutrient preservation of whole-plant soybean silage. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, 2024.

LI, Y.; ZHAO, J.; WANG, X.; ZHANG, H.; LIU, Q. Effects of growth stage on nutritional value and fermentation quality of whole-plant soybean silage. **Plants**, v. 13, n. 5, p. 739, 2024.

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. 104, n. 7, p. 7223-7249, 2021.

PLAYNE, M. J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 17, n. 6, p. 264-268, 1966.

ROSA, L. O. Silagem de leguminosas à base de amendoim forrageiro e soja: características fermentativas e desempenho de bovinos de corte mestiços. 2014. **Tese (Doutorado em Zootecnia)** – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2014.

XU, Z.; WANG, Y.; CHEN, J.; LI, H.; ZHANG, Q. Effects of fermentable carbohydrate supplementation on fermentation characteristics and microbial community of soybean silage. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, 2024.

ZHANG, H.; LI, Y.; WANG, X.; ZHAO, J.; CHEN, M. Fermentation dynamics and quality characteristics of whole-plant soybean silage during storage. **Fermentation**, v. 10, n. 10, p. 535, 2024.