

Características fermentativas da silagem de grão de milho reidratado

Rebeca Dias Gurgel^{1*}, Lara Moreira Feitosa de Alencar Santos¹, Ana Ledite Neves Sampaio da Luz², Silvia Maria Ferreira Soares Barros², Jorge Luiz Ibiapino Leite², Niraldo Muniz de Sousa³

¹Graduanda em Medicina Veterinária pelo Centro Universitário Dr. Leão Sampaio, Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil.

²Médico Veterinário, Egresso do Centro Universitário Dr. Leão Sampaio, Juazeiro do Norte, Ceará, Brasil.

³Professor do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia, Departamento de Zootecnia, Colorado do Oeste, Rondônia, Brasil.

*Autor para correspondência: e-mail: rebecadiasgurgel66@gmail.com

Resumo. A reidratação de grãos para o processo de fermentação surge como uma alternativa viável para reduzir perdas e melhorar o aproveitamento nutricional. Este trabalho teve como objetivo avaliar as características fermentativas da silagem de grãos de milho reidratados com polpa de palma forrageira como fonte de umidade. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições, avaliando-se cinco tempos de abertura dos silos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SAS. Os valores de pH, recuperação de matéria seca (RMS) e temperatura do silo não apresentaram diferença significativa. Em contrapartida, as variáveis massa do silo, massa ensilada, temperatura ambiente, teor de matéria seca (MS), densidade e perdas por efluentes (PE) apresentaram diferenças significativas. Apesar disso, as condições fermentativas observadas não foram consideradas ideais, indicando que a silagem produzida é inadequada para uso na alimentação animal.

Palavras-chave: conservação, ensilagem, forragem, hidrolisado, produção.

Fermentative characteristics of rehydrated millet grain silage

Abstract. The rehydration of grains for the fermentation process emerges as a viable alternative in reducing losses and improving nutritional utilization. This study aimed to evaluate the fermentative characteristics of pearl millet grain silage rehydrated with forage cactus pulp as a moisture source. The experiment was conducted in a completely randomized design with three replications, evaluating five silo opening times. The data obtained were subjected to analysis of variance, and means were compared using the Tukey test at a 5% probability level employing the SAS statistical software. The values of pH, dry matter recovery (DMR), and silo temperature showed no significant differences. Conversely, the variables silo mass, ensiled mass, ambient temperature, dry matter content (DM), density, and effluent losses (EL) showed significant differences. Nevertheless, the observed fermentative conditions were not considered ideal, indicating that the silage produced is unsuitable for use in animal feeding.

Keywords: conservation, ensiling, forage, hydrolysate, production.

Características fermentativas del ensilado de grano de mijo rehidratado

Resumen. La rehidratación de granos para el proceso de fermentación surge como una alternativa viable para reducir pérdidas y mejorar el aprovechamiento nutricional. Este

trabajo tuvo como objetivo evaluar las características fermentativas del ensilado de granos de mijo perla rehidratados con pulpa de nopal forrajero como fuente de humedad. El experimento se realizó en un diseño completamente al azar, con tres repeticiones, evaluándose cinco tiempos de apertura de los silos. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza, y las medias se compararon mediante la prueba de Tukey al 5% de probabilidad, utilizando el programa estadístico SAS. Los valores de pH, recuperación de materia seca (RMS) y temperatura del silo no presentaron diferencias significativas. En cambio, las variables masa del silo, masa ensilada, temperatura ambiental, contenido de materia seca (MS), densidad y pérdidas por efluentes (PE) mostraron diferencias significativas. A pesar de ello, las condiciones fermentativas observadas no se consideraron ideales, lo que indica que el ensilado producido es inadecuado para su uso en la alimentación animal.

Palabras clave: Conservación, ensilado, forraje, hidrolizado, producción.

Introdução

A ensilagem é uma técnica de conservação de alimentos que ocorre por meio do processo de fermentação, sendo um dos manejos mais difundidos por garantir o aporte nutricional aos animais durante períodos de estiagem, além de intensificar o sistema pecuário ([Fabris et al., 2022](#); [Macêdo et al., 2019](#); [Rafael et al., 2018](#)).

Uma das culturas promissoras para o semiárido é o milheto (*Pennisetum glaucum*), uma gramínea de alta produtividade e tolerante ao déficit hídrico, com valores nutricionais relevantes para a alimentação animal na região ([Frota et al., 2015](#); [Simão et al., 2015](#)). Além disso, apresenta bons resultados quanto à digestibilidade, teor de proteína bruta e amido ([Satyavathi et al., 2021](#)).

Para melhorar a qualidade nutricional e alcançar o teor de umidade ideal durante o processo de ensilagem, a reidratação dos grãos é uma prática eficaz, pois promove a redução das perdas de matéria seca ([Benini et al., 2020](#); [Faustino et al., 2018](#); [Silva et al., 2016](#); [Skonieski et al., 2009](#)). Dessa forma, a umidificação dos grãos com a umidade proveniente da palma forrageira torna-se uma opção viável, visto que essa cultura é bem adaptada às regiões semiáridas ([Igarasi et al., 2008](#); [Lins et al., 2018](#); [Pinto, 2009](#)).

Este trabalho teve como objetivo avaliar as características fermentativas da silagem de grãos de milheto reidratados com a umidade proveniente da palma forrageira.

Material e métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Barra, no município de Aparecida, Paraíba, em delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e cinco tempos de abertura dos silos (30, 45, 60, 75 e 90 dias de fermentação).

Os silos experimentais foram confeccionados em tubos de PVC com 10 cm de diâmetro e 40 cm de altura (volume aproximado de 3,1 L), contendo milheto reidratado com polpa de palma forrageira como fonte de umidade. Para a produção da silagem, o grão de milheto foi triturado em forrageira com peneira de dois mm, e a palma foi processada em partículas inferiores a quatro cm, utilizando uma trituradora de mandioca.

Foram coletadas amostras para determinação do teor de matéria seca (MS) do milheto e da palma forrageira. Para isso, separaram-se amostras de 100 gramas de cada material, colocadas em recipientes de vidro com peso conhecido e secas em forno micro-ondas, pesadas a cada 30 segundos até não haver mais variação de peso conforme metodologia adaptada de [Silva & Queiroz \(2002\)](#). A proporção entre milheto e palma foi determinada pelo método do quadrado de [Pearson \(1981\)](#), visando atingir 40% de umidade na massa ensilada.

Os silos foram abertos aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias de fermentação. Avaliaram-se os seguintes parâmetros fermentativos: densidade, teor de matéria seca (MS), pH, recuperação de matéria seca (RMS) e perdas por efluentes (PE), calculados conforme as equações descritas por [Zanine et al. \(2010\)](#).

Equações utilizadas

- Perdas por efluentes (PE):

$$E = \frac{[(PVf - Ts) - (PVi - Ts)]}{MFi} \times 100$$

- Recuperação de matéria seca (RMS):

$$RMS = \frac{(Mfa \times MSa)}{(MFf \times MSf)} \times 100$$

Onde:

- E = perdas por efluentes (kg/tonelada de silagem)
- PVi = peso do silo vazio + peso da areia no fechamento (kg)
- PVf = peso do silo vazio + peso da areia na abertura (kg)
- Ts = tara do silo (kg)
- MFi = massa de forragem no fechamento (kg)
- RMS = taxa de recuperação de matéria seca (dag/kg)
- Mfa = massa de forragem na abertura (kg)
- MSa = teor de MS na abertura (dag/kg)
- MFf = massa de forragem no fechamento (kg)
- MSf = teor de MS no fechamento (%)

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico [SAS \(2001\)](#).

Resultados e discussão

Os dados apresentados na [tabela 1](#) não indicaram efeitos significativos ($P > 0,05$) para os diferentes tempos de abertura quanto ao pH e à temperatura do silo. Os valores de pH variaram de 4,5 a 5,5 ao longo do período de ensilagem, não atingindo os níveis ideais de conservação, que, segundo [McDonald et al. \(1991\)](#), variam entre 3,8 e 4,2.

Tabela 1. Valor médio, coeficiente de variação (CV) para os parâmetros de massa ensilada, massa do silo, temperatura do silo, temperatura ambiente, efluente, pH e matéria seca em diferentes tempos de abertura do silo de grãos de milho reidratado

Parâmetros	Tempo de abertura, Dias					CV %
	30	45	60	75	90	
Massa ensilada, kg	2,04 ab	2,13 a	2,22 a	2,08 a	1,95 b	3,7
Massa do silo, kg	1,858 ab	1,840 ab	2,089 a	1,984 a	1,826 b	3,73
Temperatura silo, °C	27	27	28	27	29	3,2
Temperatura ambiente, °C	30 a	26 b	25 b	27a	28 a	7,07
Eluente, g	139 ab	166 a	133 ab	96 b	131 ab	18,78
pH	4,5	5	4,5	5,5	5,5	10
Matéria seca, %	48 a	48 a	39 b	42 a	48 a	9,4

pH: potencial de hidrogênio; kg: Quilograma; °C: Graus centígrados; g: Gramas.

O estudo de [Camboim \(2024\)](#), que avaliou silagens de grãos de milho reidratados com água e diferentes níveis de soro de leite, encontrou média de pH de 5,51 para o tratamento reidratado apenas com água, valores semelhantes aos encontrados no presente estudo. Ao adicionar soro de leite, os valores de pH apresentaram melhora, variando entre 4,21 e 4,79, devido à melhora fermentativa proporcionada pelo fornecimento de bactérias ácido-láticas, que aumentaram a produção de ácidos orgânicos e consequentemente acidificaram o meio.

Apesar da temperatura ambiente ter apresentado diferenças significativas entre os tratamentos, a temperatura da silagem permaneceu estável. Isso pode ser atribuído à capacidade hidrofílica da mucilagem da palma forrageira, que atua como estabilizante, retardando a perda de água ([Allegra et al., 2017](#)). Como o pH não atingiu níveis ideais para a conservação da silagem, este fator pode ter interferido

na temperatura do silo, visto que o aumento da temperatura é consequência da atividade metabólica das bactérias, a qual normalmente provoca uma diminuição do pH ([Kung Junior et al., 2018](#); [Silva et al., 2015](#); [Tomich et al., 2003](#)).

Para silagens reidratadas de milho os valores ideais de umidade podem variar entre 25 e 40%, proporcionando assim, boa fermentação ([Rezende et al., 2014](#)). entretanto a diferença significativa ($P < 0,05$) encontrada nos valores de matéria seca (MS) e da massa do silo nos dias de abertura demonstraram perdas acentuadas e baixa recuperação de matéria seca (RMS), assim, valores mais altos de RMS resultam na diminuição de perdas na MS, como também há redução de fermentações indesejadas, caracterizando uma silagem de melhor qualidade ([Pacheco et al., 2014](#)). Concordando com as características descritas pelo autor, as médias de RMS encontradas, mesmo não apresentando significância, foram abaixo dos valores aceitos que variam entre 80 e 99%, desencadeando uma má fermentação da ensilagem ([Gurgel et al., 2019](#); [Oliveira et al., 2010](#); [Pinto, 2009](#)).

Tabela 2. Valor médio e coeficiente de variação para densidade, recuperação de matéria seca, perda por efluente em diferentes tempos de abertura do silo de grãos de milho reidratado

Parâmetros	Tempo de abertura, Dias					CV %
	30	45	60	75	90	
Densidade kg/m ³	744,3 a	776,7 a	808,73 a	757,05 a	712,28 b	4,7
Recuperação de matéria seca, %	72,60	68,98	61,06	66,74	74,61	7,70
Perda por efluente Kg/ton MV	6,7 a	7,7 a	5,98 ab	4,6 b	6,69 a	18,1

MV: matéria verde.

O efluente produzido no processo de ensilagem é composto por açúcares, ácidos orgânicos e proteínas, a sua presença é indesejável, visto que, há interferência negativa na fermentação cooperando para o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium*, além de promover perdas nutricionais durante o processo de conservação ([Ramos et al., 2021](#)). Dessa forma, uma maior perda por efluentes resulta em silagens de menor qualidade. Os valores ideais devem estar abaixo de 3,55 kg/t na matéria verde (MV) ([Andrade et al., 2010](#); [Baliero Neto et al., 2005](#)). Neste estudo foram encontrados valores entre 4,6 e 7,7 kg/t MV o que acarretou prejuízos significativos quanto à qualidade do material ensilado.

Os valores de densidade apresentaram efeitos significativos ($P < 0,05$), para silagens de grão milho reidratado utiliza-se o valor médio de 800 kg/m³, no presente experimente os valores variaram entre 712,28 e 808,73 kg/m³ sendo considerados ideais ([Camboim, 2024](#)). Há diversos valores que afetam a densidade do silo, dentre eles estão a compactação, tamanho de partícula e quantidade de material ensilado, no presente trabalho observou-se significância para os valores de massa ensilada ($P < 0,05$), o que contribuiu para os resultados encontrados em densidade.

Conclusão

Nas condições que foi realizado o experimento os parâmetros fermentativos da silagem de grão de milho reidratado com palma forrageira não foram ideais, impossibilitando o seu uso para a alimentação animal.

Referências

- Allegra, A., Sortino, G., Inglese, P., Settanni, L., Todaro, A., & Gallotta, A. (2017). The effectiveness of *Opuntia ficus-indica* mucilage edible coating on post-harvest maintenance of ‘Dottato’ fig (*Ficus carica* L.) fruit. *Food Packaging and Shelf Life*, 12. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.04.010>.
- Andrade, I. V. O., Pires, A. J. V., Carvalho, G. G. P., Veloso, C. M., & Bonomo, P. (2010). Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-elefante contendo subprodutos agrícolas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 2578–2588.
- Baliero Neto, G., Siqueira, G. R., & Nogueira, J. R. (2005). Perdas na ensilagem da cana-de-açúcar cv. IAC86/2480 (*Saccharum officinarum* L.) com doses de óxido de cálcio. In *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia* (Vol. 42).
- Benini, M. de C., Carvalho, W. T. V., Pereira, R. V. G., Tavares, Q. G., Minighin, D. C., Nunes, R. F. J., Souza, L. P. F., Ribeiro, C. H. M., & Silva, L. V. (2020). Avaliação química da silagem de grão

- de milho reidratado em diferentes níveis de adição de água. *PUBVET*, 14(7), 1–6. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v14n7a612.1-6>.
- Camboim, L. F. R. (2024). *Avaliação da silagem de grão de milho moído reidratado com água e níveis de soro de leite*. Tese, Universidade Federal da Paraíba.
- Fabris, R. J., Olias, C., Sauer, A. V., Busnello, F. J., Luz, G. L., & Lajús, C. R. (2022). Qualidade e produtividade de diferentes híbridos de sorgo destinados à ensilagem: Revisão. *PUBVET*, 16(3), 1–5. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n03a1064.1-5>.
- Faustino, T. F., Dias, N. C., Leite, R. F., Silva, F. F. G., Florentino, L. A., & Rezende, A. V. (2018). Utilização da silagem de grão de sorgo reidratado na alimentação animal. *Nucleus Animalium*, 10(2), 47–60.
- Frota, B. C. B., Pires, D. A. A., Aguilar, P. B., Rodrigues, J. A. A. S., Rocha Júnior, V. R., & Reis, S. T. (2015). Características nutricionais de genótipos de milho no período da safra. *Scientia Agraria Paranaensis*, 14(2), 106–111. <https://doi.org/10.18188/1983-1471/sap.v14n2p106-111>.
- Gurgel, A. L. C., Camargo, F. C., Dias, A. M., Santana, J. C. S., Costa, C. M., Costa, A. B. G., Silva, M. G. P., Machado, W. K. R., & Fernandes, P. B. (2019). Produção, qualidade e utilização de silagens de capins tropicais na dieta de ruminantes. *PUBVET*, 13(11), 1–9. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n11a441.1-9>.
- Igarasi, M. S., Arrigoni, M. B., Hadlich, J. C., Silveira, A. C., Martins, C. L., & Oliveira, H. N. (2008). Características de carcaça e parâmetros de qualidade de carne de bovinos jovens alimentados com grãos úmidos de milho ou sorgo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(3), 520–528.
- Kung Junior, L., Shaver, R. D., Grant, R. J., & Schmidt, R. J. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 4020–4033. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13909>.
- Lins, C. I. M., Veras, F. F., Martins, D. B. G., & Lima Filho, J. L. (2018). Utilização de leveduras para a produção de biomassa em extrato de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*). *Scientia Plena*, 14(5). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2018.056201>.
- Macêdo, A. J. S., César Neto, J. M., Silva, M. A., & Santos, E. M. (2019). Potencialidades e limitações de plantas forrageiras para ensilagem: Revisão. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 13(2).
- McDonald, P., Henderson, N., & Heron, S. (1991). The biochemistry of silage. *Chalcombe Publications*.
- Oliveira, J. S., Almeida, E. J. D., Lanes, É. C. M., Lopes, F. C. F., & Carmo, S. G. (2010). Valor nutricional da planta, padrões de fermentação e qualidade da silagem de triticale em seis idades de corte. *Ciência e Agrotecnologia*, 34(3), 765–772. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000300033>.
- Pacheco, W. F., Carneiro, M. S. S., Pinto, A. P., Edvan, R. L., Arruda, P. C. L., & Carmo, A. B. R. (2014). Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) com níveis crescentes de feno de gliricídia (*Gliricidia sepium*). *Acta Veterinaria Brasilica*, 8(3).
- Pearson, D. (1981). *The chemical analysis of foods*. 8th ed. London: Churchill Livingstone. 575 p.
- Pinto, R. S. (2009). *Qualidade da silagem de grãos úmidos de diferentes espécies*. Universidade Federal de Goiás.
- Rafael, B., Borges, S., Machado, A., Lins, J. D. A., Negrão, F. M. D. M., Moura, A., Borges, B. R. S., Negrão, F. M. D. M., Zanine, A. M., Machado, A., Caldeira, F. H. B., & Lins, T. O. J. D. (2018). Potencial da ensilagem de capim-braquiária com inclusão de farelo de arroz: Revisão. *PUBVET*, 12(2), 1–9.
- Ramos, B. L. P., Pires, A. J. V., Cruz, N. T., Santos, A. P. S., Nascimento, L. M. G., Santos, H. P., & Amorim, J. M. S. (2021). Perdas no processo de ensilagem: Uma breve revisão. *Research, Society and Development*, 10(5). <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14660>.
- Rezende, A. V., Rabelo, C. H. S., Veiga, R. M., Andrade, L. P., Härter, C. J., Rabelo, F. H. S., Basso, F. C., Nogueira, D. A., & Reis, R. A. (2014). Rehydration of corn grain with acid whey improves the silage quality. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 213–221. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.009>.

- SAS Institute Inc. SAS 9.1 (2001). *Software Package*. Cary, NC: SAS Institute Inc..
- Satyavathi, C. T., Ambawat, S., Khandelwal, V., & Srivastava, R. K. (2021). Pearl millet: A climate-resilient nutricereal for mitigating hidden hunger and provide nutritional security. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.659938>.
- Silva, C. M., Amaral, P. N. C. do, Baggio, R. A., Tubin, J. S. B., Conte, R. A., Pivo, J. C. D., Krah, G., Zampar, A., & Paiano, D. (2016). Estabilidade de silagens de grãos úmidos de milho e milho reidratado. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 17(3), 341–343.
- Silva, D. J. & Queiroz, A. C. (2002). *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 235 p.
- Silva, G., Silva, F., Schio, A., Meneses, M., Balisa, D., Souza, D., Soares, M., Silva, L., Viana, P., & Caires, R. (2015). Fatores anti-qualitativos em silagens. *PUBVET*, 9(12), 502–510. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v9n12.502-510>.
- Simão, E. D. P., Gontijo Neto, M. M., Santos, E. A., & Wendling, I. J. (2015). Produção de biomassa e composição bromatológica de duas cultivares de milho semeado em diferentes épocas. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 14(2), 196–206. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n2p196-206>.
- Skonieski, F. R., Nornberg, J. L., Azevedo, E. B., David, D. B., Kessler, J. D., & Menegaz, A. L. (2009). Produção, caracterização nutricional e fermentativa de silagens de sorgo forrageiro e sorgo duplo propósito. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 32(1), 27–32.
- Tomich, T. R., Pereira, L. G. R., Gonçalves, L. C., Pinto, T. R. G., & Orges, I. (2003). Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma proposta para qualificação da fermentação. *Embrapa Pantanal-Documentos*, 57, 20.
- Zanine, A. M., Santos, E. M., Dórea, J. R. R., Dantas, P. A. S., Silva, T. C., & Pereira, O. G. (2010). Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava scrapings. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(12), 2611–2616.

Histórico do artigo:**Recebido:** 25 de junho de 2025**Aprovado:** 8 de setembro de 2025**Licenciamento:** Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.