

Efeito de diferentes níveis de inclusão de gérmen de milho integral na composição química da silagem de grão de milho reidratado

Bromatologia, coprodutos, digestibilidade.

Igor Freire de Paiva^{1*}
Rafael Monteiro Araújo Teixeira²
Paulo Sérgio Dornelas Silva³
Letícia Fernanda de Oliveira⁴
Vinícius Maia da Hora⁵

¹Mestre em Nutrição e Produção Animal. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais, Campus Rio Pomba – MG. *E-mail: nutrivaco@hotmail.com.

²Doutor em Nutrição e Produção de Ruminantes, Professor do IF Sudeste MG – Campus Rio Pomba.

³Doutorando, Universidade Federal de Viçosa, UFV. Viçosa-MG.

⁴Doutora Purdue University, Purdue Mall, West Lafayette, Estados Unidos.

⁵Estudante de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, UFV. Viçosa-MG.

RESUMO

Objetivou-se avaliar o melhor nível de inclusão de diferentes níveis de gérmen de milho integral (GMI) na ensilagem de grão de milho reidratado, sobre os parâmetros de composição bromatológica, perda de efluente e gases, pH e produção de ácidos orgânicos e etanol. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e cinco repetições (controle – milho moído integral; e cinco níveis de inclusão de gérmen de milho integral: 5; 10; 15; 20 e 25%). Houve aumento dos teores de matéria mineral, extrato etéreo, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido ($P < 0,05$). Ocorreu redução linear nos valores de pH de acordo com o aumento da inclusão do GMI ($P < 0,05$). Os diferentes níveis de inclusão não promoveram variações lineares e quadráticas na produção de etanol e dos ácidos láctico, acético e propiônico ($P > 0,05$). A silagem de grão de milho reidratado pode receber até 25% de inclusão de gérmen de milho integral, porém é preciso avaliar o seu uso em animais de produção e sua viabilidade econômica.

Palavras-chave: bromatologia, coprodutos, digestibilidade.



Nutri·Time

Revista Eletrônica

Vol. 22, Nº 03, maio/jun de 2025

ISSN: 1983-9006

www.nutritime.com.br

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>. Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

EFFECT OF DIFFERENT INCLUSION LEVELS OF WHOLE CORN GERM ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF REHYDRATED CORN GRAIN SILAGE

ABSTRACT

The objective was to evaluate the best level of inclusion of different levels of whole corn germ (GMI) in rehydrated corn grain silage, regarding the parameters of bromatological composition, loss of effluent and gases, pH and production of organic acids and ethanol. A completely randomized design was used, with six treatments and five replications (control – whole ground corn; and five inclusion levels of whole corn germ: 5; 10; 15; 20 and 25%). There was an increase in the levels of mineral matter, ether extract, neutral detergent fiber and acid detergent fiber ($P < 0.05$). There was a linear reduction in pH values according to the increase in GMI inclusion ($P < 0.05$). The different levels of inclusion did not promote linear and quadratic variations in the production of ethanol and lactic, acetic and propionic acids ($P > 0.05$). Rehydrated corn grain silage can contain up to 25% inclusion of whole corn germ, but its use in production animals and its economic viability must be evaluated.

Keyword: bromatology; coproducts; digestibility.

INTRODUÇÃO

O grão de milho é de grande importância na nutrição de ruminantes, sendo o principal alimento energético usado nas dietas de animais de produção (FABINO NETO et al., 2020). Este grão é composto por quatro partes, sendo: pericarpo, endosperma, gérmen ou embrião, e ponta (KOMATSU, 2018). O endosperma duro é uma característica predominante entre a maioria dos grãos de milho brasileiro (CRUZ JC, 2014). Esta característica confere aos grãos de milho uma matriz proteica (prolamina) que envolvem os grânulos de amido, dificultando o ataque bacteriano, por isso apresentam maior disponibilidade quando processados (FAUSTINO et al., 2018). Os processamentos, tanto físico (moagem dos grãos), quanto a ensilagem (fermentação) são estratégias disponíveis para melhorar a digestibilidade e o desempenho dos ruminantes (OWENS et al., 1986). Uma dessas estratégias é a silagem de grão reidratado, técnica que na última década vem aumentando o seu uso no Brasil (GOMES et al., 2020). Esta técnica permite que os produtores comprem grandes volumes de grãos quando os mesmos apresentam preços mais atrativos, e os armazenem de forma segura e econômica (ÁVILA et al., 2018). Outra vantagem deste processo é o incremento de produção, devido ao aumento no aproveitamento do amido pela ação das bactérias e ácidos orgânicos (HOFFMAN et al., 2011) e aumento da digestibilidade (FERRARETTO et al., 2018), influenciando na redução de perdas e potencializando o desempenho animal, além de poder ser produzida durante todo o ano (SILVA et al., 2021).

Visando a redução dos custos de produção, uma possível alternativa praticada pelos técnicos e produtores é a utilização de coprodutos. Um destes coprodutos, provenientes do processamento do grão de milho para extração do amido de milho, é o gérmen de milho integral, resíduo da indústria alimentícia humana que pode ser destinado na alimentação animal. Contudo, a composição química do gérmen de milho é de aproximadamente 11% de proteína bruta, 3,51% de matéria mineral, 22,91% de extrato etéreo, sendo assim, uma opção de fonte energética na nutrição de ruminantes (VALADARES FILHO et al., 2018).

A obtenção depende de processos de moagem e extração do amido do milho, podendo ser por processos a seco (PAES et al., 2006) ou úmido (GONÇALVES et al., 2003). Além disso, a concentração de lipídeos deste coproduto pode variar consideravelmente de acordo com o processo de moagem, sendo que a moagem úmida apresenta em torno de 50% e na moagem a seco apresenta aproximadamente 13% (PAES et al., 2006). A concentração de óleo presente neste coproduto influencia o seu tempo de armazenamento e o tipo de embalagem, sendo necessário o uso de embalagens plásticas bem vedadas para reduzir a oxidação lipídica. Porém, existem poucos estudos relacionados a ensilagem desse coproduto. Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da ensilagem de grão de milho reidratado com a adição de gérmen de milho em diferentes níveis de inclusão.

Material e métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais – Campus Rio Pomba, também no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa – Campus Viçosa, MG. O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa (CEUAP-UFV), conforme protocolo número 11/2021.

Os materiais analisados foram o gérmen de milho integral (GMI) e o grão de milho moído. O coproduto foi oriundo da fábrica Casa Pinto Coelho Representações LTDA, localizada na cidade de Coronel Fabriciano – MG. O grão de milho moído na peneira de 3 mm foi adquirido na Fábrica de Rações Cristina, localizada na cidade de Rio Pomba – MG.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, composto por um tratamento controle (milho moído reidratado) e cinco níveis de inclusão de gérmen de milho integral (0, 5, 10, 15, 20 e 25%) inclusos no milho moído reidratado, com cinco repetições em cada tratamento, totalizando 30 silos experimentais.

Antes de iniciar a ensilagem, coletou-se uma amostra de 0,500 Kg de cada material a ser analisado. Após esse processo, foi realizado as

análises bromatológicas (Tabela 1) através do método AOAC (2012). Estas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do IF Sudeste MG – Campus Rio Pomba.

TABELA 1 - Composição bromatológica do milho moído e do gérmen de milho integral

Parâmetros	Milho Moído	Gérmen de Milho Integral
Matéria Seca (%)	90,89	92,32
Proteína Bruta (%)	8,69	12,12
Matéria Mineral (%)	1,22	3,55
Extrato Etéreo (%)	3,15	14,06
FDN (%)	8,69	17,83
FDA (%)	3,64	6,16

Fonte: Elaborada pelos autores.

Após determinados os teores de Matéria Seca do milho moído e GMI, respectivamente, utilizou-se o quadrado de Pearson para determinar a proporção de inclusão do GMI nos tratamentos, com base na MS, padronizando-se o teor de umidade em 35%. Os materiais reidratados foram armazenados em silo experimental. Ao fundo de cada silo, foi adicionado um saquinho filtro de TNT (tecido não tecido), contendo 0,5 kg de areia seca em estufa, tendo como objetivo a estimativa de perda dos efluentes. Todos os silos possuíam formato cilíndrico e após a determinação do volume foram pesados. Para estimar a densidade, relacionou-se o peso do material ensilado com a área ocupada pelo mesmo no silo, padronizando-se 800 kg/m³.

Inicialmente, para começar a ensilagem, foi necessário mensurar a quantidade de água a ser adicionada em cada tratamento afim de ajustar a umidade. Em seguida, pesou-se a caixa plástica, e tarou-se a balança. Imediatamente, o material a ser ensilado foi colocado até completar o peso necessário para completar cinco silos experimentais, referentes às repetições de cada nível de inclusão por tratamento. Após a adição de água, realizou-se a mistura homogênea com auxílio de uma espátula. Por conseguinte, foi feito o enchimento dos silos de acordo com seu respectivo tratamento com base no

nível de inclusão e, logo após, foi feita a compactação do silo seguido do fechamento com a tampa contendo a válvula de “Bunsen” e vedação das junções com fita adesiva. E por fim, após a vedação, todos os silos foram pesados e armazenados em temperatura ambiente, até completar 120 dias de ensilagem ⁽¹⁶⁾.

Decorrido o período de 120 dias, foi feita a pesagem e abertura dos silos. Para determinação das perdas por gases (PG), foi realizado a subtração do peso dos silos cheio logo após a ensilagem e momentos antes da abertura, usando a equação proposta por Jobim (2007):

$$PG = [(PCen-Pen) MSen] - (PCab-Pen) MSab \\ (PCen -Pen) MSen \times 100$$

Em que *PG* é perdas por gases (% da MS); *PCen* é o peso do silo cheio na ensilagem (kg); *Pen* é o peso do conjunto (tubo, tampa, areia, saquinho filtro) na ensilagem (kg); *MSen* é o teor de MS do material na ensilagem (%); *PCab* é o peso do silo cheio na abertura (kg); *MSab* é o teor de MS do material na abertura (%).

Após a abertura dos silos, foi retirado amostras de 0,009 kg para mensuração do pH, de acordo com a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002). Logo após, em uma outra fração de amostras, foi realizado a avaliação de ácidos orgânicos e etanol, por cromatografia gasosa (MOTA et al., 2011).

Para determinação da composição bromatológica dos silos pós abertura, as amostras coletadas foram pré-secas em estufa a 55° C durante 72 h até estabilizar. Após o período de secagem, foram moídas a 2 e 1 mm em moinho de facas. Posteriormente, com o objetivo de comparar a composição bromatológica antes e após o tempo de ensilagem, foram analisadas as composições de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), através do método AOAC (2012).

Os dados coletados foram analisados por meio de regressão linear simples e quadrática, em que os ajustes dos modelos foram realizados utilizando

a função linear model (lm) e quadrático model do software R (R CORE TEAM, 2021) adotando nível de significância de 5%, afim de verificar o efeito da inclusão de GMI sobre a composição bromatológica, perda de gases e efluentes, pH e produção de ácidos orgânicos e etanol dos silos.

RESULTADOS

A inclusão de diferentes concentrações de GMI na silagem de grão de milho reidratado, não apresentou variações bromatológicas nos valores médios de matéria seca (%) e de proteína bruta (%), ($p > 0,05$), contudo houveram efeitos linear e quadrático significativos para a composição de matéria mineral, extrato etéreo, FDN e FDA ($p < 0,05$; Tabela 2).

TABELA 2 - Composição bromatológica da silagem de milho reidratado com diferentes níveis de inclusão de gérmen de milho integral

Item	Tratamentos (%GMI ¹)						EPM	P-valor		R ²
	0	5	10	15	20	25		Quadrática	Linear	
MS ² (%)	59,29	57,56	58,36	58,09	58,72	57,66	0,8	0,7122	0,4571	
PB ³ (%)	8,41	9,2	7,88	9,13	8,88	8,81	0,311	0,7574	0,4518	
MM ⁴ (%)	1,16	1,21	1,32	1,42	1,53	1,61	0,022	<0,0001	<0,0001	0,92
EE ⁵ (%)	4,29	4,39	5,45	6,28	6,41	6,54	0,137	<0,0001	<0,0001	0,88
FDN ⁶ (%)	8,51	9,72	10,07	11,43	11,54	11,95	0,326	<0,0001	<0,0001	0,75

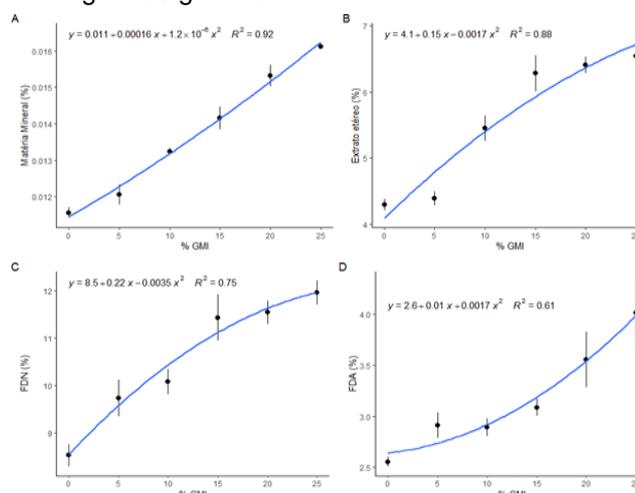
¹gérmen de milho integral; ²matéria seca; ³proteína bruta;

⁴matéria mineral; ⁵extrato etéreo; ⁶fibra em detergente neutro.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O gérmen de milho apresenta em sua composição, teores de matéria mineral, extrato etéreo, FDN e FDA superiores ao grão de milho moído (Tabela 1), possivelmente, ao aumentar os níveis de inclusão do GMI, há um efeito aditivo para estes componentes, quando comparado com a reidratação feita somente com o grão de milho moído (controle) (Tabela 2). Observa-se que com a inclusão de GMI na ensilagem de grão de milho moído há o aumento de matéria mineral, extrato etéreo, FDN e FDA (Figura 1). Assim, evidencia-se que o aumento linear e quadrático da concentração da MM nas silagens, está associado aos aumentos gradativos da inclusão do GMI, uma vez que a matéria mineral é pouco afetada pela fermentação no interior do silo (BENINI et al., 2020).

FIGURA 1 - Aumento de matéria mineral, extrato etéreo, FDN e FDA com a inclusão de GMI na ensilagem de grão de milho moído



Fonte: Elaborado pelos autores.

Elevado valor de EE nas silagens, pode corroborar para a redução da digestibilidade da matéria seca. Na nutrição de ruminantes são admitidos níveis máximos de 7% de lipídeos sobre a matéria seca da dieta, visto que, acima deste valor, a degradação ruminal é afetada (NASEM, 2021). Quando em excesso, a absorção dos ácidos graxos livres a partículas de alimento inibe o contato direto das células microbianas ao substrato ou a ligação das células bacterianas à celulose, com isso pode ocorrer a uma redução na digestão dos nutrientes e a um decréscimo no crescimento microbiano (CARNEIRO et al., 2017).

(Os aumentos nos parâmetros FDN e FDA podem implicar na redução da qualidade da digestibilidade da silagem. A FDN está relacionada aos carboidratos fibrosos (celulose, hemicelulose e pectina), o qual é associado a redução do aproveitamento da dieta pelo animal, e pode estimular ou inibir o consumo de alimento pelos ruminantes (ALVES et al., 2016). Já a FDA é a parte menos digestível da parede celular dos alimentos, sendo formada, sobretudo por lignina e celulose, sendo a lignina o primeiro fator antinutricional nas dietas de ruminantes, embora não sendo um carboidrato, faz parte da parede celular do vegetal e diminui a digestibilidade da fibra (SANTOS & CABRAL, 2021).

A porcentagem de perda de gases e de efluentes na silagem diminuiu de forma quadrática ($p < 0,05$; Tabela 3). Ao analisar com parâmetros limiares de

perdas de efluentes descritos pela literatura McDonald et al. (1991), de 5 a 7% das perdas de efluente totais, estes valores foram menores em todos os tratamentos. O coeficiente de regressão indica que ao acrescentar 1% de gérmen de milho há uma redução de 0,16% na perda de gases e de 0,054% na perda de efluentes.

TABELA 3 - Perda por gases (PG), perda de efluentes (PE), pH da silagem de grão de milho reidratado com diferentes níveis de inclusão de gérmen de milho integral

Item	Tratamentos (%GMI)						EPM	p-valor		R ²
	0	5	10	15	20	25		Linear	Quadrática	
PG (%)	9,99	7,02	11,76	7,55	5,75	6,15	1,217	0,0248 ¹	0,06454	0,17
PE (Kg/ton)	3,50	2,46	4,12	2,64	2,01	2,15	0,426	0,0248 ²	0,06454	0,17
pH	3,52	3,60	3,54	3,55	3,59	3,61	0,0203	0,03488 ³	0,09797	0,15

¹y = 9,98179 - 0,15553x; ²y = 3,49363 - 0,05444x; ³y = 3,538952 + 0,002377x

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os níveis de inclusão influenciaram nos valores de pH (Tabela 3) ocorrendo um aumento dos mesmos, com valores variando de 3,52 para a silagem controle a 3,61 para o tratamento com 25% de inclusão de GMI. De acordo com o coeficiente de regressão a cada 1% de aumento na inclusão de GMI há um aumento de 0,0024 no pH. A análise de regressão demonstrou pouca variação nos dados, (apenas 15%), foi significativa ($\beta_1 \neq 0$), aferindo-se que o GMI tem efeito significativo sobre o pH, porém com pouca explicação para esta variação por apresentar um efeito bem pequeno.

Houve efeito do aumento linear dos valores de pH ($p > 0,05$), sendo os valores médios obtidos e de pH entre 3,52 a 3,61. Valores de pH entre 3,5 a 4 são ideais para a conservação da silagem, garantindo uma boa fermentação (GUIM et al., 2004).

Desse modo, os valores de pH obtidos nos tratamentos deste trabalho, evidenciam uma boa fermentação. Mas, de acordo com WOOLFORD (1984), o valor de pH isolado não pode ser considerado um critério seguro para avaliar fermentações. Desse modo, a concentração de ácidos orgânicos não dissociados é o melhor indica-

dor para qualidade fermentativa (JOBIM et al., 2007).

A incorporação de diferentes níveis de inclusão do GMI, não promoveu variação linear e quadrática na produção de ácido láctico, ácido acético, ácido propiônico e etanol ($p > 0,05$; Tabela 4).

TABELA 4 - Produção de ácidos orgânicos da silagem de grão de milho reidratado com diferentes níveis de inclusão de gérmen de milho integral

Item	Tratamentos (%GMI)						EPM	p-valor	
	0	5	10	15	20	25		Linear	Quadrática
Ácido láctico (mmol/L)	25,61	24,54	25,71	24,64	26,03	25,10	0,971	0,9147	0,9782
Ácido acético (mmol/L)	30,59	39,17	35,18	26,53	33,50	28,98	3,019	0,2340	0,3894
Ácido propiônico (mmol/L)	5,28	5,34	5,48	3,96	4,62	5,04	0,541	0,2956	0,4348
Ácido butírico (mmol/L)	1,57	1,25	1,34	1,49	1,17	1,10	0,095	0,0100	0,03521 ¹
Etanol (mmol/L)	24,80	26,82	28,57	24,83	25,62	29,90	1,88	0,2658	0,4984

¹y = 1,466699 - 0,006512x - 0,000289x² (R² = 0,22)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados obtidos neste experimento para a produção de ácido láctico, acético, tiveram comportamento semelhantes aos resultados encontrados por GEVASIO (2021), que teve por objetivo avaliar o efeito do tamanho de partícula e tempo de estocagem no perfil fermentativo e degradabilidade de silagem de grão de milho reidratado, no qual observou o aumento linear da produção de ácido láctico com o aumento do tempo de estocagem e redução do ácido butírico.

Ao analisar a produção de ácido butírico, nota-se a redução desse ácido ($p < 0,05$); Tabela 4). É notável o comportamento de redução na produção de ácido butírico diante a inclusão de GMI na ensilagem de grão de milho moído.

CONCLUSÃO

De acordo com os dados apresentados, conclui-se que, a nível bromatológico, a silagem de grão de milho reidratado associada ao gérmen de milho

integral pode ser incluída em até 25%. Entretanto, há a necessidade de se avaliar o seu uso em animais e sua viabilidade econômica.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A.; PASCOAL, L.; CAMBUÍ, G.; TRAJANO, J.; SILVA, C.; GOIS, G. Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e funcional. **Pubvet**, v. 10, n. 7, p. 568- 579, jul. 2016.
- ÁVILA, N. R. B.; SILVA, N. C. D.; LEITE, R. F.; FLORENTINO, L. A.; REZENDE, A. V. Utilização de silagem do grão de milho reidratado e de resíduo de tilápia na alimentação animal. **Revista Ciência Animal**. v. 28 n.1, p. 145-161, 2018.
- AOAC. 2012. Association of Official Analytical Chemists. 19th ed. AOAC **Arlington**,VA,USA.
- BENINI, M. 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. Avaliação química da silagem de grão de milho reidratado em diferentes níveis de adição de água. **Pubvet**, v. 14, n. 7, p. 1–6, jul. 2020.
- CARNEIRO, M. M. Y.; DE GOES FILHO, É. C. C. Lipídios na dieta de ruminantes. In: X MOSTRA CIENTÍFICA FAMEZ / UFMS,2017, Campo Grande. **Anais da X MOSTRA CIENTÍFICA FAMEZ / UFMS**, 2017 p. 8.
- CRUZ JC, MAGALHÃES PC, PEREIRA FILHO IA, SIMÃO EP 2014. 478 cultivares de milho estão disponíveis no mercado de sementes do Brasil para safra 2014/15. **Documentos 167 - Embrapa Milho e Sorgo**, Sete Lagoas. ISSN 1518-4277.
- FABINO NETO, R.; ABRÃO, F. O.; MIYAGI, E. S.; GODOY, M. M.; BRAINER, M. M. A.; SANTOS, W. B. R. dos; PERON, H. J. M. C.; SILVA, B. P. A. PROBIÓTICOS FÚNGICOS NA DIETA DE ALTO GRÃO PARA RUMINANTES. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 53562–53584, 2020.
- FAUSTINO, T. F.; DIAS E SILVA, N. C.; LEITE, R. F.; SILVA, F. F. G.; FLORENTINO, L. A.; REZENDE, A. V. Use of silage of rehydrated sorghum grain in the animal feeding. **Nucleus Animalium**, v. 10, n. 2, p. 47–60, 30 nov. 2018.
- 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, n. 5, p. 3937–3951, maio 2018.
- GOMES, A. L. M.; BUENO, A. V. I.; 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, n. 11, p. skaa332, 1 nov. 2020.
- GONÇALVES, R. A.; SANTOS, J. P.; TOMÉ, P. H. F.; PEREIRA, R. G. F. A.; ASCHERI, J. L. R.; ABREU, C. M. P. Rendimento e composição química de cultivares de milho em moagem a seco e produção de grits. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 3, p. 643–650, jun. 2003.
- GEVASIO, 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) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. São Paulo. 2021.
- HOFFMAN, P. C., N. M. ESSER, R. D. SHAVER, W.K. COBLENTZ, M. P. SCOTT, A.L. BODNAR, R. J. SCHMIDT, and R. C. CHARLEY. 2011. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**. 94:2465–2474.
- 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. suppl, p. 101–119, jul. 2007.
- KOMATSU, G.S.N. **Características químicas e físicas de diferentes tipos de milho segregados em mesa densimétrica e sua influência sobre o valor nutricional para frangos de corte**. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) — Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.
- MOTA, Á.D.S.; ROCHA JÚNIOR, V.R; SOUZA, A.S.; REIS, S. T.; TOMICH, T.R.; CALDEIRA, L. A.; MENEZES, G. C. C.; COSTA, M. D. da. Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1466–1473, jul. 2011.

- NASEM. 2021. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 8th rev. ed. **The National Academies Press. Washington. DC.**
- OWENS, F. N.; ZINN, R. A.; KIM, Y. K. Limits to Starch Digestion in the Ruminant Small Intestine^{1,2}. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1634–1648, 1 nov.
- PAES, M. C. D. 2006. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. **Embrapa, Sete Lagoas, MG. Circular Técnica 75.** ISSN: 1679-1150.
- SANTOS, G.C.L; CABRAL, A.M.D. Uso de técnicas laboratoriais na avaliação de sistemas de produção de ruminantes em ambientes semiáridos. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e44010313531, 21 mar. 2021.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.
- SILVA, Janaina Tayna. **Silagem de grãos reconstituídos de milho e sorgo sem e com adição de enzima amilolítica exógena. 2021.** 62 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2021.
- VALADARES FILHO, S.C., LOPES, S.A. et al., CQBAL 4.0. **Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes.** 2018. Disponível em: www.cqbal.com.br.
- WOOLFORD, M. 1984. The silage fermentation. New York. **Marcel Deckker.** p. 350.