

Campus Ariquemes
Coordenação do Curso Bacharelado em Agronomia

Vinicius Matias Rigo

**Qualidade nutricional de silagem de milho planta inteira com diferentes
tamanhos de partículas e épocas de colheita**

Ariquemes - RO

2025

Vinicius Matias Rigo

Qualidade nutricional de silagem de milho planta inteira com diferentes tamanhos de partículas e épocas de colheita

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus Ariquemes*, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel, junto ao Curso de Agronomia, sob a orientação da professora Luciane de Cunha Codognoto.

Ariquemes - RO

2025

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

Rigo, Vinícius Matias.

Qualidade nutricional de silagem de milho planta inteira com diferentes tamanhos de partículas e épocas de colheita / Vinícius Matias Rigo. - Ariquemes, 2026.

22 f. : il.

Orientador(a): Dra. Luciane da Cunha Codognoto.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Ariquemes, 2026.

1. *Zea mays*. 2. Ensilagem. 3. Estádio de maturação. 4. Matéria seca. I. Codognoto, Luciane da Cunha (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

Bibliotecário(a) Responsável: Renilce Silva Morais, CRB-11/906

Vinicius Matias Rigo

Qualidade nutricional de silagem de milho planta inteira com diferentes tamanhos de partículas e épocas de colheita

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus Ariquemes*, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel, junto ao Curso de Agronomia, sob a orientação da professora Luciane de Cunha Codognoto.

Aprovado em: 01/12/2025 pela banca examinadora.

Membro da Banca

Membro da Banca

Orientador

Ariquemes – RO
2025

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me dar saúde, paz e perseverança para chegar até o final desta etapa tão importante.

Gostaria de dedicar uma menção especial à memória do meu amado avô, Sebastião Pá Rigo. Foi ele meu maior exemplo de vida e meu maior incentivador. O sonho dele era me ver com o diploma de Engenheiro Agrônomo nas mãos, e é com o coração cheio de saudade e gratidão que realizo esse sonho por nós dois. Obrigado, vô, por ser minha eterna inspiração.

Meu profundo agradecimento à minha orientadora, Profa. Dra. Luciane de Cunha Codognoto, pela orientação incansável, pela paciência, pela sabedoria compartilhada e pela dedicação em me guiar durante todo o processo de construção desta pesquisa.

Um agradecimento especial aos meus pais, Kleydson de Moraes Rigo e Rosana Arquilei Matias Rigo, e ao meu irmão, Vitor Matias Rigo. Obrigado pelo amor incondicional, pelo apoio inabalável em todas as minhas decisões e por serem meu porto seguro. Vocês são meu alicerce e a razão de eu chegar até aqui.

Por fim, dedico meus agradecimentos aos meus amigos, que estiveram ao meu lado nos momentos de descontração e de stress. Obrigado pela compreensão, pelas palavras de incentivo e por tornarem esta caminhada mais leve e alegre. Em especial aos amigos Lucas Sobral, Marcos Vieira, Maria Izabel Silva Matos, Jaison Branco, Carlos Daniel, Elizângela Barcelos, Jaíne de Souza e Livia Fonseca, muito obrigado.

QUALIDADE NUTRICIONAL DE SILAGEM DE MILHO PLANTA INTEIRA COM DIFERENTES TAMANHOS DE PARTÍCULAS E ÉPOCAS DE COLHEITA

RESUMO

O milho permanece como um dos principais componentes da alimentação de ruminantes, sendo amplamente conservado na forma de silagem de planta inteira. A qualidade desse volumoso é condicionada por múltiplos fatores, entre os quais se destacam o estágio de maturação no momento da colheita e o tamanho médio das partículas resultantes do processamento. Ambos influenciam diretamente a composição físico-química do material ensilado, o desempenho da fermentação e o valor nutritivo final do alimento. Nesse contexto, o presente estudo avaliou os efeitos de dois tempos de colheita (82 e 99 dias após a sementeira) e dois tamanhos médios de partículas (8 mm e 22 mm) sobre a qualidade bromatológica da silagem de milho. O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Ariquemes, em delineamento de blocos casualizados, estruturado em arranjo fatorial 2 x 2. Foram analisadas as variáveis matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB), amido (AM), potencial hidrogeniônico (pH), capacidade tampão (CT) e condutividade elétrica (CE). Observou-se que a colheita mais tardia (99 dias), quando combinada ao processamento em partículas menores (8 mm), promoveu melhorias substanciais na qualidade bromatológica, caracterizadas pela redução dos teores de lignina, FDN, FDA e pH, bem como pelo incremento na concentração de amido. De modo geral, conclui-se que a associação entre maior grau de maturidade fisiológica da planta e menor granulometria das partículas favorece a otimização do valor nutritivo e da estabilidade fermentativa da silagem de milho.

Palavras-chave: *Zea mays*. Ensilagem. Estádio de maturação. Matéria seca.

NUTRITIONAL QUALITY OF WHOLE-PLANT CORN SILAGE WITH DIFFERENT PARTICLE SIZES AND HARVEST TIMES

ABSTRACT

Maize remains one of the primary components of ruminant diets and is widely preserved as whole-plant silage. The quality of this forage is influenced by multiple factors, among which harvest maturity and particle size stand out. These factors directly affect the physicochemical composition of the ensiled material, the fermentative performance, and the final nutritive value of the feed. In this context, the present study evaluated the effects of two harvest times (82 and 99 days after sowing) and two mean particle sizes (8 mm and 22 mm) on the bromatological quality of maize silage. The experiment was carried out at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rondônia (IFRO), Ariquemes *Campus*, using a randomized complete block design arranged in a 2 × 2 factorial scheme. The variables analyzed included dry matter (DM), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), crude protein (CP), starch (ST), potential hydrogen (pH), buffering capacity (BC), and electrical conductivity (EC). It was observed that the later harvest (99 days), when combined with smaller particle size (8 mm), resulted in substantial improvements in silage quality, evidenced by reductions in lignin, NDF, ADF, and pH, as well as an increase in starch concentration. Overall, the combination of greater physiological maturity and finer particle size enhanced both the nutritive value and the fermentative stability of maize silage.

Keywords: *Zea mays*. Ensiling. Maturation stage. Particle size. Dry matter.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
MATERIAL E MÉTODOS	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
CONCLUSÃO.....	19
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é gramínea advinda originalmente da América Central, uma monocotiledônea pertencente à família Poaceae, que apresenta ciclo anual de produção e foi explorada desde os primórdios da agricultura (BORÉM et al., 2017). No cenário mundial, o Brasil se destaca como terceiro maior produtor de milho (CONAB, 2023). Com área de plantio no país estimada em 21,43 milhões de hectares destinados ao cultivo do milho, e produção total de 128,3 milhões de toneladas de grãos na safra 2024/25, registrando acréscimo de 11% em relação à safra anterior. A agricultura brasileira mantém a tendência de crescimento e previsão de recorde (CONAB, 2025). E no estado de Rondônia a cultura apresenta crescente expansão, com uma área total plantada com milho na safra 2024/25, estimada em 493,3 mil hectares, e uma produção total de 2,60 milhões de toneladas (EMBRAPA, 2022; Conab, 2025).

O milho destaca-se pela sua versatilidade na alimentação, tanto humana quanto animal (GALATA et al., 2018). Na alimentação animal, a planta de milho tem aptidão para silagem, pois é fonte de energia, amido e fibras; alimento com fácil aceitação pelo animal, por conta de sua boa palatabilidade e digestão, apresenta baixo poder tampão, facilidade na colheita e grande produção por área. (CÂNDIDO e FURTADO, 2020). Assim a silagem é uma das formas tradicionais de conservação dos alimentos para animais, ótima estratégia de garantir suprimento durante a seca, ou usado integralmente em sistemas intensivos (D'OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2014). Nos sistemas de produção intensivos de carne e leite, o milho é a base de alimentação do rebanho. Portanto, a produção do volumoso é feita para atender as necessidades dos animais; e o consumo de matéria seca é um dos determinantes do desempenho animal, e, é o ponto de partida para a entrada de nutrientes (principalmente energia e proteína) necessários para atender às exigências de suplementação e produção animal (MOREIRA et al., 2001).

Afim de evitar quedas na produção na entressafra produtiva de forragem, o estado de Rondônia tem subsidiado políticas públicas, incentivos e melhorias para o setor pecuário, no âmbito de produção de silagem para pequenos produtores, visando o aumento de produção e rentabilidade (EMATER, 2021). Embora a silagem de milho seja importante para a cadeia produtiva, ainda persistem problemas práticos vivenciadas nas propriedades e os produtores rurais possuem limitações em garantir

máxima produção e utilização (PAZIANI et al., 2009) devido às dificuldades para garantir a qualidade da silagem, causadas por fatores como o momento inadequado de colheita e o uso de técnicas de processamento pouco eficientes.

O momento adequado para a colheita da planta é um dos principais parâmetros para obtenção da silagem de qualidade. A escolha correta resulta em silagem de alta produção de massa verde e qualidade nutricional, sendo fundamental a atenção no estágio de maturação da planta, ditando a qualidade final do produto (EVANGELISTA; LIMA, 2000). Para fermentação adequada, o teor de matéria seca deve ser cuidadosamente considerado. Valores de umidade muito altos podem acarretar perdas do produto, gerando efluentes por inadequado processo de fermentação. Já índices muito altos de matéria seca resultam em má compactação no material, presença de oxigênio (que é propício ao desenvolvimento de micro-organismos indesejáveis) caracterizando prejuízos nutricional e alimentar (JOBIM et al., 2007).

Outro fator de atenção é o tamanho médio das partículas. Conforme Neumann et al (2007), no momento da ensilagem as plantas devem ser picadas para obter tamanhos de partícula uniformes, e está relacionado à qualidade de compactação, fermentação e geração de efluentes no silo. Adicionalmente, interfere no consumo e digestão do animal, pois partículas maiores resultam em rápido enchimento ruminal e menor consumo, caracterizando menor produção. Ainda, os animais são seletivos e optam por frações menores. Já partículas muito pequenas irão passar rapidamente pelo rúmen, afetando o aproveitamento do alimento (GOMES et al., 2012). Partículas com diâmetro menor que 20 mm podem ter efeito benéfico na quantidade de carboidratos solúveis disponíveis, o que, por sua vez, podem promover o crescimento de bactérias que produzem ácido lático, diminuindo rapidamente o pH e evitando fermentações indesejadas causadas por *Clostridium* spp., e consequentemente conservando melhor o material (McDONALD et al., 1991; MUCK et al., 2004).

Dada a importância em se obter silagem de boa qualidade e as dificuldades enfrentadas pela variabilidade das práticas adotadas pelos produtores, torna-se necessário avaliar a interação entre o estágio de maturação e o tamanho de partícula na qualidade da silagem. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a qualidade

bromatológica de silagem de milho planta inteira produzida com plantas de milho sob diferentes tamanhos de partícula e épocas de colheitas.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus Ariquemes*, na safra 2023/2024. Os dados climatológicos do período experimental foram obtidos no Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (AGRITEMPO, 2023), Estação Automática (Figura 1).

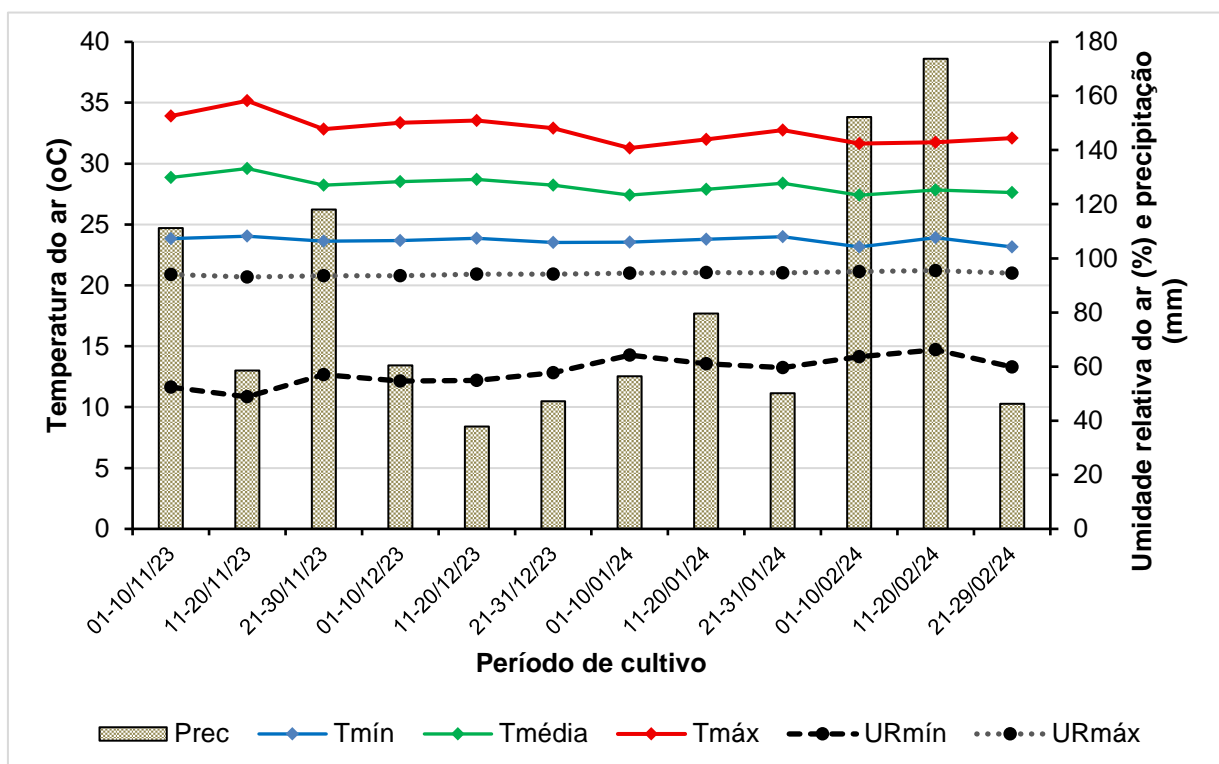


Figura 1. Precipitação (mm), temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) durante o período experimental.

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2 x 2, distribuídos em seis blocos, totalizando 24 parcelas. Os tratamentos foram: (1) ensilagem do milho planta inteira com 22% de matéria seca e processado para obter tamanho médio de partícula de 8 mm; (2) ensilagem do milho planta inteira com 22% de matéria seca e processado para obter tamanho médio de partícula de 22 mm; (3) ensilagem do milho planta inteira com 26% de matéria seca e processado para obter tamanho médio de partícula de 8 mm; e, (4) ensilagem do milho planta inteira com 26% de matéria seca e processado para obter tamanho médio de partícula de 22 mm.

O híbrido de milho utilizado no experimento constituiu o genótipo LG3040, tecnologia “*stay green*” (ou senescência retardada), grão tipo semidentado, recomendado para safrinha no estado de Rondônia. As unidades experimentais foram implantadas em sistema de plantio convencional, em área previamente cultivada com *Urochloa brizantha* cv. Marandu. A dimensão das parcelas experimentais foi de 5 m x 5 m, sendo distribuídas dez fileiras, com espaçamento entre linhas de 0,5 m. Com estimativa populacional de 65.000 plantas por hectare, a semeadura ocorreu aos 13/11/2023.

Análises de fertilidade e textura do solo revelaram: pH (H₂O) = 5,9; matéria orgânica = 34 g dm⁻³; P e K (Mehlich⁻¹) = 0,3 e 34,5 mg dm⁻³, respectivamente; Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ (KCl 1 mol L⁻¹) = 2,4, 1,0 e 0,0 cmol_c dm⁻³; H + Al = 2,7 cmol_c dm⁻³; saturação de bases (%) = 57; e, textura argilosa (685, 100 e 215 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente). A calagem e adubação seguiram as recomendações descritas por (Sousa e Lobato, 2004), portanto não foi necessária calagem para a área. A adubação de plantio consistiu em 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 60 kg ha⁻¹ de KCl e 30 kg ha⁻¹ de N. Suplementarmente, foram aplicados 90 kg ha⁻¹ de KCl e 180 kg ha⁻¹ de N, parceladamente, com 50% da dose recomendada aplicada no estágio V4, e o restante em V8.

Com base no monitoramento regular do teor de massa seca (MS) e da linha do leite da espiga de milho do genótipo utilizado, as colheitas ocorreram aos 82 e 99 dias após semeadura, respectivamente, registrando 21,78 e 25,87 % MS. Para ensilagem, as plantas de milho foram colhidas manualmente, a 15 cm do nível solo, e processadas em máquina forrageira estacionária, com regulagens de tamanho médio de partícula para 8 mm e 22 mm (Figura 2). Como silos experimentais utilizou-se potes plásticos com capacidade volumétrica de 2 dm⁻³, adotando-se pressão de compactação do material ensilado para obter densidade de 550 kg m⁻³. Amostras do material processado foram separadas para determinar o teor de massa seca (DETMANN et al., 2021).

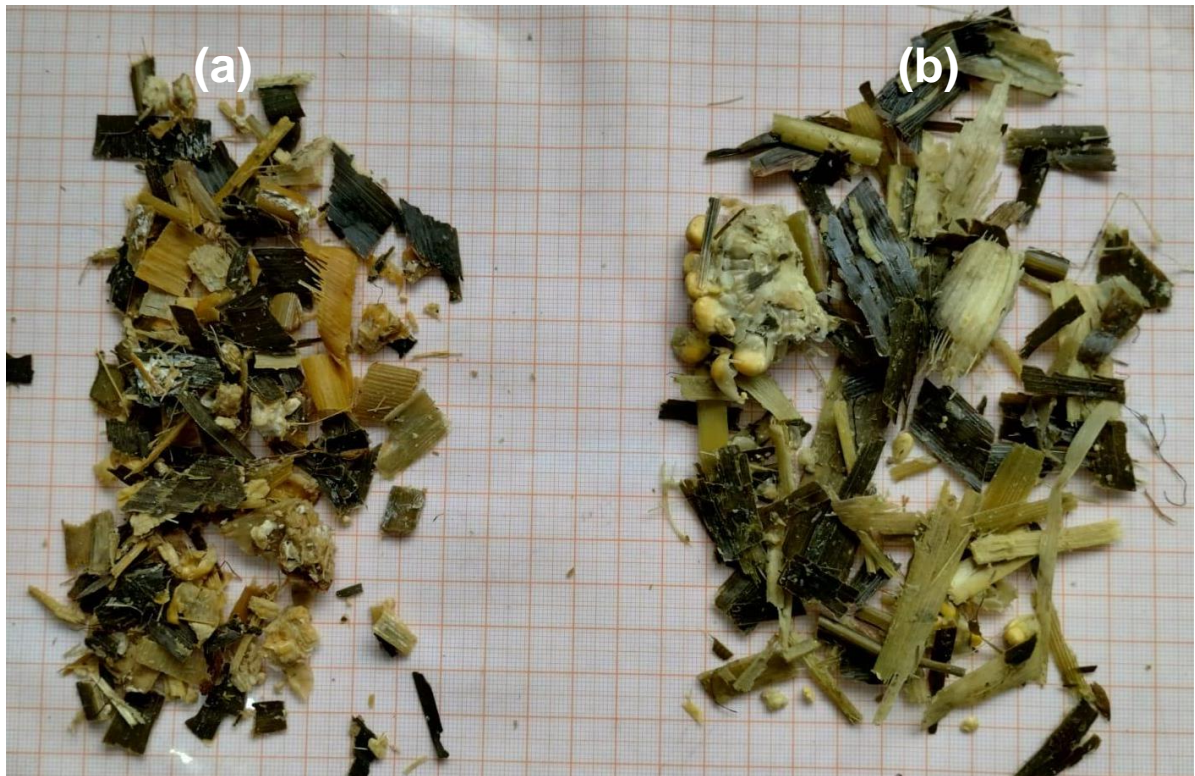


Figura 2. Tamanhos de partícula do material ensilado, (a) 8 mm, e, (b) 22 mm.

Decorridos 90 dias de fermentação, os silos foram abertos e da porção central (Figura 3), foi separado amostras da silagem, cerca de 500 g, (1) para determinar o potencial hidrogeniônico (pH), como descrito por Kung Jr. et al. (1984); condutividade elétrica (KRAUS et al., 1997); a capacidade tampão, de acordo com técnica descrita por Playne; McDonald (1966); e, (2) para avaliações laboratoriais, em que o material foi submetido a redução do teor de umidade, método G-001/2 (DETMANN et al., 2021). Em seguida, as amostras foram processadas em moinho de facas tipo Willey, malha de 1 mm, para obter massa seca (MS), em estufa a 105°C (INCT-CA G-003/1); material mineral (CZ), em forno mufla (INCT-CA M-001/2); proteína bruta (PB), pelo método de Kjeldahl (INCT-CA N-001/2); fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), por Filter Bag Tchenique da Ankom® (INCT-CA F-001/2 e INCT-CA F-003/2, respectivamente); amido (AM), método da hidrólise enzimática (INCT-CA G-007/1) e, lignina (LIG), por oxidação em permanganato de potássio (INCT-CA F-006/2), conforme Detmann et al. (2021).

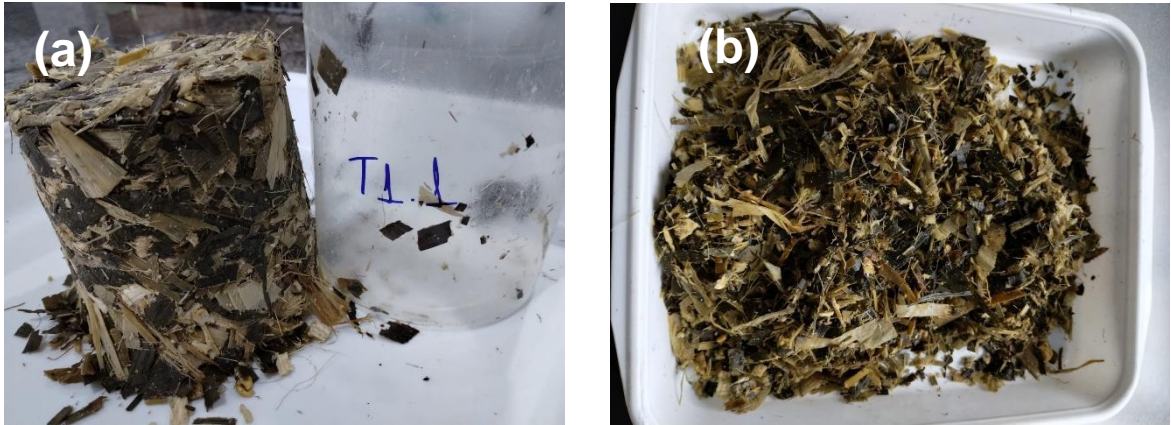


Figura 3. Desensilagem dos silos experimentais (a) e separação de amostras para avaliações (b).

Com auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2019) os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F; e, os efeitos dos fatores foram comparados a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância identificou efeito ($p < 0,05$) do fator momento de colheita (C) para matéria seca (MS), lignina (LIG) e potencial hidrogeniônico da silagem de milho (Tabela 1). Não houve efeito significativo dos fatores para os teores de cinzas (CZ), proteína bruta (PB) e condutividade elétrica (CE), com médias equivalentes a 6,54, 7,12, 26,34 %MS e 481,34, respectivamente. A PB manteve-se na faixa ideal para o adequado funcionamento ruminal (7 a 7,5%), conforme descrito por Van Soest (1994) e Cruz et al. (2011). De igual modo, os teores de CZ estiveram entre os valores recomendados (3,7 a 7,1%) (NEUMANN et al., 2007), indicando aporte mineral compatível com as exigências fisiológicas e reprodutivas dos animais (MESQUITA et al., 2024). Ainda, verificou-se interação significativa entre os fatores C e P ($p < 0,01$) para teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e amido (AM) (Tabela 1), indicando interdependência entre fatores.

Tabela 1. Resumo da análise de variância para matéria seca (MS), cinzas (CZ), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LIG), amido (AM), capacidade tampão (CT), condutividade elétrica (CE) e potencial hidrogeniônico (pH) de silagem de milho em diferentes tempos de cultivo (C) e tamanhos de partícula (P).

Variável	Tempo de cultivo (C)	Tamanho de partícula (P)	C x P	CV ⁽¹⁾ , %	Média
	----- Valor de F -----			-----	-----
MS, %	0,000**	0,230ns	0,213ns	2,34	22,99
CZ, %MS	0,960 ^{ns}	0,032ns	0,105ns	11,00	6,54
PB, %MS	0,586 ^{ns}	0,396ns	0,318ns	14,24	7,12
FDN, %MS	0,340 ^{ns}	0,008**	0,008**	6,82	56,75
FDA, %MS	0,100 ^{ns}	0,055ns	0,007**	11,25	30,41
LIG, %MS	0,021*	0,115ns	0,878ns	23,61	2,06
AM, %MS	0,000**	0,060ns	0,013*	7,25	36,89
CT, meq 100g ⁻¹ MS	0,133*	0,580ns	0,269ns	16,62	6,20
CE, $\mu\text{S cm}^{-1}$	0,073 ^{ns}	0,098ns	0,794ns	8,15	475,10
pH	0,009**	0,798ns	0,346ns	5,71	4,15

(¹) CV: coeficiente de variação. **, * e ns, significativo a 1%, 5% e não-significativo, respectivamente, pelo Teste F.

Colheita em período mais avançado (aos 99 dias após a semeadura, DAS) resultou em incremento diário no teor de MS, equivalente a 0,20 unidades percentual de MS, em relação a colheita precoce, aos 82 DAS (Tabela 2). Contudo, o teor médio de MS está abaixo da faixa considerada ideal, estabelecida entre 28% e 40%, por Jobim et al. (2007). A colheita antecipada das plantas, com teor de MS inferior está associada ao menor enchimento de grãos, podendo comprometer a qualidade do material ensilado (CARDOSO et al., 2011). De acordo com Carvalho (2015), a colheita com teor de MS entre 30 e 35%, coincide com mais de 90% do potencial produtivo dos grãos, principal responsável pelo incremento energético da silagem. Para obter silagem mais energética, Tavares et al. (2024) recomendam colheita de milho com 42,5 %MS. Portanto, teor de MS mais elevado reflete em maior concentração de nutrientes, indicando aumento na qualidade da silagem.

Tabela 2. Médias para matéria seca (MS), lignina (LIG), capacidade tampão (CT) e potencial hidrogeniônico (pH) de silagem de milho em diferentes tempos de cultivo.

Variável	----- Tempo de cultivo -----	
	82 DAS	99 DAS
MS, %	21,28 b ⁽¹⁾	24,70 a
LIG, %MS	2,31 a	1,81 b
CT, meq 100g ⁻¹ MS	6,77 a	5,63 b
pH	4,29 a	4,01 b

(¹) Média seguidas de letras diferentes na linha diferem significativamente (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Para lignina, o avanço no tempo de cultivo influenciou o teor do nutriente (Tabela 2), evidenciando decréscimo equivalente a 21,64 pontos percentuais para colheita aos 99 dias de cultivo; portanto, houve redução na proporção de tecidos estruturais lignificados com o avanço da maturação. Segundo Van Soest (1994), teor elevado de lignina está associado à menor digestibilidade da fibra. A maturidade fisiológica das plantas no momento da colheita influencia significativamente tanto a composição nutricional quanto a qualidade fermentativa da silagem, sendo, portanto, um aspecto determinante no processo de conservação forrageira. À medida que a planta

desenvolve, ocorre aumento proporcional da fração de grãos em relação à massa total da planta (CARDOSO et al., 2011), diluindo a concentração de componentes estruturais, como a lignina (BAL et al., 1997), presentes nos tecidos vegetativos colmo e folha. Dessa forma, a redução no teor de lignina com o avanço da idade da planta é consequência da transição do acúmulo de biomassa vegetativa, alterando a proporção dos tecidos vegetais.

O pH foi influenciado pelo tempo de cultivo ($p < 0,05$). Observou-se maior valor de pH na colheita realizada aos 82 DAS, com redução de 6,52 pontos percentuais quando a colheita foi postergada para 99 DAS (Tabela 2). Em ambos os tempos, as silagens apresentaram pH próximo de 4,00, valor considerado ideal para a adequada conservação, especialmente em materiais com teor de matéria seca superior a 20% (BORREANI et al., 2013; BERNARDES et al., 2018). Entretanto, é importante destacar que o menor valor de pH observado na silagem colhida aos 99 DAS reflete o maior teor de carboidratos solúveis, como o amido (Tabela 3) e conversão em ácidos orgânicos, principalmente o ácido lático, o que reduz o pH e favorece uma fermentação adequada (McDonald et al., 1991).

O avanço do tempo de cultivo reduziu a CT da silagem (Tabela 3). A capacidade tampão refere-se à resistência do material às variações de pH durante a fermentação. Os valores mais elevados da silagem com 88 DAS, dificultam a rápida acidificação, o que pode comprometer a estabilidade microbiológica do material ensilado (McDonald et al., 1991). Portanto, a redução da CT aos 99 DAS é benéfica, pois favorece um ambiente mais ácido, inibindo microrganismos indesejáveis, sobretudo os do gênero *Clostridium* e promove maior estabilidade aeróbia com consequente preservação dos nutrientes e qualidade do processo de conservação.

Os menores teores de FDN e FDA foram registrados no tratamento aos 99 DAS de cultivo e tamanho de partícula 8 mm (Tabela 3). Portanto, em colheitas tardias, o menor processamento de milho planta inteira para ensilagem reduz o efeito das frações fibrosas do alimento; e, aumentam a fragmentação dos grãos da silagem de milho. Nussio et al. (2002) destacam que para ensilagem de milho, deve-se considerar o estágio fisiológico da planta, em que o teor de FDN seja diluído pelo progressivo aumento no teor de amido, decorrente do enchimento do grão. Adicionalmente, plantas em estágio mais avançado, o processamento mecânico de grãos de milho quebra o pericarpo e rompe a matriz amido-proteína, facilitando assim a atividade

proteolítica e aumentando a digestibilidade do amido (FERRARETTO et al., 2018). Tal fato foi observado por Saylor et al. (2021) ao atribuir efeito às características físicas da silagem, pelo processamento e redução no tamanho médio das partículas na ensilagem, pois aumenta a área de superfície para degradação do alimento.

Tabela 3. Médias para fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e amido (AM) de silagem de milho em diferentes tempos de cultivo e tamanhos de partícula.

Tempo de cultivo	----- Tamanho de partícula -----	
	8 mm	22 mm
	----- FDN, % MS -----	
82 DAS	57,52 aA	57,52 aA
99 DAS	51,36 bB	60,59 aA
	----- FDA, % MS -----	
82 DAS	32,26 aA	30,96 aA
99 DAS	25,73 bB	32,70 aA
	----- AM, % MS -----	
82 DAS	33,96 aB	34,77 aA
99 DAS	41,99 aA	36,84 bA

(1) Médias seguidas de letras diferentes, minúscula na linha e maiúscula na coluna, diferem significativamente ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O avanço da maturidade da cultura do milho no período de enchimento de grãos aumenta os teores de MS e de AM, e diminui o teor de FDN (Tabela 3). E como constatado por Sutton et al. (2000), o incremento no teor de amido é inversamente proporcional aos teores de FDA e FDN em silagem de milho. Portanto, aos 99 DAS de cultivo e tamanho de partícula 8 mm evidenciou superior concentração de AM. Enquanto, o cultivo com 82 DAS e tamanho de partícula de 22 mm não diferiu da colheita realizada aos 99 dias com o mesmo tamanho de partícula (Tabela 3), evidenciando a importância do processamento físico adequado, especialmente em plantas com maior grau de maturidade. Isso acontece porque na colheita precoce (82 DAS), com reduzido teor de MS (Tabela 2), o processamento da planta de milho em partículas mais longas (22 mm) preserva a estrutura e o conteúdo celular do tecido vegetal, com alto teor de carboidratos solúveis.

O avanço no estágio de maturação de plantas de milho evidencia maior proporção de grãos na planta (ZOPOLLATTO et al., 2009; PEREIRA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2013). Esse padrão demonstra que partículas menores favorecem a quebra dos grãos e, conseqüentemente, a liberação e disponibilidade de amido para microrganismos, especialmente bactérias ácidos-láticas (SILVA et al., 2018). Khaing et al. (2015) corroboram esses resultados ao relatarem que a redução no tamanho das partículas promoveu maior ruptura física dos tecidos vegetais, resultando em menores teores de FDN e FDA em silagens de milho planta inteira. Em um estudo conduzido por Bal et al. (1997) os autores demonstram que o avanço da maturidade resulta em maior deposição de amido e redução proporcional da fração fibrosa, o que reforça a melhora bromatológica da silagem com o avanço da idade. Portanto, em colheitas tardias, o menor processamento de milho planta inteira para ensilagem reduz o efeito das frações fibrosas do alimento e expõe o valor nutricional do alimento pelo maior processamento das frações de carboidratos não-estruturais.

CONCLUSÃO

A colheita realizada aos 99 dias após a semeadura, associada ao processamento com partículas de 8 mm, melhora a qualidade bromatológica da silagem de milho, proporciona menor teor de lignina, menor pH e maiores teores de amido, promovendo melhor fermentação e conservação do material.

O menor pH e a redução na capacidade tampão observados em colheita aos 99 dias após a semeadura indicam maior estabilidade da fermentação, favorecendo a preservação dos nutrientes. Conclui-se que, a combinação entre colheita tardia e partículas menores são mais eficientes à produção de silagem de alta qualidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAL, M. A.; COORS, J. G.; SHAVER, R. D. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion, and milk production. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 10, p. 2497-2503, 1997.

BERNARDES, T. F. et al. Silage review: unique challenges of silages made in hot and cold regions. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 4001-4019, 2018.

BORÉM, A; GALVÃO, J. C. C; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. UFV. Viçosa - MG, ed. 2, 2017. 382 p.

BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHMIDT, R. J.; KUNG, L. Jr. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 101, n. 5, p. 3952–3979, 2018.

CÂNDIDO, M; FURTADO, R. **Estoque de forragem para a seca: Produção e utilização de silagem**. Imprensa Universitária, Universidade Federal do Ceará (UFC) - Fortaleza, 2020.

CARDOSO, D. A. B.; OLIVEIRA, J. S.; FERREIRA, J. J. **Produção e uso de silagem**. In: CRUZ, J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. (ed.). **Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Milho e Sorgo, 2011, 18p.

CARVALHO, D. O.; CHAVES, F. F.; MIRANDA, J. E. C.; OLIVEIRA, J. S.; BERNARDO, W. F.; MAGALHAES, V. M. A. **Sete passos para uma boa ensilagem de milho**: cartilhas adaptadas ao letramento do produtor. Brasília, DF: Embrapa, 2015, 32p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, DF, v. 10, safra 2022/23, n.3, 2022.

CONAB- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**. Brasília, DF: Conab, v.12, safra 2024/25, n.9, p.1-134, 2025.

CRUZ, J. C. et al. **Produção e utilização de silagem de milho e sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011.

DETMANN, E.; SILVA, L. F. C.; PALMA, M. N. N.; ROCHA, G. C.; RODRIGUES, J. P. P. **Método para Análise de Alimentos**. 2 ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2021, 350p.

D'OLIVEIRA, P. S.; OLIVEIRA, J. S. **Produção de Silagem de Milho para Suplementação do Rebanho Leiteiro**. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/991566/producao-de-silagem-de-milho-para-suplementacao-do-rebanho-leiteiro>>. Acesso em: 25 março. 2023.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Informativo agropecuário de Rondônia**: n. 9, setembro/2022. – Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2022. Disponível em: < https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1147048/informativo_agropecuário-de-rondonia-n-9-setembro2022>. Acesso em: 25 de março. 2023.

EMATER - Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia. **Silagem reforça alimentação do gado e evita quedas na produção de leite durante a estiagem, em Rondônia**. 10 fev. 2021. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1147048/informativo-agropecuário-de-rondonia-n-9-setembro2022>>. Acesso em: 30 de março de 2023.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A. **Silagens: do cultivo ao silo**. Lavras: UFLA, 2000. 196p.

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, 2018.

FERREIRA, D. F. 'SISVAR: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons', **Ciência Agropecuária**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

GALATA, R. F; CARVALHO, A; CRESPI, D. CRUZ, M. S; SANTOS, J. D. Soluções agroecológicas para o cultivo do milho: construindo bases para a transição no Extremo Sul da Bahia. **Cadernos de Agroecologia**. Brasília-DF, v. 13, n. 1, 2018.

GOMES, S. P; BORGES, A. L. C. C; BORGES, I; MACEDO JUNIOR, G. L; SILVA, A. G. M; PANCOTI, C. G. Efeito do tamanho de partícula do volumoso e da frequência de alimentação sobre o consumo e a digestibilidade em ovinos. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**. [S.l.], v.13, n.1, p.137-149, 2012.

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, p.101-119, 2007.

JOBIM, C.C.; BRANCO, A.F. **Qualidade de forragens conservada versus produção e qualidade do leite de vacas**. II Sul-Leite - Sustentabilidade da Pecuária Leiteira na Região Sul do Brasil. Maringá-PR: UEM, p. 98-122, 2002.

KHAING, K. T.; LOH, T. C.; GHIZAN, S.; HALIM, R. A.; SAMDUDIN, A. A. Effect of different particle lengths on the bacterial population, fermentation profiles and nutritive value of whole maize plant silage. **Rural Development**, v. 26, n. 11, p. 1-5, 2014.

KUNG JR., L.; GRIEVE, D.B.; THOMAS, J.W. et al. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, Urbana, v.67, n.2, p.299-306, 1984.

KRAUS, T.J.; KOEGER, R.G.; STRAUB, R.J. Leachate conductivity as an index for quantifying level of forage conditioning. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, ASAE, VOL. v.42, n.4, p.847-852, 1997.

McDONALD, P, HENDERSON, A. R., HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe. USA, 1991.

MESQUITA, P. J. P.; BARBOSA, R.; ALVES, T. S.; VOLCAN, D. S.; CONFORTIN, A. C. C.; MEDEIROS, E. P. Efeito de filmes nanocompósitos sobre características químico-fermentativas da silagem de milho, **Revista de Ciência e Inovação do IFFAR**, v. 10 / 2024.

MOREIRA, A. L.; PEREIRA, O. G.; FILHO, R. G. S. S. V.; CAMPOS, J. M. S.; SOUZA, V. G. ZERVOUDASKIS, J. T. Produção de leite, consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, pH e concentração de amônia ruminal em vacas lactantes recebendo rações contendo silagem de milho e fenos de alfafa e de capim – Coastcross. **Rev. Bras. Zootec.** Viçosa, vol. 30, no. 3, 2001.

MUCK, R. E. Effects of corn silage inoculants on aerobic stability. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, ASAE, v. 47, n.4, p.1011-1016, 2004.

NEUMANN, M; MUHLBACH, P. R. F; NORBERG, J. L; OST, P. R; LUSTOSA, S. B. C. Efeito do tamanho de partícula e da altura de corte de plantas de milho na dinâmica do processo fermentativo da silagem e no período de desensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Guarapuava-PR, v. 36, p. 1602-1613, 2007.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; DIAS, F. N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p. 127–145.

OLIVEIRA, M. R.; NEUMANN, M.; JOBIM, C. C.; UENO, R. K.; MARAFON, F.; NERI, J. Composição morfológica e nutricional de plantas e silagens de milho em diferentes estádios de maturação, **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 12, n. 2, p. 183–192, 2013.

PAZIANI, S.F; DUARTE, A. P; NUSSIO, L. G; GALLO, P. B; BITTAR, C. M. M; ZOPOLLATTO, M; RECO, P. C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa-MG, v.38, n.3, p.411- 417, 2009.

PEREIRA, J. L. de A. R.; PINHO, R. G. V.; SOUZA FILHO, A. X. de; SANTOS, A.O.; FONSECA, R. G. Avaliação de componentes estruturais da planta de híbridos de milho colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.10, n.1, p.47-55, 2011.

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

SAYLOR, B. A.; DIEPERSLOOT, E. C.; HEINZEN, C.; MCCARY, C. L.; FERRARETTO, L. F. Effect of kernel breakage on the fermentation profile, nitrogen fractions, and in vitro starch digestibility of whole-plant corn silage and ensiled corn grain. **JDS Communications**, v. 2, n. 4, p. 191–195, 2021.

SILVA, M. R. H. da; JOBIM, C. C.; NEUMANN, M.; OSMARI, M. P. Processamento dos grãos de milho melhoram a composição química e perfil fermentativo de silagem reidratada. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 40, e42564, 2018.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed., Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SUTTON, J. D.; CAMMELL, S. B.; PHIPPS, R. H.; BEEVER, D. E.; HUMPHRIES, D. J. The effect of crop maturity on the nutritional value of maize silage for lactating dairy cows. 2. Ruminal and post-ruminal digestion. **Animal Science Journal**, v. 71, p. 391–400, 2000.

TAVARES, Q. G.; VOLPI, D.; MELO, N. N.; PEREIRA, L. DE M.; VIGNE, G. L. D.; ZOPOLLATTO, M.; SCHMIDT, P. Maturity stage at harvest on the chemical composition, fermentation losses, and starch and NDF digestibility of whole-plant corn silages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 53, p. e20230123, 2024.

VAN SOEST, P. J. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L. G.; PAZIANI, S. F.; RIBEIRO, J. L.; SARTURI, J. O.; MOURÃO, G. B. Relações biométricas entre o estágio de maturação e a produtividade de híbridos de milho para a produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.2, p.256-264, 2009.